ISSN 2181-7383

O'zbekiston
KONCHILIK XABARNOMASI

2

№ 89

Aprel - Iyun 2022

ILMIY-TEXNIK VA ISHLAB CHIQARISH JURNALI

НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ГОРНЫЙ ВЕСТНИК
УЗБЕКИСТАНА

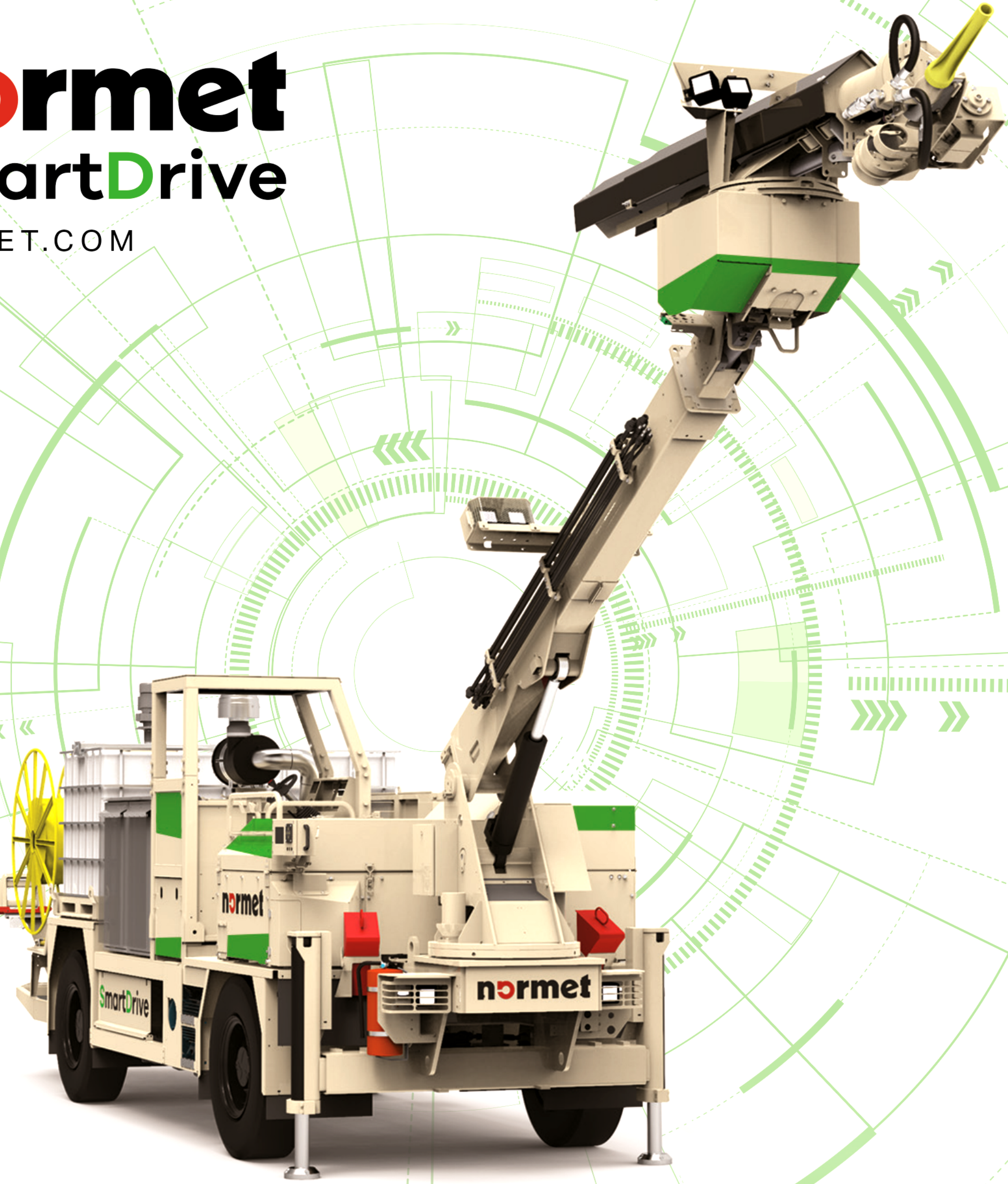
MITL

1962-2022

ЦНИЛ

O'zbekiston KONCHILIK XABARNOMASI ГОРНЫЙ ВЕСТНИК Узбекистана № 2 (89) Апрель-Июнь 2022

normet
SmartDrive
NORMET.COM



ИННОВАЦИЯ
производительности

Линейка оборудования SmartDrive обеспечивает высокую производительность существенно сокращая эксплуатационные расходы. Для более подробной информации, пожалуйста свяжитесь с местным представителем компании Normet в Узбекистане.

Начните путешествие по электрификации с Normet SmartDrive уже сегодня

СООБЩИТЕ НАМ СВОИ ПОТРЕБНОСТИ!

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

Нулевые выбросы
Чистый воздух

Высокая скорость и увеличенная производительность

Улучшена эксплуатационная безопасность.
Меньше шума

Улучшенная электроэффективность
Низкие эксплуатационные расходы.

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

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

Moliyaviy qo'llab quvvatlovchilar:
«Navoiy KMK» AJ, «Olmaliq KMK» AJ,
«O‘zGEORANGMETLITI» MChJ

Bosh muharrir:
U.Z. Sharafutdinov

Bosh muharrir o'rinbosari:
Sh.Sh. Alikulov

Texnik va badiiy muharrir:
F.Yu. Zairova

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

Tahririyat manzili:
210100, Navoiy shahri, Navoiy ko'chasi, 27 uy
NKMK Innovatsion markaz
Tel.: +99879 227-81-59

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

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

Muqova, dizayn, terish bo’yicha mas'ul:
F.Yu. Zairova

Jurnalning chop etilishi va elektron shaklini yangilab boruvchi mas'ul:
U.Z. Sharafutdinov

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

Nashr etishga 11.05.2022 y. imzolandi

A3 formatda. Adadi 100 nusxa

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

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

При финансовой поддержке:
АО «Навоийский ГМК», АО «Алмалыкский ГМК»,
ООО «O'zGEORANGMETLITI»

Главный редактор:
Шарафутдинов У.З.

Зам. главного редактора:
Аликулов Ш.Ш.

Технический и художественный редактор:
Заирова Ф.Ю.

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

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

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

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

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

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

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

Подписано в печать 11.05.2022 г.

Формат А3. Тираж 100 экз.

ISSN 2181-7383
4 780010 201760 >

MUNDARIJA / ОГЛАВЛЕНИЕ

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

GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA / MINING JOURNAL OF UZBEKISTAN

Scientific, technical and industrial journal

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

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

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

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

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

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

Editorial address: 210100, Navoi, st. Navoi 27, Innovation center JSC «NMMC».
Tel.: +99879 227-81-59
E-mail: FY.Zairova@ngmk.uz, U.Sharafutdinov@ngmk.uz
Web site: http://www.gorniyvestnik.uz; http://uzjournals.edu.uz/gorvest
Indexing: Ulrich's Periodicals Directory.
Printed: in the printing house «FUND NMMC» 210100, Navoi, st. Yujnaya, 25.
Tel.: +99879 227-75-56

CONTENTS

УДК 622.272.4 DOI:10.54073/GV.2022.2.89.001

РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНИРОВАННЫХ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ С ИСКУССТВЕННЫМИ ЦЕЛИКАМИ В СЛОЖНЫХ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ




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

Хакимов Ш.И.,
доцент кафедры «Горное дело» НГГИ, к.т.н.

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

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

Zarmitan oltin rudasi zonasi misolida kon bosimini nazorat qilishning turli usullarini birlashtirgan holda, xorijiy manbalarning tajribalarinining afzalliklaridan foydalangan holda ularning kamchiliklarini minimallashtirishga imkon beradigan qavatli qazish tizimning texnologik sxemalarining variantlari ko'rib chiqildi. Sun'iy seliklar bilan qavatli qazish tizimlari taklif qilindi, bu kamera va ship ustunlari orasidagi rudaning yo'qolishini va ikkilamchi sifatsizlanishini oldini olishga imkon beradi.

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

На примере Зармитанской золоторудной зоны, рассмотрены варианты технологических схем подэтажной системы, сочетающие комбинацию различных способов управления горным давлением, позволяющих минимизировать недостатки одного способа, используя преимущества других. Предложены подэтажные системы разработки с искусственными опорными удерживающими столбчатыми целиками, позволяющие предотвратить потери руды в межкамерных и потолочных целиках, и вторичное разубоживание.

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

Рост глубины отработки месторождения приводит к перераспределению до опасной концентрации напряжений в разрабатываемом рудном массиве и интенсивному проявлению горного давления в различной форме. Заметно проявляются сейсмические нагрузки от взрывных работ, что создаёт опасные условия для работы, снижает качественные и количественные показатели извлечения запасов полезных ископаемых [1-6].

Сложившаяся ситуация требует постановки научной задачи для изучения влияния конструктивных элементов систем разработки, предопределяет направление исследовательских и конструкторских работ на поиск, обоснование параметров и разработку технологий предусматривающих улучшение количественных и качественных показателей извлечения полезного ископаемого из недр при высоком уровне безопасности в условиях отработки глубоких горизонтов месторождений.

Способы управления массивом горных пород являются одним из главных факторов, способствующих повышению уровня безопасности и сокращению потерь и разубоживания руды.

Этим требованиям отвечают системы разработки с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями, которые являются новым прогрессивным и высокоэффективным способом управления состоянием массива горных пород при разработке жильных месторождений в сложных геомеханических условиях, однако, их применение практикуется в основном при разработке мощных залежей ценных руд с камерными системами разработки. Несмотря на многочисленные исследования, технологические схемы разработки жильных месторождений с твердеющей закладкой, специалистами не рассмотрены, а их эффективность до конца не определена, поскольку данный способ управления характеризуется высокими капитальными и эксплуатационными затратами на осуществление закладочных работ, связанных со строительством закладочных комплексов, изготовлением и транспортировкой смесей.

В обычных условиях при системах разработки с магазинированием руды, запасы межблочных и межэтажных целиков частично извлекаются однократным взрыванием шпуров или скважин после отработки камерных запасов. В условиях высоких горных давлений или в слабоустойчивых массивах, эти целики традиционными методами невозможно извлечь без применения специальных способов, либо становится безвозвратными, а ущерб от потерь руды может быть намного больше, чем затраты на формирование искусственного массива [7-10].

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

В соответствии с вышеизложенным, для отработки запасов Зармитанской золоторудной зоны разработаны два варианта технологических схем подэтажной отбойки с формированием внутриочистного пространства искусственных целиков из твердеющего материала, многоугольной и столбчатой формы *(рис. 1)*.

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

В блочных схемах проводят две фланговые восстающие. Один из них, рудный, служит в качестве компенсационной камеры, а другой, полевой, служит в качестве рудоспуска из подэтажей.

В участковых схемах подготовки проходят два восстающих на флангах и один полевой в центре блока. При этом, фланговые восстающие используются как компенсационные камеры, а так же для отвода отработанной струи воздуха, а центральный восстающий служит в качестве рудоспуска из подэтажей обоих флангов - левых и правых.

На участковых схемах, предусматривается также, проводить сбойки, соединяющие смежные подэтажи между собой, которые необходимы для отвода загрязненного воздуха и выпуска попутной руды из подэтажей. Эти сбойки в дальнейшем будут являться камерой для заливки твердеющего закладочного материала при формировании искусственного целика. Размеры и расстояния между сбойками определяются по нормативному пределу прочности закладочного материала, определяемые в зависимости от горно-геологических и горнотехнических условий.

Подготовительно-нарезные работы включают проходку восстающих, наклонного участкового транспортного съезда (НТС), ортов заездов к НТС и рудоспуску, заездов на участковый НТС и рудоспуску в концентрационном горизонте. В качестве нарезных, проводятся также подэтажные штреки. Высота подэтажей 10-15 *м*, которая обусловливается мощностью рудных тел и возможностью искривления скважин.

Очистные работы и формирование целиков осуществляется в следующем порядке *(рис. 1)*:

1. Пройденные ранее сбойки, начиная с верхнего подэтажа по направлению от флангов к центральной части участка, по очереди заполняются твердеющей закладкой. Такой порядок заполнения можно осуществить одновременно на последующих нижележащих подэтажах. Здесь необходимо отметить, что процесс по созданию искусственного целика в рассматриваемой схеме не имеет жесткой связи с другими процессами нарезных и очистных работ. Поэтому, закладочные работы можно, и даже нужно проводить одновременно с проходкой подэтажных штреков с отставанием на одну сбойку, поскольку эффективность твердеющей закладки зависит от времени затвердения до монолитного бетона.

2. Очистные работы начинают из верхнего подэтажа одновременно в двух флангах по направлению к центру участка. Опережения очистных работ в верхнем подэтаже от нижних и последующих подэтажей должна быть не менее 10-12 *м*.

Отбойку руды осуществляют с помощью комплекта веерных скважин. Скважины бурят самоходными буровыми машинами. При взрывании часть отбитой руды остается в подошве подэтажных штреков, а другая часть падает по выработанному пространству вниз.

Основными достоинствами этой системы являются: обеспечение безопасности, простая организация очистных работ и возведение искусственных целиков, низкий уровень трудовых и материальных затрат чем системы разработки с закладкой очистного пространства, сравнительно высокие качественные и количественные показатели добычи руды, возможность гибкого перехода схем от одной к другой. Отличительной чертой данной схемы по сравнению с первым вариантом является, практическая независимость процесса закладки с процессами нарезных и очистных работ. Это позволяет вести закладочные работы одновременно в период проходки подэтажных штреков, продлевая при этом время затвердения закладочного материала и повышает прочность целика.

Основные недостатки этой системы, высокий расход твердеющего материала и значительные затраты времени и труда на возведении целиков.

Доставку отбитой руды из каждого подэтажа до рудоспуска рассматривается осуществлять автономно, что исключает необходимости создания откаточного горизонта.

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

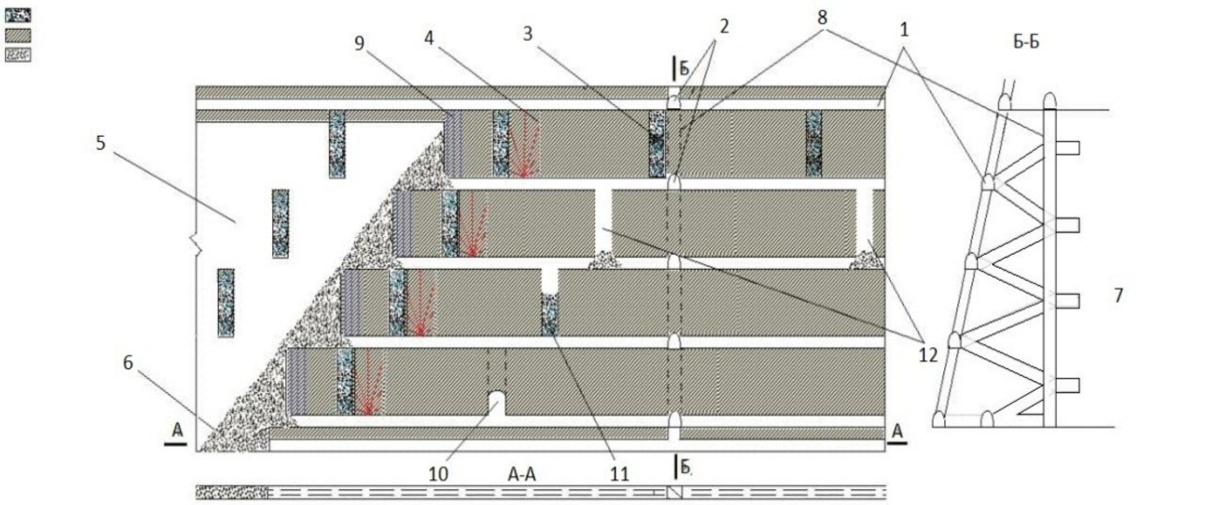


Рис. 1. Подэтажная система разработки с искусственными столбчатыми целиками: *1* – подэтажный штрек; *2* – заезд к рудоспуску; *3* – столбчатый искусственный целик; *4* – обуренные скважины для образования компенсационной камеры; *5* – выработанное открытое пространство; *6* – отбитая руда; *7* – не отбитая руда; *8* – рудоспуск; *9* – перегородка из рудной насыпи; *10* – положение выработки для устройства столбчатого целика, на этапе её формирования; *11* – положение выработки на этапе формирования столбчатого целика; *12* – положение выработки с перекрытием (рудным насыпом) перед закладкой столбчатого целика

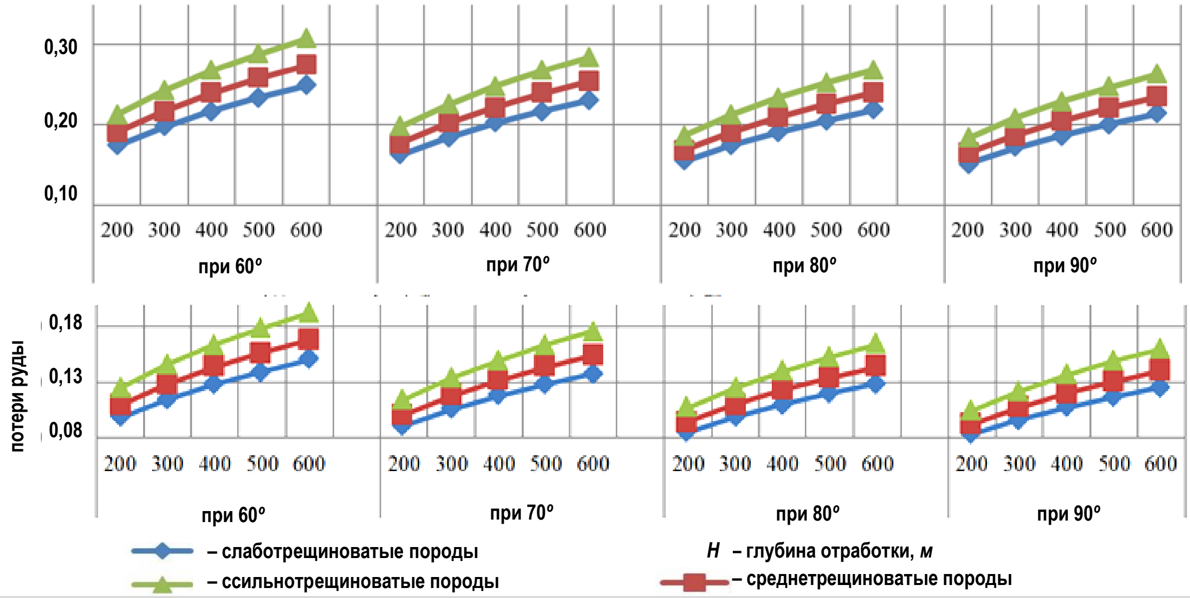


Рис. 2. Графики изменения потерь руды в целиках в зависимости от глубины отработки, трещиноватости массива и угла падения рудного тела при длине блока 20 *м* (а) и 60 *м* (б) и приделе прочности пород на сжатие 160 *Мпа* при подэтажной отбойке руды с комбинированным использованием естественных и искусственных столбчатых целиков из твердеющей закладки

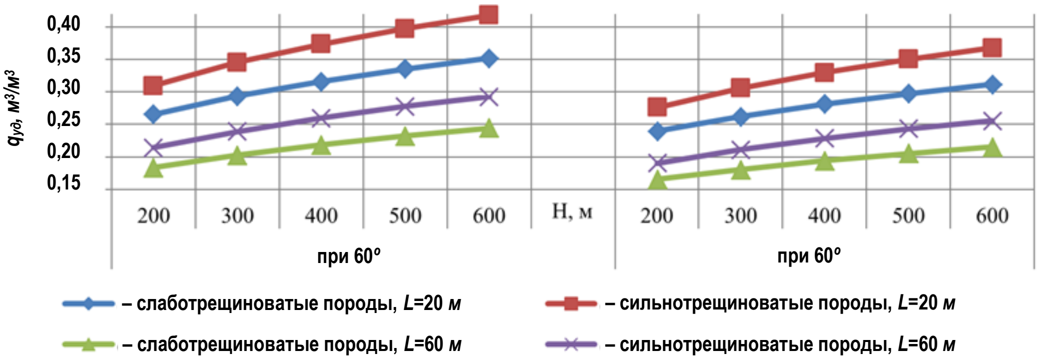


Рис. 3. Графики изменения удельного расхода твердеющей закладки в зависимости от глубины отработки, трещиноватости пород и угла падения рудного тела при длине между целиками 20 *м* и 60 *м*, в системе подэтажной отбойки руды с использованием искусственных столбчатых целиков из твердеющей закладки

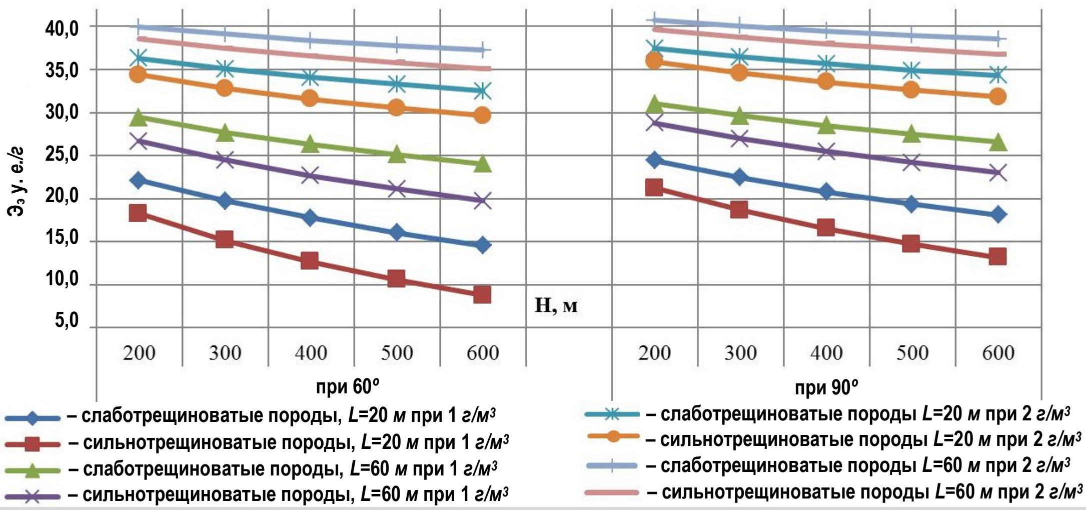


Рис. 4. Графики изменения прибыли в зависимости от глубины разработки, длины камеры и угла падения рудного тела, при подэтажной системе разработки с твердеющей закладкой столбчатой формы

Эффективность технологической схемы выражается:

$$Э_э = Ц - З_{пер} - (З_{д.тв.з} / C) \qquad (1)$$

где *Ц* – ценность металла, *у.е./т*;

$З_{пер}$ – себестоимость переработки и прочих затрат, *у.е./г*;

$З_{д.тв.з}$ – себестоимость добычи руды с учетом затрат на укладку твердеющей закладки, *у.е./г*.

$$З_{д.т.з} = (П_{уд} \cdot З^I_{доб} + c_{т.з} \cdot q_{т.з} + з^I_{доб} \cdot к_{у.з}) / c$$

где $П_{уд.}$ – удельный (возвратный) объем потери руды в целиках на 1 *м*³ добытой руды, *д. ед./м*³;

$З_{доб}$ – затраты на добычу руды, в обычных условиях без закладки выработанного пространства, *у.е./м*³;

$С_{т.з}$ – стоимость твердеющего закладочного материала, *у.е./м*³;

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

c – содержание металла, *г/м*³;

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

Значение $к_{у.з}$ принимается:

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

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

Потери руды в естественных рудных целиках, при системе разработки с искусственными столбчатыми целиками определяется, *д. ед.:*

$$П_{уд.\ стц} = \Sigma V_{пот.\ пэ} / V_{п.\ э} = a^1 \cdot H_{п.\ эт} \cdot m / L_{пэ} \cdot H_{п.\ эт} \cdot m = a^1 / L_{пэ} \qquad (2)$$

Объём руды (*м*³) в блоке (участке) на уровне подэтажа при использовании столбчатых целиков по предлагаемым вариантам определяется:

$$\Sigma V_{пот.пэ} = a^1 \cdot h_{п.э} \cdot m \qquad (3)$$

$h_{п.э}$ – высота подэтажа, *м*.

Общие запасы руды в подэтаже, *м*³

$$V_{пэ} = L_{п.э} \cdot h_{п.э} \cdot m \qquad (4)$$

$$V_{пэ} = L_к + a^1 + a_{кк} \qquad (5)$$

где $L_к$ – длина камеры, *м;*

$a_{кк}$ – ширина компенсационной камеры, *м*.

Удельный расход твердеющей закладки, при подэтажной отбойке руды с использованием искусственных столбчатых целиков из твердеющей закладки определяется:

$$q_{уд.тв.з.стц} = 2 \cdot a^1 / L_б + П_{стц} = q_{уд.тв.з.муц.} + П_{стц}$$

$q_{уд.тв.з.муц.}$ – удельный расход твердеющей закладки в межучастковых целиках, в участковых схемах подэтажной отбойки величина примерно постоянная, исходя из предыдущих расчетов при минимальной длине участка (60 *м*), $q_{уд.тв.з.муц.} = 0{,}07$ *м*³/*м*³, тогда:

$$q_{уд.тв.з.стц} = 0{,}07 + П_{стц}$$

Результаты расчетов по данной методике, выполненные с использованием программы Microsoft Excel оформлены в виде компьютерных графиков и представлены на *рис. 2-4.*

Таким образом, на примере Зармитанской золоторудной зоны, с целью безопасной и полной отработки запасов руды в сложных геомеханических условиях разработана система разработки с подэтажной отбойкой руды и искусственными опорными удерживающими целиками из твердеющей закладки столбчатой формы.

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

Ролью искуственных опорных удерживающих целиков из твердеющей закладки является обеспечение поддержания вмещающих пород камеры в устойчивом состоянии, что позволяет сократить отслоение боковых пород и вторичное разубоживание, снизить давление вмещающих пород на замагазинированную руду и улучшить условия выпуска.

Целики принимают на себя сжимающе-растягивающие напряжения, предотвращают их концентрации и создают безопасные условия отработки смежных и нижележащих горизонтов.

Библиографический список:

1. Криницын Р.В., Полховский В.И., Худяков С.В. Повышение устойчивости кровли камер при отработке месторождений подземным способом // Проблемы недропользования, 2018. – № 1. – С. 22-28.

2. Veenstra R.L. A methodology for predicting dilution of cemented paste backfill', in Y Potvin (ed.), Proceedings of the International Seminar on Design Methods in Underground Mining. – Perth: Australian Centre for Geomechanics, 2015, pp. 527-539.

3. Ping Wang, Huiqiang Lia, Yan Lib. Bo Cheng Stability analysis of backfilling in subsiding area and optimization of the stoping sequence // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. – 2013. – Vol. 5, issue 6, pp. 478-485.

4. Раимжанов Б.Р., Мухитдинов А.Т., Хасанов А.Р. Повышение эффективности технологии разработки маломощных крутопадающих сближенных рудных тел в сложных горно-геологических и горнотехнических условиях // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: «Горная книга», 2018. – № 10 . – С. 67-78.

5. Раимжанов Б.Р., Хасанов А.Р. Оценка структурной нарушенности массива горных пород по рейтинговым классификациям для рудников Зармитанской золоторудной зоны // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: «Горная книга», 2020. – № 5. – С. 115-127.

6. Sozonov K.V. Stableness improvement of the excavations during the chamber-and-pillar development of Yakovlevsky Deposit reserves. Geomechanics and Geodynamics of Rock Masses: Proceedings of the 2018 European Rock Mechanics Symposium. Vol. 1. pp. 1653-1657.

7. Авдеев А.Н., Сосновская Е.Л. Исследование напряженно-деформированного состояния конструктивных элементов систем разработки сближенных крутопадающих жил // Известия Сибирского отделения. Секции наук о Земле РАЕН. – Иркутск, 2015. – № 1 (50). – С. 67-75.

8. Барановский К.В. Рожков А.А. Обоснование технологии с самоходным оборудованием при отработке нижних горизонтов Урупского медноколчеданного месторождения // Проблемы недропользования, 2015. – № 3. – С. 36-43.

9. Потапчук М.И. Геомеханическое обоснование мер безопасности при разработке жильных месторождений восточного Приморья. Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – Хабаровск, 2012. 25 с.

10. Гобов Н.В., Рожков А.А. Изыскание технологии отработки золоторудного месторождения с различными условиями залегания рудных тел // Проблемы недропользования, 2018. – № 2. – С. 30-39.

УДК 622.235 (043.3)
DOI:10.54073/GV.2022.2.89.002

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ДРОБЛЕНИЯ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД ПУТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ ЭНЕРГИИ ВЗРЫВА




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

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

Мехмонов М.Р.,
докторант кафедры
«Горное дело» НГГИ

Очилов Ш.А.,
доцент кафедры «Горное дело»
ТГТУ им. И. Каримова, PhD

Turbulizator konstruksiya yordamida tog' jinslari massivini portlatish yo'li bilan maydalash usuli ishlab chiqilgan bo'lib, ushbu portlash usuli tog' jinslari massivini teng o'lchamlarda va sifatli maydalashga imkon beradi, shuningdek portlovchi modda zaryadlarining potensial yenergiyasidan foydalanish koeffitsientini energiya uzatish mexanizmini o'zgartirish xamda maydalanish jarayoni vaqtini uzaytirish orqali oshiradi. Shuningdek, portlatiluvchi blokdagi portlovchi moddalar skvajinali zaryadlarni initsiirlash usuli ishlab chiqilgan bo'lib, bu portlovchi yuklamalarning ta'sir muddati va chastotasini, ularning yo'nalishini boshqarish, shuningdek tog' jinslarini maydalash uchun portlash yenergiyasidan foydalanishni ko'paytirishga imkon beradi.

Tayanch iboralar: *portlash harakatlarini boshqarish, portlovchi modda zaryadi konstruksiyasi, portlash bilan tog' jinsini maydalash, portlashning texnologik usuli, burg'ulash va portlatish samaradorligini oshirish usullari, turboportlash, turbulizator konstruksiyasi, maydalanish jarayoni uchun vaqtni uzaytirish, skvajinali zaryadlarni initsiirlash usuli.*

Разработан способ дробления массива горных пород взрывом с использованием конструкции турбулизатора, позволяющий обеспечить равномерное и качественное дробление массива горных пород взрывом, а также, повышение фактического коэффициента использования потенциальной энергии зарядов ВВ путем изменения механизма ее передачи и увеличения времени на процесс разрушения. Также, разработан способ инициирования скважинных зарядов ВВ во взрывном блоке, позволяющий управлять длительностью и кратностью приложения взрывных нагрузок, их направленностью, а также, повысить использование энергии взрыва на дробление горных пород.

Ключевые слова: *управление действием взрыва, конструкция заряда взрывчатых веществ, дробление горных пород взрывом, технологический прием взрывания, пути повышения эффективности буровзрывных работ, турбовзрыв, конструкция турбулизатора, увеличение времени на процесс разрушения, способ инициирования скважинных зарядов ВВ.*

Одним из важнейших компонентов при открытой разработке месторождений полезных ископаемых является проблема управления действием взрыва, требующая правильного понимания физического механизма его воздействия на разрушаемый горный массив [1].

В настоящее время, успешно решены многие сложные вопросы, в частности, изучены физические основы действия промышленных взрывов в горных породах, улучшена технология и созданы инженерные методы управления энергией взрыва [2-6].

Среди известных современных методов взрывания, существенно влияющих на механический эффект и позволяющих управлять степенью дробления горных пород, выделяются три основных направления [7, 8]:

1) разработка рациональной конструкции заряда взрывчатых веществ (ВВ) для эффективного дробления массива горных пород;

2) соблюдение принципа энергетического соответствия между энергией, которая затрачивается на дробление горных пород и энергией, которая концентрируется в единице заряда ВВ;

3) разработка различных технологических приемов взрывания.

Анализируя современное состояние буровзрывных работ (БВР) с учетом закономерностей изменения взрываемости горного массива, установлено, что повышение эффективности БВР в этих условиях возможно за счет определения основных закономерностей влияния параметров БВР, физико-механических и горно-технологических свойств массива, изменяющихся с глубиной разработки на эффективность дробления горной массы, обоснования параметров БВР с использованием ВВ, обеспечивающих повышение эффективности взрывных работ и их безопасность, разработку эффективных способов взрывания, позволяющих улучшить качество дробления горной массы, разработку комплексной системы безопасности при производстве и применении ВВ и разработку технического и технологического решения по управлению действием взрыва, базирующегося на экспериментально установленном физическом эффекте повышения его энергии и импульса в скважине (*рис. 1*).

Для повышения эффективности взрывного воздействия на горную породу и снижения выхода негабаритов на карьерах, в работе [9], рекомендуется увеличение давления и времени воздействия взрыва на массив, путем использования турбулизатора. Турбулизатор предназначен для повышения фактического коэффициента использования потенциальной энергии колонковых зарядов промышленных типов ВВ за счет повышения скорости вторичных химических реакций догорания ВВ в скважине после прохождения детонационной волны до момента прорыва продуктов детонации на свободную поверхность.

Взрывание скважинных зарядов ВВ с догоранием продуктов детонации в вихревых потоках в скважине до их прорыва на свободную поверхность принято называть «турбовзрывом».

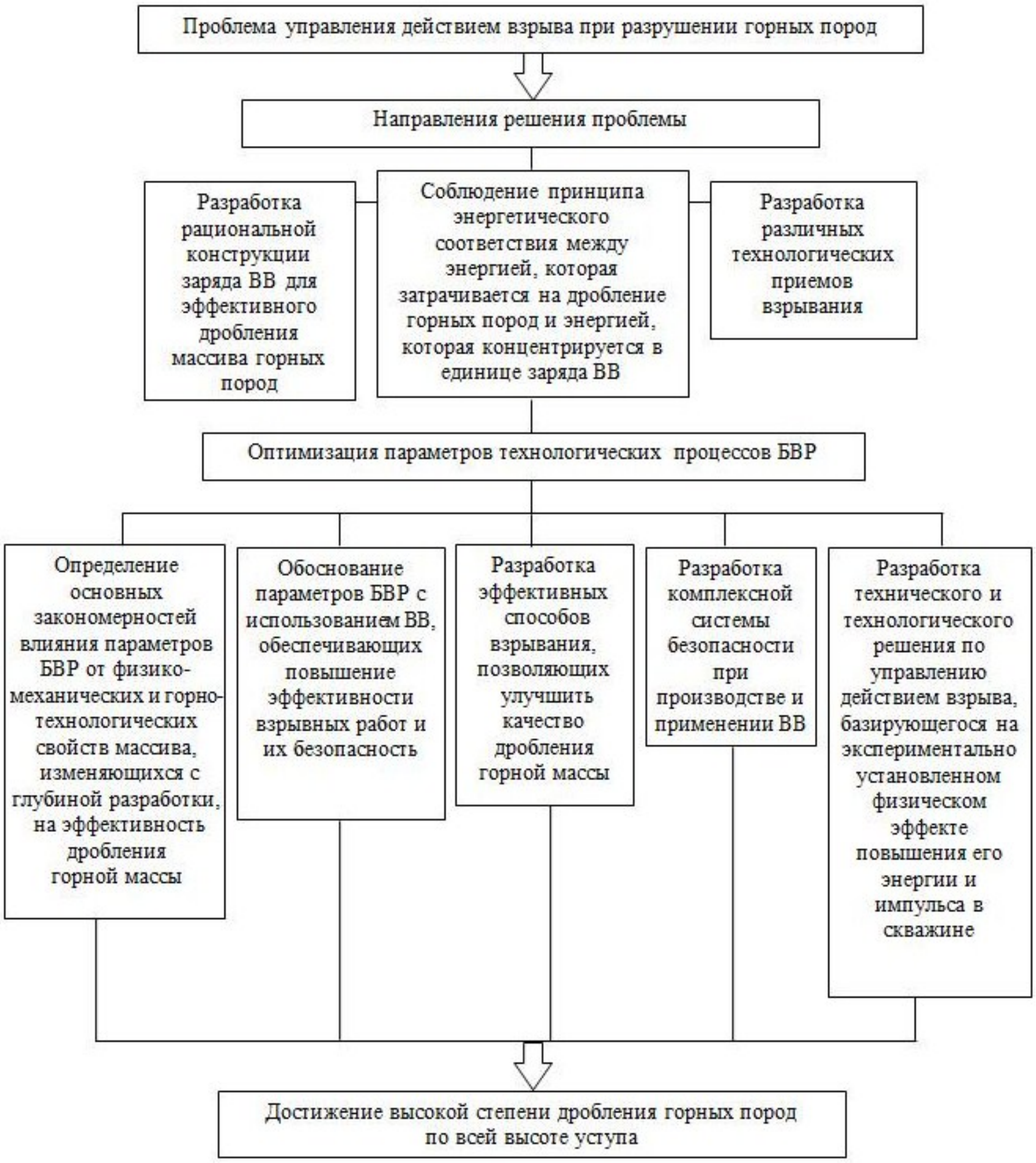


Рис. 1. Оценка состояния и пути повышения эффективности буровзрывных работ на карьерах

В работе [9] разработана технология турбовзрывания скважинных зарядов ВВ, созданная на основе развития теории взрыва в горной породе. На *рис. 2* приведена схема возможного использования турбовзрыва в горнодобывающей промышленности. Согласно данной технологии в заряд ВВ помещается винтообразная металлическая пластина, служащая в качестве турбулизатора. Турбулизатор позволяет воспринимать импульс от проходящей детонационной волны вращательно-поступательного движения, при этом индуцируется вынужденная конвекция продуктов детонации ВВ вихревым потоком и происходит турбонаддув в направлении их движений.

По сравнению с обычным взрывом, повышение фугасного действия турбовзрыва обуславливается за счет выделения дополнительной теплоты взрыва, приращения объёмов газообразных энергоносителей, увеличения полноты сгорания ВВ при вынужденной конвекции продуктов детонации, увеличения импульса взрыва, передаваемого в боковую часть скважины, частичного запирания продуктов детонации, облегчения условий массопереноса газообразного энергоносителя в систему радиальных трещин, выноса вихревым потоком слоя смятой породы бризантным действием детонационной волны.

В результате проведенных исследований, разработан способ дробления массива горных пород взрывом, с использованием конструкции турбулизатора, позволяющего обеспечить равномерное и качественное дробление массива горных пород взрывом, а также, повышение фактического коэффициента использования потенциальной энергии зарядов ВВ путем изменения механизма ее передачи и увеличения времени на процесс разрушения.

Согласно данному способу, изготавливают пластину из алюминиевого листа размером 2x20x180 *мм*, скрученную винтообразно вокруг продольной оси на 360^0 на один оборот (*рис. 3*). В поливинилхлоридную трубу длиной 180 *мм* и диаметром 100 *мм* устанавливают в вертикальном положении изготовленную пластину по центру, трубу запаивают с двух сторон (*рис. 4*). Таким образом, получается конструкция именуемая турбулизатором, в воздушной полости.

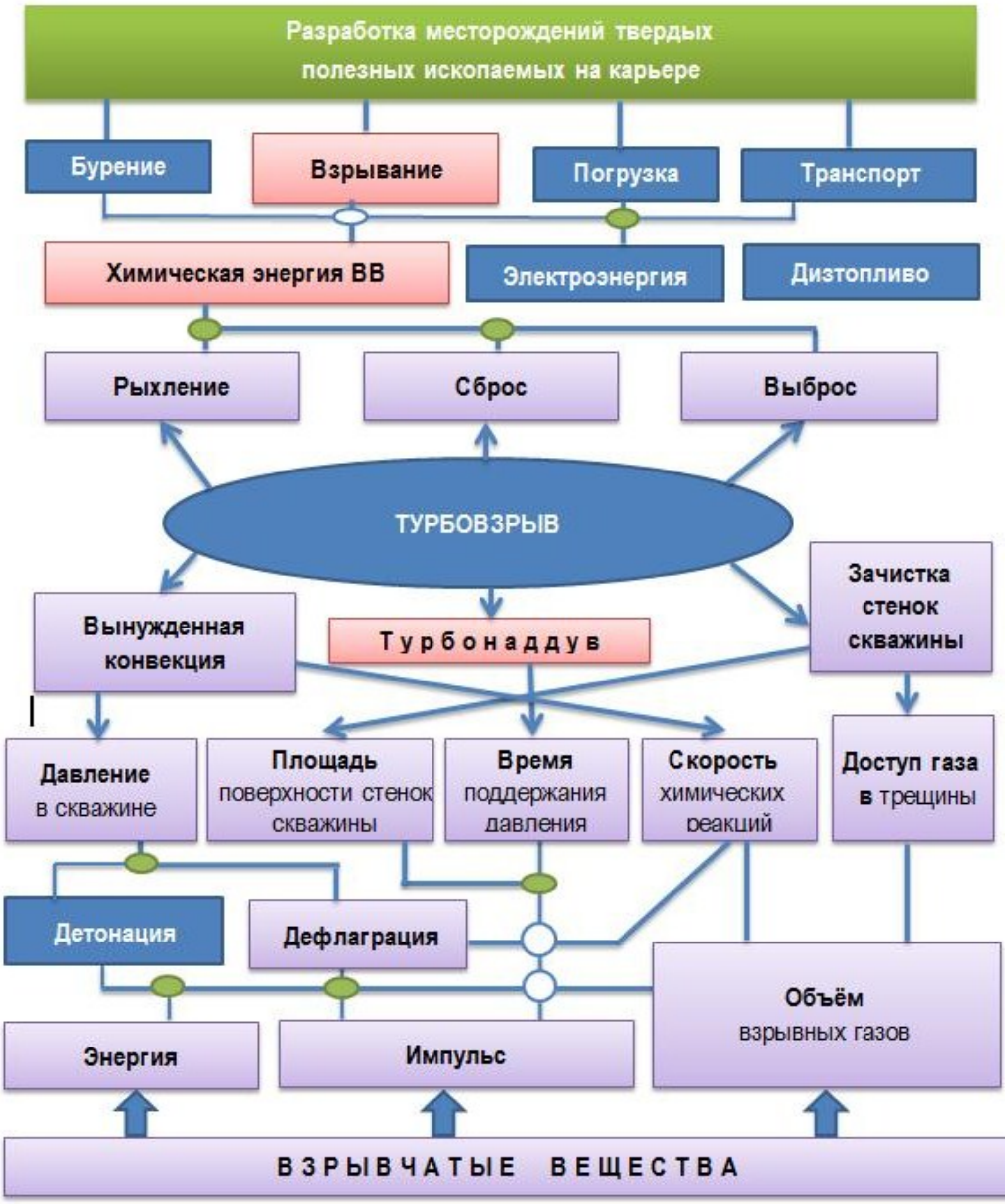


Рис. 2. Схема возможного использования турбовзрыва в горнодобывающей промышленности

Далее, во взрываемом массиве горных пород бурятся взрывные скважины по паспорту буровзрывных работ. На дно скважин устанавливают промежуточный детонатор и засыпают небольшое количество промышленного ВВ так, чтобы промежуточный детонатор был полностью покрыт. Поверху опускают изготовленную конструкцию турбулизатора и скважины засыпают оставшимся количеством ВВ, производят забойку и взрывание.

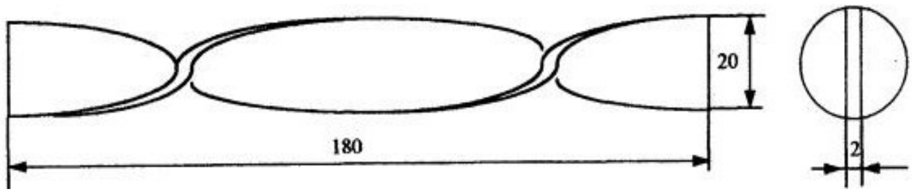


Рис. 3. Конструкция пластины из алюминиевого листа

На *рис. 5* показана конструкция скважинного заряда ВВ с расположением в нем турбулизатора. Приведение турбулизатора в действие детонационной волной происходит следующим образом.

В скважине, при взрыве промежуточного детонатора, во взрывчатом веществе формируется детонационная волна двигающаяся к турбулизатору. Детонационная волна, проходя в воздушной полости через винтообразную пластину, двигается дальше по колонке заряда. Эффект турбулизации возникает от проходящей вдоль турбулизатора детонационной волны. В турбулизаторе возникает давление и скоростной напор высокоплотных продуктов детонации, движущихся за фронтом волны.

Также, разработан способ инициирования скважинных зарядов ВВ во взрывном блоке, позволяющий

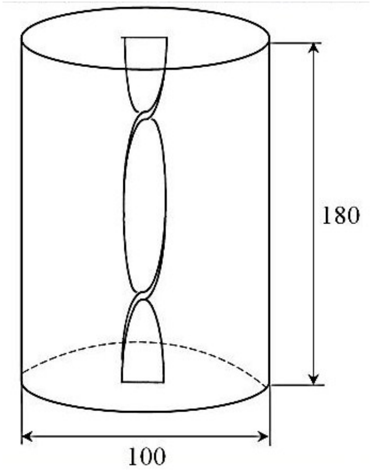


Рис. 4. Конструкция турбулизатора в воздушной полости из поливинилхлоридной трубы

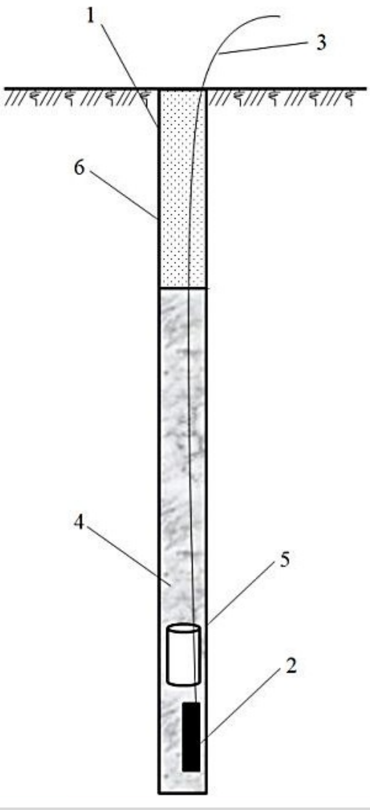


Рис. 5. Конструкция скважинного заряда ВВ с турбулизатором для дробления массива горных пород: 1 – взрывная скважина; 2 – промежуточный детонатор; 3 – система инициирования неэлектрического взрывания; 4 – промышленное ВВ; 5 – конструкция турбулизатора в воздушной полости; 6 – забойка

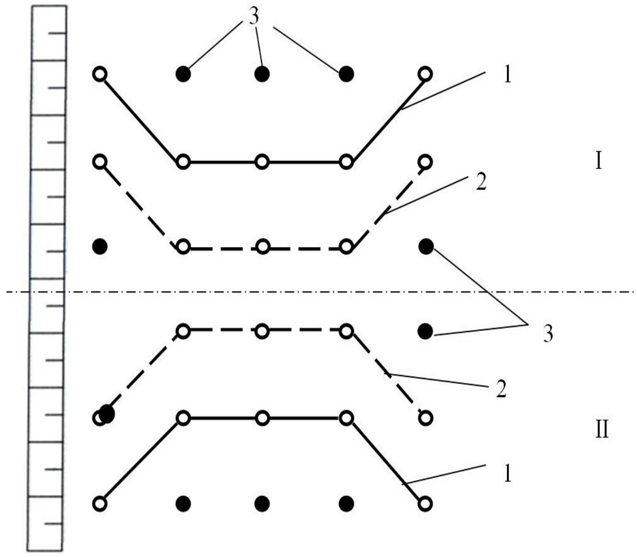


Рис. 6. Схема взрывания в способе секционного инициирования скважинных зарядов: I и II – первая и вторая части взрывного блока; 1 – первая серия взрывания с замедлением 0 *мс*; 2 – вторая серия взрывания с замедлением 42 *мс*; 3 – третья серия взрывания с замедлением 42 *мс*

управлять длительностью и кратностью приложения взрывных нагрузок, их направленностью, а также, повысить использование энергии взрыва на дробление горных пород.

Согласно данному способу, во взрывном блоке бурятся ряды скважин по паспорту буровзрывных работ. Скважины заполняются промышленным ВВ, в качестве средств инициирования скважинных зарядов ВВ используется неэлектрическая система инициирования СИНВ.

Взрывной блок разделяется на две равные части, а они, в свою очередь, на три серии короткозамедленного взрывания скважин. Инициирование скважинных зарядов ВВ производится одновременно в двух частях блока в виде трапециевидной схемы взрывания на встречу друг к другу одновременно так, чтобы произошло встречное движение взрывных волн и соударение породных кусков при взрыве.

С двух концов взрывного блока в первой серии производится мгновенное взрывание скважин в виде трапеции, далее во второй серии через 42 *мс* взрываются последующие скважины также в виде трапеции, еще через 42 *мс* по периметру взрывного блока в третьей серии взрываются оставшиеся скважины.

На *рис. 6* показана схема взрывания при способе секционного инициирования скважинных зарядов ВВ.

Применение данного способа взрывания позволяет обеспечить эффективное использование энергии взрыва и возможность соударения кусков породы в процессе их движения, что способствует повышению использования энергии взрыва на дробление горных пород, получению заданной степени дробления и обеспечению качества подготовки горной массы для различных технологических схем разработки с минимальными материальными и энергетическими затратами.

Библиографический список:

1. Норов Ю.Д., Шеметов П.А., Заиров Ш.Ш., Тухташев А.Б. Совершенствование методов управления дроблением горных пород взрывом. Монография. – Бухара: «Бухоро», 2011. – 200 с.

2. Бибик И.П. Обоснование энергосберегающих технологий взрывных работ на сложноструктурных месторождениях // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: изд. МГГУ, 2010. – № 8. – С. 102-110.

3. Шеметов П.А., Бибик И.П., Исаков М.М. Современное состояние и проблемы буровзрывных работ в глубоких рудных карьерах Узбекистана // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2010. – № 4. – С. 12-19.

4. Бибик И.П., Лунин С.В., Джос В.Ф. Взрывание высоких уступов в карьере Мурунтау // Горный журнал. – Москва, 2007. – № 5. – С. 52-54.
5. Умаров Ф.Я., Махмудов Д.Р., Петросов Ю.Э., Мардонов И.Н. Выбор оптимальных параметров производства буровзрывных работ для интевсивного дробления руд и вариантов размещения циклично-поточной технологии на карьере Кальмакыр // Вестник ТГТУ. – Ташкент, 2016. – № 4. – С. 229-235.
6. Петросов Ю.Э., Махмудов Д.Р., Уринов Ш.Р. Физическая сущность дробления горных пород взрывом скважинных зарядов ВВ // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2016. – № 4. – С. 98-100.
7. Дубнов Л.В., Колесниченко И.Т. Об энергетическом критерии эффективности ВВ и некоторых его следствиях // Горный журнал. – М., 1986. – № 5. – С. 57-61.
8. Мосинец В.Н. Современное состояние и перспективы развития технологии и методов производства взрывных работ на карьерах // Взрывное дело. – М.: Недра, 1986. – № 89/46. – С.100-109.
9. Мучник С.В. Разработка и научное обоснование технических и технологических решений по управлению фугасным действием взрыва в горнодобывающей промышленности // Дисс. ... докт. техн. наук. – Новосибирск, 2000. – 308 с.

"GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA", 2022, № 2(89) pp. 8-12

DEVELOPMENT OF METHODS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF CRUSHING ROCK MASSES BY CONTROL OF EXPLOSION ENERGY PARAMETERS

[1]***Nasirov U.F.,*** *Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Director for Research and Innovation.*
[2]***Zairov Sh.Sh.,*** *Professor of the Department, Doctor of Technical Sciences.*
[2]***Mekhmonov M.R.,*** *doctoral student of the Mining Department.*
[3]***Ochilov Sh.A.,*** *Associate Professor of the Department of Mining, PhD*

[1]***Almalyk Branch of the National University of Science and Technology "MISiS". Almalyk, Uzbekistan.***
[2]***Navoi State Mining Institute. Navoi, Uzbekistan.***
[3]***Tashkent State Technical University named after I. Karimov. Tashkent, Uzbekistan.***

A method of crushing an array of rocks by explosion using a turbulator design has been developed, which allows for uniform and high-quality crushing of an array of rocks by explosion, as well as increasing the actual utilization factor of the potential energy of explosive charges by changing the mechanism of its transmission and increasing the time for the destruction process. A method has also been developed for initiating borehole explosive charges in an explosive block, which allows controlling the duration and frequency of application of explosive loads, their direction, as well as increasing the use of explosion energy for crushing rocks.

Keywords: *explosion action control, explosive charge design, rock crushing by explosion, technological method of blasting, ways to increase the efficiency of drilling and blasting, turbo explosion, turbulator design, increasing the time for the destruction process, method of initiating borehole charges of explosives.*

Bibliographic list:

1. Norov Yu.D., Shemetov P.A., Zairov Sh.Sh., Tukhtashev A.B. Improving the methods of controlling the crushing of rocks by an explosion. Monograph. – Bukhara: «Bukhoro», 2011. – 200 p.
2. Bibik I.P. Substantiation of energy-saving technologies for blasting at complex structure deposits // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten. – M.: ed. MSGU, 2010. No. 8, pp. 102-110.
3. Shemetov P.A., Bibik I.P., Isakov M.M. Current state and problems of drilling and blasting in deep ore quarries in Uzbekistan // Gornyy vestnik Uzbekistana. – Navoi, 2010. – No. 4, pp. 12-19.
4. Bibik I.P., Lunin S.V., Jos V.F. Explosion of high ledges in the Muruntau quarry // Gornyy zhurnal. – Moscow, 2007. – No. 5, pp. 52-54.
5. Umarov F.Ya., Makhmudov D.R., Petrosov Yu.E., Mardonov I.N. The choice of optimal parameters for the production of drilling and blasting for intensive crushing of ores and options for placing cyclic-flow technology at the Kalmakyr quarry // Vestnik TGTU. – Tashkent, 2016. – No. 4, pp. 229-235.
6. Petrosov Yu.E., Makhmudov D.R., Urinov Sh.R. The physical essence of crushing rocks by the explosion of borehole explosive charges // Gornyy vestnik Uzbekistana. – Navoi, 2016. – No. 4, pp. 98-100.
7. Dubnov L.V., Kolesnichenko I.T. On the Energy Criteria for the Efficiency of Explosives and Some of Its Consequences // Gornyy zhurnal. – M., 1986. – No. 5, pp. 57-61.
8. Mosinets V.N. The current state and prospects for the development of technology and methods for the production of blasting in open pits // Vzryvnoye delo. – M.: Nedra, 1986. – No. 89/46, pp. 100-109.
9. Muchnik S.V. Development and scientific substantiation of technical and technological solutions for the management of high-explosive action of an explosion in the mining industry // Diss. ... doc. tech. Sciences. Novosibirsk, 2000. 308 p.

УДК 622.236

DOI:10.54073/GV.2022.2.89.003

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА ПОДГОТОВКИ ГОРНЫХ ПОРОД К ВЫЕМКЕ НА ОСНОВЕ УДАРНОГО РАЗРУШЕНИЯ

Махмудов А.М.,
заведующий кафедрой
«Горная электромеханика» НГГИ,
к.т.н., доцент

Maqolada marmar va granit konlarida tosh bloklarini sindirish yuklamasini qo'llashning zarba usulidan foydalangan holda burg'ilash kontur texnologiyasi masalalari ko'rib chiqilgan. Qoida tariqasida, tog'-kon ishlarini ishlab chiqarishning mavjud usullaridan birini qo'llash, shuningdek, ularga xos bo'lgan tog'-kon jarayonlarini mexanizatsiyalash vositalari va rivojlanishning asosiy texnologik parametrlari qazib olinadigan tog' jinslarining massivdagi mustahkamligi va darzdorlik darajasiga bog'liq. Bloklarni qazib olish texnologiyasidan foydalanishning oqilona parametrlarini asoslash uchun ajratib olinayotgan blokning kuchlanish-deformatsiya holatini o'rganish asosida nazariy tadqiqotlar o'tkazilgan.

Tayanch iboralar: *blok, tog' jinsi, darzdorlik, massiv, sindirish, kuchlanish, instrument, mexanizm, quvvat, qattiqlik, statika, dinamika.*

В данной работе рассматриваются вопросы буроотрывной контурной технологии отбойки блоков камня на месторождениях мрамора и гранита при помощи ударного способа приложения разрушающей нагрузки. Как правило, применение одного из существующих способов производства добычных работ, а также, присущие им средства механизации процессов добычи, и основные технологические параметры разработки, зависят от прочности разрабатываемых пород и трещиноватости массива. Для обоснования рациональных параметров применения технологии добычи блоков, были выполнены теоретические исследования, основанные на изучении напряженно-деформированного состояния выкалываемого блока.

Ключевые слова: *блок, порода, трещиноватость, массив, отбойка, усилия, инструмент, механизм, мощность, крепость, статика, динамика.*

Проблемы рационального использования запасов месторождений облицовочного камня, отходов камнедобывающей и камнеобрабатывающей промышленности объясняются значительными затратами на добычу, обработку и переработку камня, а также, недостаточным уровнем совершенства техники и технологий добычных работ и направлений использования запасов, которое не отвечает требованиям экономии сырья и обеспечения высокого качества конечной продукции. Значительны расходы энергетических и трудовых ресурсов и низок уровень защиты окружающей среды.

На подготовку блоков скальных горных пород сложного строения массивов, в настоящее время применяются низкопроизводительные технологии. Добыча блочного камня на многих месторождениях осуществляется вертикальными уступами, без учета природной трещиноватости массива. Это, приводит к значительным потерям кондиционного сырья и снижению выхода блоков из горной массы.

При подготовке к выемке блоков горных пород, на большинстве месторождениях гранитов применяется короткошпуровая схема бурения по контуру откола, в результате чего, основной объем добываемых блоков имеет неправильную форму и не соответствует стандарту [1, 2].

Применение взрывания при подготовке к выемке блочного камня с использованием непригодных для этих целей взрывчатых материалов приводит к образованию недопустимой трещиноватости в массиве и в отделяемых от него блоках, а это, приводит к потерям сырья и снижению качества блоков.

Необходимо дальнейшее совершенствование технологических процессов и переход на более рациональные схемы подготовки к выемке блоков природного камня, которые обеспечили бы повышение качества продукции, рост объемов добычи при одновременном снижении затрат на производство.

При этом, чрезвычайно важно, установить зависимости технологических параметров при отделении блоков от массива скальных горных пород с приложенным уровнем разрушающих усилий и управления нагружённым состоянием при контактной зоне разрушения массива на гранях отдаляемого блока.

Реализация данного положения приобретает особое значение при разработке месторождений с развитой трещиноватостью, что крайне усложняет их эксплуатацию технологическими схемами, принятыми на основе типовых проектных решений.

При крепости пород $\sigma_{ск} \geq 40$ *МПа* и удельной трещиноватости массива $U_{тр} \geq 3 \div 4$ *м/м²* наиболее эффективными являются способы разработки основанные на методе отбойки горных пород по контуру [3].

Добыча блоков с помощью машин ударного действия основана на создание растягивающих напряжений в плоскости отбойки и путём разрушения между шпуровых целиков развитием магистральных трещин, а также, сдвижения отколотого объема горной массы на некоторое расстояние под воздействием ударных усилий рабочих органов машины (*рис. 1*).

Для обоснования рациональных параметров применения технологии добычи блоков были выполнены теоретические исследования, основанные на изучении напряженно-деформированного состояния выкалываемого блока. Откол блока от массива рассматривался как решение задачи отделения блока АВСДА^{1}В^1 С^{1}D^1.

Усилия, создаваемые инструментами в линии шпурах, приводят к упругой деформации блока. По сечению ВВ'С'С предполагается отсутствие сцепления ввиду разделения трещинами шириной 2 *мм* и более. Одновременность включения всех клиньев в работу позволяет представить нагрузку действующую на блок, как равномерно распределенную по площадке АА^{1}ВВ^1.

Особенностью ударного способа отбойки блоков является использование естественной трещиноватости массива в виде плоскостей ослабления. При этом, ориентировка плоскости предполагаемого отрыва устанавливается перпендикулярно относительно двух систем трещин. Основные параметры разработки зависят как от частоты распределения и пространственной ориентации трещин, так и от технических возможностей применяемого оборудования и устройств, создающих разрушающее напряжение [4, 5].

Рассмотрим случай отрыва блоков с помощью клиновидного механизма с использованием инструментов, вставленных в шпуры, обуренные в ряд. Ударная энергия передается на массив через клинья мгновенным ударом бойки. Ударная энергия создается с помощью падающего груза или механизма принудительной подачи. Эта энергия полностью затрачивается на преодоление силы сопро-

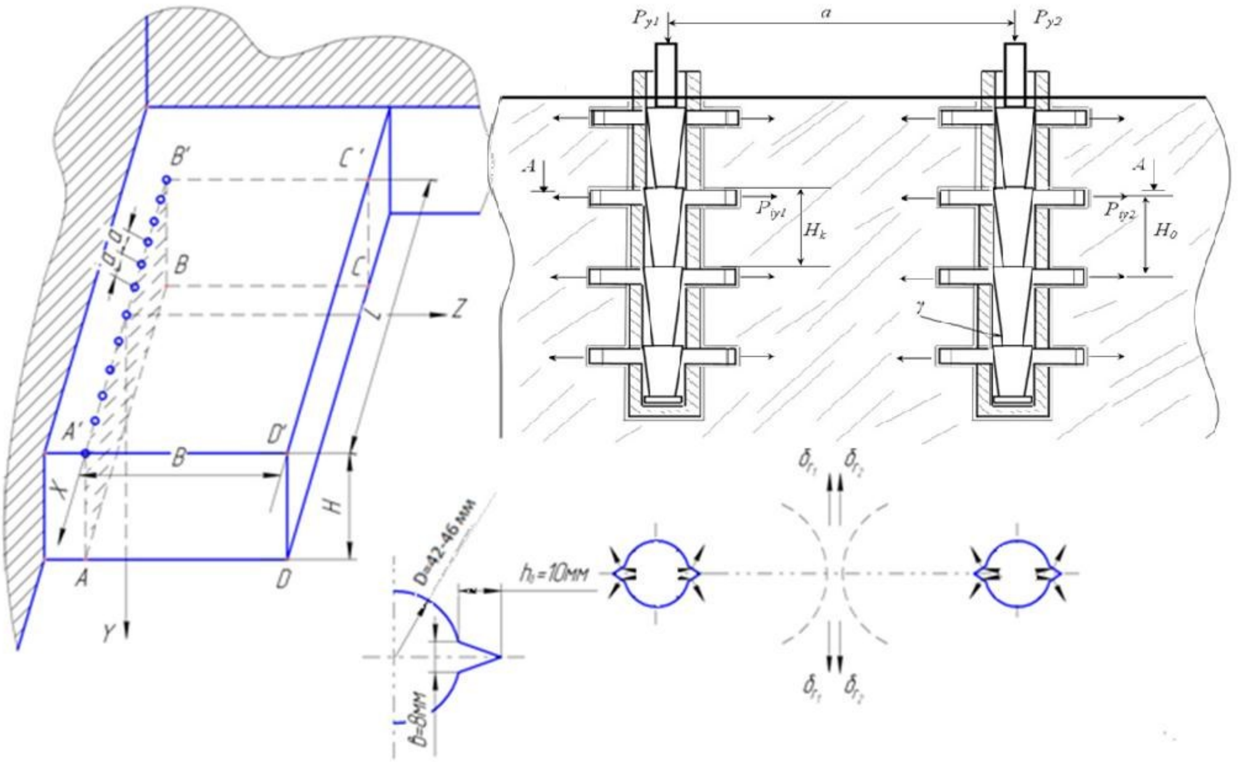


Рис. 1. Технологическая схема и действующие силы радиально-бокового ударного отделения блоков камня по контуру от массива. *H, L, B* – высота, длина и ширина отделяемого монолита; *a* – расстояние между шпурами; $h_к$ – глубина внедрения клина; $P_{у1}$, $P_{у2}$ – сила удара на клин; H_k – расстояние между клинами по высоте инструмента; σ_1, σ_2 – напряжение от первого и второго инструмента

тивления разрушению межшпуровых целиков и силы сопротивления сдвигу бокового и торцевых плоскостей.

При разрушении горных пород по контуру, основным фактором влияющим на управление процессом разрушения и направление развития трещин является концентрация напряжений у краев трещины и влияние прилагаемых усилий.

Контурные способы отбойки основаны на явлении разрушения (откола) под воздействием растягивающих напряжений. Методу контурной отбойки характерно создание напряженного состояния и разрыв межмолекулярных связей в плоскости предполагаемого откола. При этом, направление растягивающих напряжений перпендикулярно плоскости отбойки, а разрушение породы, происходит строго по намеченному контуру на всю высоту уступа. По теории упругости предполагается, что в случае хрупкого и квазихрупкого разрушения в теле развивается лишь одна наибольшая трещина [6, 7].

Разрушение горных пород осуществляется приложением статико-динамических усилий ударно-пульсирующим инструментом направленного действия.

При этом, необходимое усилие для отделения моноблока из массива параметрами L_0, *B, H* и сдвижение его на расстояние *S*, должно быть больше или равно сумме сил сопротивления разрыву в плоскости отрыва ($F_{отр}$) и сил сопротивления сдвигу в подошве ($F_{под}$) и на торцах ($F_{торц}$), которые определяются прочностью породы на растяжение и величинам сил сцепления слагающих пород месторождения:

$$F_{общ} = F_{отр} + F_{под} + F_{торц}, \quad (1)$$

или

$$F_{общ} = (L_0 H - dl)\sigma_p^{д} + L_0 B \tau_{сд} + BH\tau_{сд}, \quad (2)$$

где L_0 – длина отделяемого монолита, *м*;

H – высота отработки уступа, *м*;

B – ширина отделяемого монолита, *м*;

$\sigma_p^{д}$ – динамический предел прочности растяжению, *МПа*;

$\tau_{сд}$ – динамический предел прочности сдвигу по трещинам, *МПа*;

$d_ш$ – диаметр шпура, *м*;

$l_ш$ – глубина шпура, *м*.

Силы сопротивления моноблока сдвигу зависят от физико-механических свойств материала, мощности и крепости трещинного заполнителя, шероховатости плоскостей, а также, от расстояния сдвига

$$\tau_{сд} = \frac{S}{h_м} G_{пр} \quad (3)$$

где *S* – расстояние сдвига, *м*;

$h_м$ – мощность материала заполнителя трещины, *м*;

$G_{пр}$ – модуль сдвига материала заполнителя трещин, *МПа*.

При работе ударного механизма внедрение клина прекращается при следующем условии для каждого шпура:

$$P_{уд} = F_{см} + F_{тр}, \quad (4)$$

где $P_{уд}$ – сила удара инструмента, *Н*;

$F_{см}$ – силы сопротивления смятию, *Н*;

$F_{тр}$ – силы трения клина по щекам, *Н*.

$$\begin{cases} F_{см} = 2N\sin\alpha/2, \\ F_{тр} = 2N\cos\alpha/2, \\ P_{уд} = 2l_к h_к \sigma_{сж} (\operatorname{tg}\alpha/2 + \rho). \end{cases} \quad (5)$$

Под действием силы $P_{уд}$ под клиновым механизмом возникает сила *F* действующая в плоскости, перпендикулярной оси шпура вызывающей разрушение породы. Общее усилие создаваемой машиной ударного действия при одновременной работе клиньев всех шпуров определяется по формуле:

$$2l_к h_к \sigma_{сж} (\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} + \rho)n = L_0 H \sigma_p^{д} K_0 + B\frac{S}{h_м} G_{пр}(L_0 + H) \quad (6)$$

где $h_к$ – глубина внедрения клина в массив, *м*;

n – количество шпуров в линии предполагаемого откола,

$$n = \frac{L_0}{a};$$

a – расстояние между шпурами, *м*;

Коэффициент, учитывающий ослабление массива (K_o) за счет бурения шпуров и внедрения клина, определяется по следующей формуле:

$$K_0 = \frac{L_0 H - l_ш (d_ш + 2h_к)}{L_0 H} \quad (7)$$

Левая часть формулы учитывает конструкцию клиновидного механизма, правая часть отражает силы сопротивления монолита отбойке.

Решаем формулу относительно расстояния между шпурами (а) (т.е. местами приложения ударной нагрузки) при известных значениях ($P_{уд}$) силы удара:

$$a = \frac{2 l_ш h_ш \sigma_{сж} \left(tg \frac{\alpha}{2} + \varphi \right) L_0}{\left[L_0 H \sigma_p^д K_0 + B \frac{S}{b} G_{пр} \left(L_0 + H \right) \right]} \quad (8)$$

Библиографический список:

1. Бакка Н.Т., Редчиц В.С. Особенности добычи блоков камня с помощью НРС. Экспресс-информация. Серия «Промышленность нерудных и неметаллорудных материалов». – М.: ВНИИЭСМ, 1991. – Вып. № 1. – С. 21-25.

2. Бакка Н.Т., Журба Н.Г. Комбинированный способ отделения от массива крупных блоков камня. Экспресс-информация. Серия «Промышленность нерудных и неметаллорудных материалов». – М.: ВНИИЭСМ, 1990. – Вып. № 3. – С. 18-22.

3. Махмудов А.М. Научные основы управления механизмом разрушения горных пород по контуру // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2010. – № 3. – С. 27-29

4. Рахимов В.Р., Махмудов А.М. Факторы определяющие эффективность технологии добычи блоков камня машинами ударного действия // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2010. – № 3. – С. 6-8.

5. Рахимов В.Р., Шифрин Е.И., Фазылов С.С. Совершенствование технологии добычи блоков облицовочного камня. – Ташкент, 1983. – 124 с.

6. Современная техника и технология добычи и обработки блоков камня. Материалы международного семинара. Итальянская ассоциация «Мармаккине (AS.I.M)» и международный институт мрамора (IS.I.M). – Ташкент, 2004 г.

7. Ракишев Б.Р. Энергоемкость механического разрушения горных пород. – Алмааты: Баспагер, 1998. – 210 с.

"GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA", 2022, № 2(89) pp. 13-15

THEORETICAL STUDY OF THE METHOD OF PREPARATION OF ROCKS FOR EXCAVATION ON THE BASIS OF IMPACT FRACTURE

Makhmudov A.M., *Head of the Mining Electromechanics Department, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.*

Navoi State Mining Institute, Uzbekistan.

This paper considers the issues of drilling and tearing out the contour technology of stone blocks at marble and granite deposits by means of impact method of destructive load application. As a rule, application of one of the existing methods of mining works, as well as their inherent means of mechanization of mining processes and basic technological parameters of development depend on the strength of mined rocks and fracturing of massif. In order to justify rational parameters of block extraction technology application, theoretical studies based on the study of the stress-strain state of the excavated block have been carried out.

Keywords: *Block, rock, fracturing, massif, hammering, force, tool, mechanism, power, strength, statics, dynamics.*

Bibliographic list:

1. Bakka N.T., Redchits B.C. Features of the extraction of blocks of stone with the help of HPC. Express information. Series «Industry of non-metallic and non-metal ore materials». – M.: VNIIESM, 1991. – Issue. No. 1, pp. 21-25.

2. Bakka N.T., Zhurba N.G. A combined method of separating large blocks of stone from an array. Express information. Series «Industry of non-metallic and non-metallic materials». – M.: VNIIESM, 1990. – Issue. No. 3, pp. 18-22.

3. Makhmudov A.M. Scientific foundations for controlling the mechanism of destruction of rocks along the contour // Gornyy vestnik Uzbekistana. – Navoi, 2010. – No. 3, pp. 27-29.

4. Rakhimov V.R., Makhmudov A.M. Factors determining the effectiveness of the technology of stone block mining by impact machines // Gornyy vestnik Uzbekistana. – Navoi, 2010. – No. 3, pp. 6-8.

5. Rakhimov V.R., Shifrin E.I., Fazylov S.S. Improving the technology of extraction of facing stone blocks. – Tashkent, Uzbekistan, 1983. – 124 p.

6. Modern equipment and technology for the extraction and processing of stone blocks. Materials of the international seminar. Italian Association «Marmacchine (AS.I.M)» and the International Marble Institute (IS.I.M). – Tashkent, 2004.

7. Rakishev B.R. Energy intensity of mechanical destruction of rocks. – Almaaty: Baspager, 1998. – 210 p.

УДК 669.775
DOI:10.54073/GV.2022.2.89.004

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УРАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КИСЛОРОДА И КИСЛОРОДА ВОЗДУХА




Петухов О.Ф.,
заместитель начальника ЦНИЛ по урану, редким и редкоземельным металлам АО «НГМК», д.т.н.

Назаров В.Ф.,
первый заместитель генерального директора - гл. инженер ГП «Навоийуран»

Каримов А.К.,
начальник производственной площадки Учкудук ГП «Навоийуран»

Шарафутдинов У.З.,
заместитель начальника ИЦ по ВНТ АО «НГМК», д.т.н.

Uranni yuvish tezligida erigan kislorod konsentratsiyasi va eritmadagi karbonat-bikarbonatlar kontsentratsiyasi hal qiluvchi ahamiyatga ega ekanligi aniqlandi. Uranni yuvishning fizik-kimyoviy asoslari asosida NKMK mutaxassislari HP jarayonini yaxshilash va tannarxini pasaytirishga qaratilgan bir qancha texnologik usullar va qurilmalarni ishlab chiqilgan.
Tayanch ivoralar: *uran, in-situ yuvish, kislorod, havo, karbonatlar, bikarbonatlar, konsentratsiya, texnologiya, qurilmalar.*

Установлено, что решающее значение на скорость выщелачивания урана оказывают концентрация растворённого кислорода и концентрация карбонат-бикарбонатов в растворе. На базе физико-химических основ выщелачивания урана специалистами НГМК разработан целый ряд технологических приёмов и устройств, направленных на совершенствование и удешевление процесса ПВ.
Ключевые слова: *уран, подземное выщелачивание, кислород, воздух, карбонаты, бикарбонаты, концентрация, технология, устройства.*

Уран, находящийся в рудах в шестивалентном состоянии, легко выщелачивается как растворами серной кислоты, так и карбонат-бикарбонатными растворами. При наличии в выщелачиваемых рудах четырёхвалентного урана, который практически не растворяется растворами серной кислоты и соды, требуется добавление окислителя для перевода четырёхвалентного урана UO_2 в шестивалентный уран UO_3.

В качестве окислителей урана в лабораторной практике и в промышленности используются различные вещества: хлор, гипохлорит натрия, хлорат натрия, перманганаты, пиролюзит, железо (+3), азотная и азотистая кислоты, перекись водорода. Механизмы окисления урана (+4) и условия применения этих окислителей подробно описаны в работе [1].

И всё же применение кислорода и кислорода воздуха для окисления урана (+4) является самым востребованным и перспективным направлением в технологии подземного выщелачивания (ПВ), в следствие их доступности и относительной дешевизны, сравнительно высокой окислительной способности и экологической безопасности (в отличие от хлор-, нитрат- и марганецсодержащих окислителей продукты окисления не загрязняют подземные воды).

Мерой окислительной активности кислорода в водных растворах служит окислительно-восстановительный потенциал:

$$O_2 + 4H^+ + 4e = 2H_2O, \quad E^0 = 1,229\ В; \quad (1)$$

$$O_2 + 2H_2O + 4e = 4OH^-, \quad E^0 = 0,401\ В; \quad (2)$$

$$O_2 + 4H^+ + 4e = 2H_2O, \quad E^0 = 0,815\ В. \quad (3)$$

При использовании в качестве окислителя кислорода можно предположить следующий механизм окисления UO_2:

а) растворение газообразного кислорода в растворе:

$$O_2\ (газ) = O_2\ (водн.) \quad (4)$$

б) адсорбция O_2 (раств.) на поверхности UO_2

$$2UO_2 + O_2 = 2UO_2[O_2]_{адс} \quad (5)$$

в) диссоциация адсорбированного O_2, когда атомы переходят со своих адсорбированных мест на реакционные места, что сопровождается окислением UO_2 до UO_3

$$2UO_2{\times}[O_2]_{адс} = 2UO_3 \quad (6)$$

Окисленный уран в растворе серной кислоты выщелачивается по реакции:

$$UO_2 + ½O_2 + H_2SO_4 = UO_2SO_4 + H_2O. \quad (7)$$

Энергия активации этой реакции составляет 75,6 *кДж/моль* (18,0 *ккал/моль*), что говорит о протекании реакции в кинетической области.

В карбонатных растворах окисленный уран выщелачивается также быстро по реакциям:

$$UO_3 + 3CO_3^{2-} + H_2O = [UO_2(CO_3)_3]^{-4} \quad (8)$$

$$OH^- + HCO_3^- \rightarrow CO_3^{2-} + H_2O \quad (9)$$

Суммарное уравнение реакции можно представить в виде:

$$UO_2 + ½O_2 + 3Na_2CO_3 + H_2O = Na_4[UO_2(CO_3)_3] + 2NaOH \quad (10)$$

Энергия активации этой реакции составляет 56,28 *кДж/моль* (13,4 *ккал/моль*), что также говорит о протекании реакции в кинетической области.

Таким образом, окислительно-восстановительные реакции (7, 10) протекают не со всем, а только с растворённым в растворе кислородом. Растворимость кислорода в водных растворах зависит от многих факторов, главными из которых являются давление и температура [2, 3]. Для определения растворимости кислорода от этих факторов удобно пользоваться следующей эмпирической формулой:

$$Г_0 = \frac{0,064 \cdot P}{33,5 + t}(1,107 - 0,07\lg P), \quad (10)$$

где $Г_0$ – растворимость кислорода, *г/л*;

P – абсолютное давление в футах столба воды, (1 *фут* = 0,305 *м*);

t – температура, ${}^0C$.

В *табл. 1* приведены расчётные данные по растворимости кислорода в растворе подземного выщелачивания (ПВ) в зависимости от статического давления столба жидкости в скважине ($H_{СТ}$) и температуры гидротермальных вод.

По данным работы [4] скорость выщелачивания, ограниченная растворением кислорода, возрастает при увеличении давления газа, скорости его подачи, высоты слоя жидкости и уменьшении крупности пузырьков, и определяется приближённым соотношением:

$$v \approx PQH(1/r^{2,5}), \quad (11)$$

где *v* – скорость выщелачивания;

P – давление газа;

Q – объём поданного газа;

H – высота слоя жидкости;

r – радиус мелкого пузырька газа.

Второй важнейший фактор, определяющий скорость и полноту выщелачивания урана, это концентрация выщелачивающего реагента – комплексообразователя. Учитывая, что доля высококарбонатных урановых руд на ПВ урана с каждым годом увеличивается, подробнее остановимся на карбонатном (бикарбонатном) выщелачивании (уравнение 10).

На рудниках ПВ НГМК, отрабатывающих высококарбонатные урановые руды, успешно эксплуатируется метод т.н. «минириагентного», (а по сути – бикарбонатного) выщелачивания, заключающийся в добавлении незначительного количества серной кислоты (до pH=3-3,5) в исходный выщелачивающий раствор. В рудном пласте кислота, вступая во взаимодействие с карбонатными породами, образует карбонат-бикарбонат-ионы, которые и выщелачивают уран с образованием уранилтрикарбонатного комплекса $[UO_2(CO_3)_3]^{4-}$.

Процесс описывается следующими уравнениями реакции:

$$CaCO_3 + H_2SO_4 = H_2CO_3 + CaSO_4 \quad (12)$$

$$H_2CO_3 = H^+ + HCO^-_3 \quad (13)$$

$$HCO^-_3 = H^+ + CO^{2-}_3 \quad (14)$$

$$UO^{2+}_2 + 3CO^{2-}_3 = [UO_2(CO_3)_3]^{4-} \quad (15)$$

$$H^+ + OH^- = H_2O. \quad (16)$$

Полнота и скорость выщелачивания урана, которые можно выразить через концентрацию урана в продуктивном растворе ПВ, в зависимости от концентрации карбонатов-бикарбонатов в растворе выражается соотношением [3]:

$$\lg C_U = 0{,}5\lg C_{O2} + 3\lg C_{CO3} + 4pH - \lg K, \quad (17)$$

где C_U – концентрация урана в продуктивном растворе в виде уранилтрикарбонатного комплекса;

C_{O2} – равновесная концентрация растворённого кислорода;

C_{CO3} – равновесная концентрация карбонат-бикарбонатов в растворе;

К – константа устойчивости уранилтрикарбонатного комплекса (величина постоянная).

Из уравнения (17) видно, что концентрация урана, связанного в уранилтрикарбонат, повышается на три порядка с повышением равновесной концентрации карбонат-бикарбонат-ионов и только на порядок с повышением концентрации растворённого кислорода.

Проведённые на одном из рудников РУ-5 опытные работы полностью подтвердили существенную роль концентрации бикарбонат-ионов на извлечение урана. Так, если при выщелачивании урана пластовой водой с концентрацией $[HCO_3]$ = 140 – 195 *мг/л*, концентрация урана в продуктивных растворах составляла 5-10 *мг/л*, то повышение концентрации $[HCO_3]$ до 270-335 *мг/л* приводило к повышению концентрации урана до 48 *мг/л* [5].

В работе [6] приведена корреляционная зависимость между равновесными концентрациями $[HCO^-_3]$ и [U] в продуктивном растворе во времени (*рис. 1*).

Представленные на *рис. 1* зависимости, подтверждают необходимость учитывать и регулировать (повышать) концентрацию $[HCO^-_3]$ в выщелачивающем растворе.

Понимание физико-химических основ выщелачивания урана с использованием в качестве окислителей кислорода и кислорода воздуха позволило специалистам НГМК разработать целый ряд технологических приёмов и устройств, направленных на совершенствование и удешевление процесса ПВ. Остановимся на некоторых из них.

Таблица 1

Растворимость кислорода от $H_{СТ}$ и температуры, *t°C*

$H_{СТ}$, м	**Давление**			**lgP**	**Растворимость O_2 (*мг/л*) при температурах**		
	атм.	**вод. ст., м**	**футы вод. ст. (*P*)**		***t* =25,5° C**	***t* =33,0° C**	***t* =40,0°C**
50	5	50	163,9	2,215	169	150	134
100	10	100	327,9	2,516	331	294	266
150	15	150	491,9	2,692	489	435	393
200	20	200	655,8	2,816	647	574	519

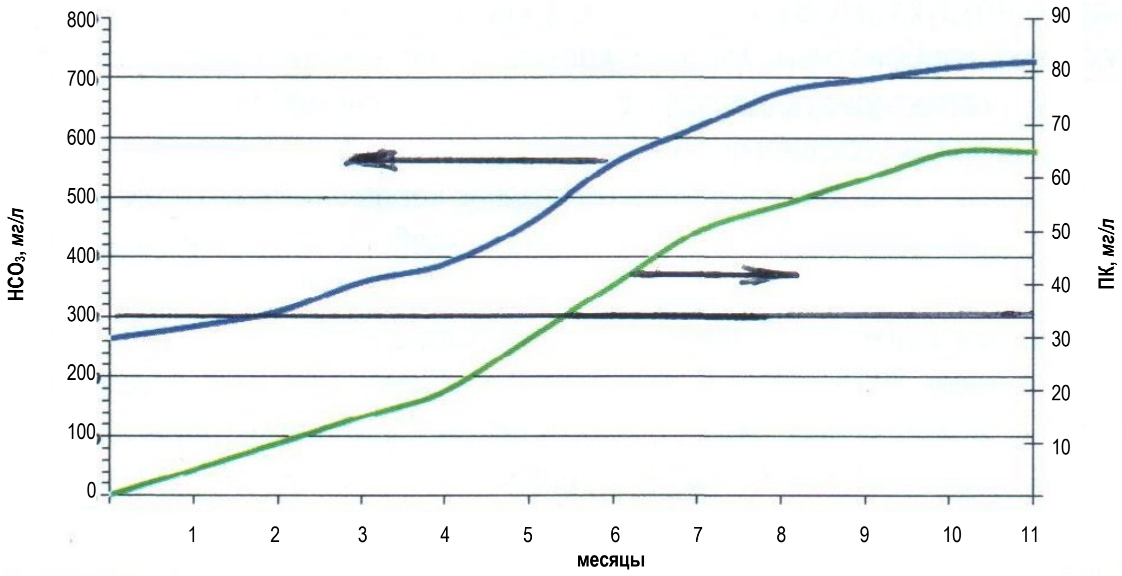


Рис. 1. Корреляционная зависимость между равновесными концентрациями $[HCO_3^-]$ и [U] в продуктивном растворе во времени

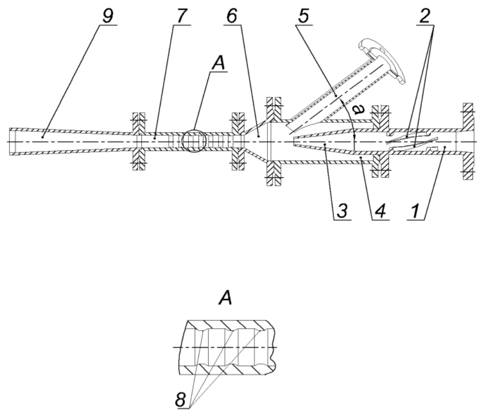


Рис. 2. Схема эжектора

Рис. 3. Компрессор сжатого воздуха

Рис. 4. Кислородная станция

1. Повышение растворимости кислорода воздуха за счёт уменьшения диаметра пузырька (уравнение 11). Специалистами Южного РУ был разработан и испытан гидродинамический вибратор, назначение которого сводится к диспергации в выщелачивающем растворе кислорода воздуха (уменьшение r) воздействие мощного акустичекого поля. Испытания его на некоторых рудниках ПВ показало положительный результат [7].

2. Повышение растворимости кислорода за счёт эжекции. Специалистами НГМК были разработаны и внедрены различные конструкции эжекторов технического кислорода в выщелачивающие растворы [8]. Схема одного из таких эжекторов представлена на *рис. 2.*

Устройство состоит из цилиндрической части сопла *1*, криволинейных ребер *2*, суживающейся части сопла *3*, цилиндрической части приемной камеры *4*, патрубка для ввода газообразного окислителя *5*, располагающегося под углом α к оси и тангенциально к поверхности приемной камеры *4*, конической части приемной камеры *6*, камеры смешения *7* с кольцевыми скругленными выступами *8* и диффузора *9*.

Устройство работает следующим образом: выщелачивающий раствор под давлением подается в цилиндрическую часть сопла *1*, где под влиянием криволинейных ребер *2* потоку задается вращение, при подходе к суживающейся части сопла *3* вращение незначительно замедляется, а линейная скорость, по мере продвижения к выходу увеличивается. В цилиндрической части приемной камеры *4*, благодаря высокой скорости струя жидкости увлекает с собой поступающий через патрубок *5* газообразный окислитель, после чего поток попадает в камеру смешения *7* и далее в диффузор *9*, где происходит повышение давления. На участке камеры смешения, где расположены кольцевые скругленные выступы, происходит смешивание выщелачивающего раствора с газообразным окислителем.

Определено оптимальное место установки эжектора – устье скважины, позволяющее работать с максимальным коэффициентом эжекции при подаче газовоздушной смеси в технологические выщелачивающие растворы. Расход воздуха (кислорода) определяли ротаметром. Максимальный коэффициент эжекции, при подаче выщелачивающих растворов от магистрального трубопровода достигнут в пределах $K_{эж}$ = 0,7-0,8 при установке эжектора на устье скважины.

В результате проведённых испытаний была выбрана наилучшая конструкция эжектора и установлено, что применение технического кислорода обеспечивает получение продуктивных растворов с более высокими концентрациями полезного компонента (в среднем на 1,5-2,0 раза выше), чем при окислении кислородом воздуха.

В целом, подача газообразных окислителей (воздуха или кислорода) с помощью разработанных эжектров с установкой их на устье скважин позволяет увеличить интенсивность отработки запасов.

3. Повышение растворимости кислорода за счёт повышения давления и объёма нагнетаемого воздуха (формулы 10 и 11) технически решено на рудниках с использованием технологии нагнетания сжатого воздуха (НСВ). Технология НСВ обеспечивается применением компрессоров сжатого воздуха, развивающих давление до 60 *атм* (*рис. 3*).

В качестве положительного примера можно привести результаты работ на блоке № 3 ПВ-12, на котором воздух нагнетали под давлением 15-16 *атм* до насыщения раствора в продуктивном пласте кислородом до концентрации $[O_2]$ = 270 *мг/л.*

Через тридцать дней после запуска откачных скважин концентрация урана в продуктивных растворах составила 55 *мг/л*, при концентрации $[HCO_3^-]$ = 420 *мг/л.* Для сравнения в блоках сернокислотного выщелачивания (без подачи кислорода воздуха) концентрация урана не превышала 10 *мг/л* [6].

Однако технология ПВ урана из карбонатных руд с предварительным окислением рудного пласта воздухом высокого давления не смогла бы работать без использования пакера специальной конструкции.

Пакер обеспечивает возможность подачи сжатого воздуха в скважину при давлении 1,0-5,0 *МПа* (10,0 – 50,0 *атм*). Устройство можно монтировать в скважинах, обсаженных трубами ПВХ с внутренним диаметром ≤ 74 *мм*. Простое в изготовлении, устройство позволяет надёжно пакеровать скважину при нагнетании в пласт сжатого воздуха, после чего легко извлекается из скважины. Внедрение этого устройства в промышленность позволило также отказаться от использования дорогостоящих стальных обсадных труб, предусмотренных проектом. Устройство пакера и принцип его работы подробно изложены в работах [1, 6].

4. Использование технического кислорода в крупных масштабах на полигонах ПВ стало возможным благодаря приобретению и успешной эксплуатации кислородных станций. На *рис. 4* представлен внешний вид кислородной станции компании «проВИТА» (Россия). Такая станция имеет производительность по кислороду 100-200 *м³/час*, с чистотой продукта 95% O_2 и давлением на выходе 3-5 *бар*. В основе работы станции лежит процесс, получивший название короткоцикловая безреагентная адсорбция (PSA – pressure swing adsorption). Разделение кислорода и азота из поступающего воздуха происходит на адсорбенте – гранулированном цеолите. Цеолит поглощает преимущественно азот, а кислород проходит через слой адсорбента и через обратный клапан поступает в ресивер.

5. Повышение концентрации [HCO^-_3] в выщелачивающих растворах. Применение «миниреагентной» технологии обеспечивает получение равновесных концентраций [HCO^-_3] в выщелачивающих растворах не более 1,0 *г/л*. Повышение концентрации [HCO^-_3] можно было бы достичь путём увеличения концентрации серной кислоты в исходных выщелачивающих растворах (снижение pH). Однако это приводит к тому, что возрастает скорость образования гипса (реакция 12), раствор становится пересыщенным $CaSO_4$, что приводит к кольматации.

Поэтому для повышения концентрации [HCO^-_3] в выщелачивающих растворах нами предложен метод доукрепления пластовых вод концентрированным раствором карбонат-бикарбоната аммония.

Предварительные опытные работы, проведённые на месторождениях Северный Канимех и Бешкак РУ-5, показали, что повышение концентрации [HCO^-_3] до 1,0-1,2 *г/л* (с окислением растворов кислородом) привело к повышению концентрации урана. В настоящее время планируется развитие этих работ на месторождении Кухнур.

Библиографический список:

1. Петухов О.Ф., Истомин В.П., Руднев С.В., Хасанов А.С. Уран. – Ташкент: TURON ZAMIN ZIYO. – 2015. – С. 248-273.

2. Петухов О.Ф., Санакулов К.С., Хасанов А.С. Мустакимов О.М. Окислительно-восстановительные процессы в металлургии. – Ташкент. – Истиклол нури, 2013. – С. 34-36.

3. Рафальский Р.П. Гидротермальные равновесия и процессы минералообразования. – М.: Атомиздат, 1973. – С. 59-66, 274.

4. Зеликман А.Н., Вольдман Г.М., Белявская Л.В. Теория гидрометаллургических процессов. – М.: Металлургия, 1975. – С. 107.

5. Скрипко С.В., Петухов О.Ф., Истомин В.П., Орехов В.В. Опытные работы по ПВ урана с применением гипохлорита натрия в качестве окислителя // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2010. – № 1. – С. 37-41.

6. Санакулов К.С., Курбанов М.А. Значение способа нагнетания сжатого воздуха для интенсификации процесса ПВ // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2019. – № 3. – С. 18-20.

7. Истомин В.П., Скрипко С.В. Интенсификация отработки месторождения Лявлякан // Горный журнал. – 2003.- №8. – С. 52-54.

8. Санакулов К.С., Рузиев О.Б., Петухов О.Ф., Рузиев Б.Т., Назаров В.Ф., Курбанов М.А. Применение эжекции при подаче газообразных окислителей в выщелачивающий раствор при ПВ // Тезисы докладов XXIV Международной научно-практической конференции «Инновация -2019». – Ташкент. – С. 174.

"GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA", 2022, № 2(89) pp. 16-19

PHYSICAL AND CHEMICAL BASES AND TECHNOLOGY OF UNDERGROUND LEACHING URANIUM WITH USING OXYGEN AND OXYGEN OF AIR

[1]***Petukhov O.F.,*** *Deputy Head, Doctor of Technical Science. E-mail: o.petuhov@ngmk.uz*
[2]***Nazarov V.F.,*** *First Deputy Director General - Chief Engineer.*
[2]***Karimov A.K.,*** *Head of the Production site.*
[1]***Sharafutdinov U.Z.,*** *Deputy Head of the Innovation Center for the Introduction of New Technologies, Doctor of Technical Sciences.*

[1]***JSC «Navoi Mining and Metallurgical Company», Navoi, Uzbekistan.***
[2]***SE «Navoiyuran», Navoi, Uzbekistan.***

It has been established that the concentration of dissolved oxygen and concentration of carbonate-bicarbonates in the solution have a decisive influence on the uranium leaching rate. Based on the physical and chemical principles of uranium leaching, NMMC specialists have developed a number of technological methods and devices aimed at improving and cutting the cost of the in-situ leaching process.

Keywords*: uranium, in-situ leaching, oxygen, air, carbonates, bicarbonates, concentration, technology, devices.*

Bibliographic list:

1. Petukhov O.F., Istomin V.P., Rudnev S.V., Khasanov A.S. Uranium. – Tashkent: TURON ZAMIN-ZIYO, 2015, pp. 248-273.

2. Petukhov O.F., Sanakulov K.S., Khasanov A.S. Mustakimov O.M. Oxidation-reduction processes in metallurgy. – Tashkent: Istiklol Nuri, 2013, pp. 34-36.

3. Rafalsky R.P. Hydrothermal formations and processes of mineral formation. – M.: Atomizdat, 1973, pp. 59-66, 274.

4. Zelikman A.N., Voldman G.M., Belyavskaya L.V. Theory of hydrometallurgical processes. – M.: – Metallurgy, 1975. – 107 p.

5. Skripko S.V., Petukhov O.F., Istomin V.P., Orekhov V.V. Experimental work on the in-situ leaching of uranium using sodium hypochlorite as an oxidizing agent // Gornyy vestnik Uzbekistana. – Navoi, 2010. – No. 1, pp. 37-41.

6. Sanakulov K.S., Kurbanov M.A. The value of the compressed air injection method for the intensification of the in-situ leaching process // Gornyy vestnik Uzbekistana, – Navoi, 2019. – No. 3, pp. 18-20.

7. Istomin V.P., Skripko S.V. Intensification of development of the Lyavlyakan deposit // Gornyy zhurnal, 2003. – No. 8, pp. 52-54.

8. Sanakulov K.S., Ruziev O.B., Petukhov O.F., Ruziev B.T., Nazarov V.F., Kurbanov M.A. The use of ejection when supplying gaseous oxidants to the leaching solution at in-situ leaching // Abstracts of the XXIV International Scientific and Practical Conference «Innovation -2019». – Tashkent. – 174 p.

УДК: 622.235 (043.3)

DOI:10.54073/GV.2022.2.89.005

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОГЕЛЕВОЙ ЗАБОЙКИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕОБХОДИМОГО КАЧЕСТВА ВЗОРВАННОЙ ГОРНОЙ МАССЫ




Махмудов Д.Р.,
заведующий кафедрой
«Геотехнология угольных
и пластовых месторождений»
ТГТУ им. И. Каримова, PhD

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

Исраилов М.А.,
доцент кафедры «Горное дело»
ТГТУ им. И. Каримова, PhD

Кудратов И.А.,
докторант кафедры «Горное дело»
ТГТУ им. И. Каримова

Tog' jinslarini karerlarda maydalashni yaxshilash uchun portlovchi quduq zaryadlarining gidrogel poyasidan foydalanish tavsiya etiladi, bunda portlash davomiyligi tufayli tosh massasini maydalash yaxshilanadi. O'tkazilgan tadqiqotning maqsadi, portlatilgan massaning kerakli sifatini ta'minlash uchun portlovchi texnologiyalardan foydalanish samaradorligini oshirish. Ishda mahalliy va xorijlik olimlar tajribasini o‘rganish, shuningdek, analitik va eksperimental tadqiqotlar o‘tkazish natijasida gidrogel stend yordamida quduq portlovchi zaryadining portlash impulsi aniqlandi. Kompleks tadqiqot usullari, jumladan, nazariy umumlashtirish va to'liq hajmdagi va ishlab chiqarish sharoitida eksperimental tadqiqotlar qo'llanildi.

Tayansh iboralar: *quduq, portlovchi zaryad, to'siq, burg'ulash va portlatish, gidrogel stendlari, tog' jinslarining sinish hajmi, eng kam qarshilikning haqiqiy chizig'i, burg'ulash va portlatish parametrlari.*

Для улучшения дробления горных пород на карьерах рекомендуется применение гидрогелевой забойки скважинных зарядов ВВ, при котором благодаря продолжительности действия взрыва улучшается дробление массива горных пород. Целью проведенных исследований является повышение эффективности использования взрывных технологий для обеспечения необходимого качества взорванной массы. В работе путем изучения опыта отечественных и зарубежных ученых, а также проведения аналитических и экспериментальных исследований определен импульс детонации скважинного заряда ВВ при использовании гидрогелевой забойки. Использованы комплексные методы исследований, включающие теоретические обобщения и экспериментальные исследования в натурных и промышленных условиях.

Ключевые слова: *скважина, заряд взрывчатых веществ, уступ, буровзрывные работы, гидрогелевая забойка, объём развала горных пород, фактическая линия наименьшего сопротивления, параметры буровзрывных работ.*

Процесс разрушения при заданных параметрах поля напряжений определяется физико-механическими и структурными свойствами пород. Основные закономерности процесса разрушения с позиций статистической теории заключаются в том, что при дроблении наблюдается рост и слияние трещин, имеющихся в породе. Величины, характеризующие способность трещин к росту, называются параметрами трещин, число которых определяет поведение трещины во время приложения нагрузки. Значения параметров при переходе от одной трещины к другой меняются дискретным образом, но их совокупность образует непрерывную систему и параметры отдельной трещины могут принимать любое значение.

В основу разработки методов управления дроблением горных пород взрывом, расчета их параметров и эффективного использования положены физические основы действия взрыва на среду. Экспериментальные исследования действия взрыва на среду позволили по-новому взглянуть на современные методы управления взрывом на карьерах, выдвинуть новые предложения о дифференцированном перебуре скважин, величине забойки, обосновать более реальные и экономичные параметры буровзрывных работ.

Экспериментальные натурные исследования создают благоприятные условия для оценки результатов моделирования, которые обеспечивают более высокую информативность при проектировании буровзрывных работ.

Задачей натурных исследований является проверка закономерностей, установленных теоретическим обоснованием по изменению параметров зоны разрушения массива при взрывании одиночных скважинных зарядов с гидрогелевой забойкой в сравнении с обычной. Наиболее приемлемым для проведения натурных экспериментов послужили карьеры стройматериалов. В условиях карьера известняка можно оценить качественный характер взаимодействия продуктов детонации заряда, горного массива и гидрогелевой забойки при взрывном разрушении горных пород, отличающихся структурно-прочностными свойствами.

Необходимым условием для объективной сопоставимости результатов экспериментов является оценка структурно-прочностных свойств массива, в том числе крепость и средний диаметр естественной отдельности.

В соответствии с энергетической теорией разрушения горных пород, энергия взрыва передается среде мгновенно в результате ударного действия продуктов детонации, и среда разрушается главным образом, под действием волны сжатия. Мгновенная детонация заряда вызывает в горной породе концентрически распространяющиеся волны сжатия и растяжения. При взрыве, основную роль в разрушении скальных пород играет на первом этапе разрушения ударная волна, затем волна напряжений, а вспомогательную роль, та часть энергии продуктов взрыва, которая не перешла в ударную волну разрушения и зависит от акустической жесткости породы. Механизм разрушения горных пород также зависит от отношения величины линии сопротивления по подошве к диаметру заряда. При ведении взрывных работ, когда напряжения растяжения, возникающие при интерференции падающей волны и волны, отраженной от обнаженной поверхности превышают предельные значения, происходит разрушение среды отколом [1-4].

Большое распространение среди исследователей получили зонные модели разрушения, когда вся среда условно разбивается на отдельные зоны и поведение материала внутри этих зон описывается различными уравнениями в зависимости от характера разрушения. Теоретическая схема действия взрыва в твердой среде в квазистатическом приближении предполагает, что на заключительной стадии расширения взрывной полости прочностные свойства среды играют решающую роль, давление газов внутри полости уравновешивается напряжениями на ее границе.

Рассмотрим действие скважинного заряда по первому ряду на массив горных пород. Скважинный заряд на уступе при наклонном откосе встречает неравномерное сопротивление среды. Процесс взрыва, по своей природе развития и воздействия на окружающую среду характеризуется неравномерной отдачей энергии. Возбуждаемые взрывом волны в породе, имеют очень высокое давление на первоначальном фронте волны и быстро затухают по мере распространения в массиве. Энергия взрыва непроизводительно расходуется на пластические деформации и на переизмельчение среды вблизи очага взрыва, что приводит к соответственному снижению части энергии, затрачиваемой на полезную работу.

Процесс разрушения горных пород определяется системой, состоящей из заряда взрывчатого вещества и окружающей твердой среды. Высокое давление газов, образующихся при взрыве в зарядной камере, действуя на ее стенки, вызывает их смещение и деформацию, которая распространяется в виде волны со скоростью, определяемой физико-механическими свойствами среды. В области, охваченной действием волны, среда находится в напряженном состоянии [5].

При взрывном нагружении, частицы среды вовлекаются в движение, а зона их охвата увеличивается с распространением фронта возмущений. Если относительное смещение частиц превышает критическое, то среда, непосредственно прилегающая к заряду взрывчатого вещества, разрушается на отдельности под действием сжимающих усилий в условиях всестороннего сжатия. На незначительно удаленных расстояниях среда разрушается также в условиях всестороннего сжатия в следствии тангенциальных напряжений [6]. В этих зонах появляются радиальные трещины с распространением от заряда (*рис. 1*).

Автор работы [7] предлагает для инженерного расчета определять радиус зоны интенсивного дробления и разупрочнения по следующей формуле:

$$R_s = \left\{ \frac{200_{\alpha\beta\rho}{}^{A}}{\sqrt{\pi g k_c B_1 r_з}} r_0^{1/2} \left[1 - e^{-\sqrt{ct_{\alpha / r_0}}} \right] \right\} 1/n, \qquad (1)$$

где R_s – радиус зоны интенсивного дробления и разупрочнения пород, *м*;

c – скорость звука, *м/с*;

$\alpha < 1$ – отношения максимальных растягивающих напряжений к сжимающим;

ρ – плотность породы, *г/см³*;

K_c – предел прочности породы вблизи дефекта, *Па*;

g – ускорение свободного падения, g = 9,81 *м/с²*;

n – переводной коэффициент, n = 1,85;

A – поправочный коэффициент;

$\beta < 1$ – отношение времени нарастания сжимающих напряжений к времени нарастания растягивающих напряжений;

r_0 – радиус цилиндрического заряда, *м*;

B_1 – константа породы, $B_1 = 8 \cdot 10^{-3}$;

t_a – время начала роста дефекта, *с*;

e – поправочный коэффициент, e = 0,66;

π – отношение длины окружности дефектов к диаметру, π = 3,14;

$r_з$ – радиус от центра заряда до начального дефекта, *м*.

По данным работы [8] размер раздробленных горных пород взрывом скважинных зарядов ВВ прямо пропорционален их диаметру и обратно пропорционален удельному расходу ВВ. Полученные данные показывают, что изменение среднего линейного размера взорванных горных пород в зависимости от диаметра заряда и удельного расхода ВВ характеризуется следующей гиперболической функцией:

$$\frac{d_s}{d_o} = 1 + \frac{0{,}32}{q} - 0{,}04 / q^2, \qquad (2)$$

где d_s – кондиционный размер взорванной горной массы, *м*;

d_o – диаметр скважинного заряда, *мм*;

q – удельный расход ВВ, *кг/м³*.

Результаты исследований поведения забойки при взрыве при сравнении их с исследованиями [9] показывают, что характер движения забоечного материала с изменением масштаба взрыва не изменяется. При расчетах параметров взрывных работ определению рациональной величины забойки уделяется много внимания. Предлагаются различные способы ее определения, основанные на предположении, что время вылета забойки должно быть больше времени, необходимого для разрушения массива горных пород, или больше времени полной детонации заряда. Полагая, что разрушение горного массива осуществляется совместным действием давления газообразных продуктов взрыва и энергией волн напряжений, следует считать оптимальной такую длину забойки, которая запирает газообразные продукты взрыва на время необходимое для разрушения среды.

Критерием оптимальности можно считать соотношение:

$$t_p = t_{cp} + t_д, \qquad (3)$$

где t_p – время разрушения массива без учета сдвижения, *мс*;

t_{cp} – время, в течение которого происходит срез забойки, *мс*;

$t_д$ – время движения забойки в скважине после среза, *мс*.

Время разрушения массива без перемещения может быть определено из выражения:

$$T_p = \frac{2W}{c_p} + \frac{2W}{c_{cp}}, \qquad (4)$$

где W – линия сопротивления по подошве уступа, *м*;

c_p – скорость распространения взрывной волны в массиве, равная в крепких породах 4000-6000 *м/с*;

c_{cp} – средняя скорость распространения трещин, *м/с*;

$$c_{тр} = 0{,}05\ c_p \qquad (5)$$

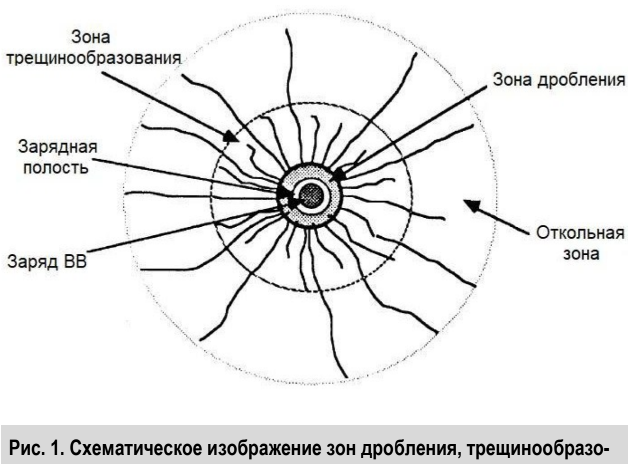


Рис. 1. Схематическое изображение зон дробления, трещинообразования и откола, вызванных взрывом заряда ВВ в породе

Время среза забойки определяется по аналогии с определением временной зависимости прочности материала на разрушение:

$$T = t_0 \varepsilon^{\gamma q}, \qquad (6)$$

где t_0 и γ – коэффициенты, характеризующие прочностные и структурные свойства материала.

Материал забойки при взрыве меняет свою структуру и механические свойства [10, 11]. Сопротивление забойки срезу характеризуется величиной бокового давления, коэффициентом внутреннего трения, прочностью материала забойки, ее гранулометрическим составом, диаметром скважины и другими параметрами. На основании теории размерностей и качественного анализа влияния перечисленных факторов получено соотношение:

$$T_{\text{ср}} = k \frac{\mu f_{\text{тр}} \frac{P_0}{P_a}}{1-\mu} \frac{V}{d^3} e^{-\beta \frac{P_0}{[\delta R]}}, \qquad (7)$$

где k – размерный коэффициент, равный, 1 *с*;

μ – коэффициент Пуассона материала забойки;

$f_{\text{тр}}$ – коэффициент внутреннего трения материала забойки;

P_o – среднее давление продуктов детонации в зарядной камере, *кгс/см²*;

P_a – атмосферное давление, *кгс/см²*;

V – средний объем частицы материала забойки, *см³*;

d – диаметр скважины, *см*;

β – расчетно-экспериментальный коэффициент, учитывающий пластические деформации и характер распределения давления в материале забойки по длине. Величина коэффициента β зависит от диаметра скважины и равна 0,03-0,06;

$[\sigma_k]$ – прочность крупнозернистой частицы материала забойки на срез.

Среднее давление продуктов детонации в зарядной камере рекомендуется определять по формуле:

$$P_0 = \frac{1}{8} \rho_{вв} D^2, \qquad (8)$$

где $\rho_{вв}$ – плотность ВВ, *кг/м³*;

D – скорость детонации, *м/с*.

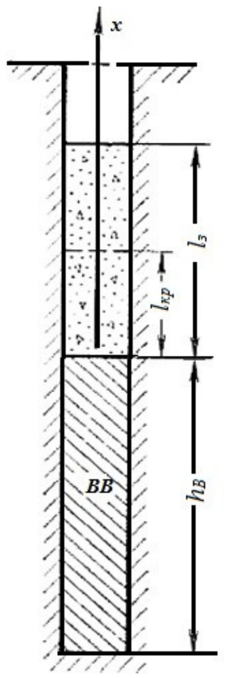


Рис. 2. Схема к расчету импульса давления

Время вылета забойки после среза рассматривается без учета сил трения:

$$(P_0 l_{вв}) t_в^{\,2} = (l_{заб} \rho_{заб}) \left(l_{скв}^{\,2} - L_{вв}^{\,2} \right) = \left(\frac{P}{g} L_{скв}^{\,2} \right) - \left(\frac{P}{g} L_{вв}^{\,2} \right). \qquad (9)$$

При начальной стадии детонации время и механика вылета забойки выражается формулой:

$$l_{заб}^{\,2} = \left(\frac{P}{g P_0 l_{вв}} L_{скв}^{\,2} \right) - \left(\frac{P}{g P_0 l_{вв}} L_{вв}^{\,2} \right), \qquad (10)$$

где $l_{заб}$ – длина забойки, *м*;

$P_{заб}$ – плотность материала забойки, *кг/м³*;

$l_{вв}$ – высота заряда ВВ в скважине, *м*;

$l_{скв}$ – глубина скважины, *м*.

Анализ полученного соотношения показывает, что длина забойки увеличивается с ростом длины заряда, среднего давления в скважине, величины с.п.п., диаметра скважины и уменьшается с увеличением до определенного предела крупности кусков забоечного материала, его плотности, прочности и коэффициента внутреннего трения.

Изменяя состав забойки можно управлять параметрами взрывного импульса и его временными характеристиками. На основании экспериментальных данных предлагается расчетная схема, позволяющая количественно оценить влияние качества материала забойки на величину удельного импульса давления с учетом сжимаемости различных слоев забойки и сил, обусловленных трением (*рис. 2*).

При аналитическом сравнении эффективности действия различных забоек существенное значение имеет определение удельного импульса давления [12]. Для его вычисления получено уравнение движения забойки с учетом сил инерции и сил сопротивления, обусловленных трением:

$$m(t) \frac{dV}{dt} = P(t) S - F(t). \qquad (11)$$

Ввиду того что различные слои забойки вдоль ее оси движутся неравномерно, т.е. $dV/dx \neq 0$, забойку делим на две части: $l_{кр}$ и $l_{заб} - l_{кр}$.

Рассматривая движение каждой из этих частей в отдельности, усредняем значение скоростей вдоль их длины. Таким образом, для каждой рассматриваемой части оказывается справедливым равенство $dv/dx=0$. Временем распространения возмущений вдоль длины забойки пренебрегаем ввиду его малой величины. Характер изменения во времени массовых скоростей в рассматриваемых зонах также различен [10].

Решив вышеприведенное уравнение, получим:

$$P(t) \frac{1}{S} \left[m_1(t) \frac{dv}{dt} dt + m_2(t) \frac{dV_{кр}}{dt} dt + F_1(t) dt + F_2(t) dt \right]. \qquad (12)$$

где $P(t)$ – давление в зарядной полости, *кгс/см²*;

S – площадь поперечного сечения забойки, *см²*;

$m_1(t)$ и $m_2(t)$ – переменная масса, соответственно, верхней и нижней частей забойки, *кг*;

v и $v_{кр}$ – скорости, соответственно, верхних частей забойки, *м/с*;

$F_1(t)$ и $F_2(t)$ – силы сопротивления, возникающие при движении, соответственно, верхней и нижней частей забойки, *кгс*.

Так как в исследованиях рассматривается гидрогелевая забойка на основе 95% воды и 5% бентонитового порошка, разделить забойку на две части не имеет смысла (вода – одна целая вязкая среда). Исходя из этого, получаем

$$P(t) \frac{1}{S} \left[\mu \, m_{заб}(t) \frac{dv}{dt} dt + F(t) dt \right], \qquad (13)$$

где μ – сопротивление трения воды с твердым телом.

Тогда удельный импульс давления:

$$J = \int_o^t p(t) dt = \frac{1}{S} \int_o^{t1} \mu \, m_{заб}(t) \frac{dv}{dt} dt + \frac{1}{S} \int_o^{t1} F_1(t) dt, \qquad (14)$$

где t_1 – время вылета забойки, *мс*.

Рис. 3. Экспериментальный участок карьера «Восточный»

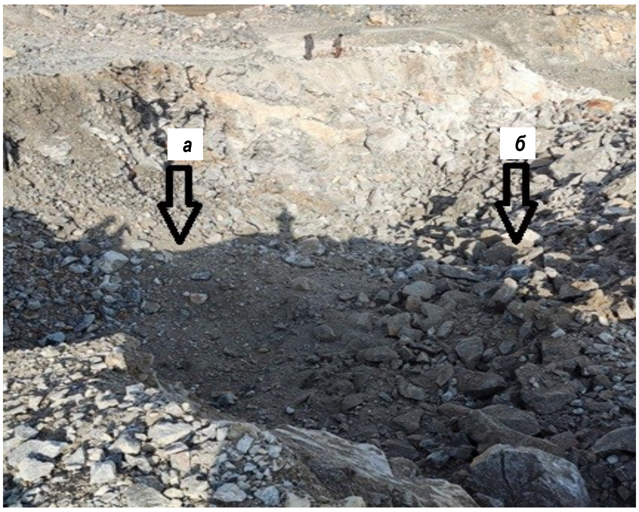


Рис. 4. Результаты экспериментального взрыва на карьере «Восточный»: *а* – с использованием гидрогелевой забойки; *б* – забойка с использованием буровой мелочи

На основе полученных теоретических предпосылок проведены экспериментальные исследования с гидрогелевой забойкой на карьере «Восточный» цементного завода «Хуаксинцемент» в Джизакской области. Экспериментальный участок был обурен пятью скважинами диаметром 110 *мм* и глубиной 13 *м*. Скважины располагались в конце взрываемого блока, чтобы была возможность отличить качество дробления (*рис. 3*).

Скважины сухие, ВВ – рассыпной игданит. Масса заряда каждой скважины составляла 72 *кг*, длина заряда – 8,5-9 *м*, длина забойки во всех скважинах – 4 *м*.

Проведенные опытно-промышленные взрывы по рекомендуемой технологии оценивались путем сравнения с результатами контрольных взрывов, осуществляемых по традиционной технологии для данного карьера.

Оценка результатов качества взрыва проводилась по гранулометрическому составу взорванной горной массы. Средний размер куска определялся фотопланиметрическим методом с использованием масштабной ленты (*рис. 4*).

Таким образом, в результате проведенных экспериментов установлено, что гидрогелевая забойка на основе воды оказывает сопротивление за счет вязкости и трения. Величину забойки из такого материала можно уменьшить, не снижая эффекта взрыва, что позволит в большей степени рассредоточить заряд.

Библиографический список:

1. Покровский Г.И., Черниговский А.А. Расчет зарядов при массовых взрывах на выброс. – М.: Госгортехиздат, 1963. – 86 с.

2. Мельников Н.В., Л.Н. Марченко. Энергия взрыва и конструкция заряда. – М.: Недра, 1964. – 132 с.

3. Ханукаев А.Н. Физические процессы при отбойке горных пород взрывом. – М.: Недра, 1974. – 224 с.

4. Демидюк Г.П. Роль и эффективность забойки в горных взрывных работах // Материалы совещания. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1964. – 20 с.

5. Друкованый М.Ф. Управление действием взрыва скважинных зарядов на карьерах. – М.: Недра, 1980. – 23 с.

6. Лещинский А.В. Забойка взрывных скважин на карьерах. – Хабаровск: изд-во Тихоокеан. гос. университета, 2008. – 224 с.

7. Бибик И.П., Гончаров В.В., Шеметов В.П., Косенко В.И., Лашко В.Т. Оптимизация параметров БВР за счет использования в забойке заряда ассиметричного действия // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2001. – №2. – С. 47-49.

8. Сытенков В.Н. Управление пылегазовым режимом глубоких карьеров. – М.: ООО «Геоинформцентр», 2003. – 288 с.

9. Миндели Э.О. Забойка шпуров. – М.: Недра, 1967. – 152 с.

10. Кучерявый Ф.И. Короткозамедленное взрывание на карьерах. – М.: Госгортехиздат, 1962. – 267 с.

11. Zairov Sh.Sh., Makhmudov D.R., Urinov Sh.R. Theoretical and experimental research of explosive rupture of rocks with muck piles of different geometry. Горный Журнал. – Москва: Издательский дом «Руда и металлы», 2018. – №. 9. – С. 46.

12. Махмудов Д.Р. и др. Применение гидрогелевой забойки на карьерах стройматериалов // Central Asian Journal Of Theoretical & Applied Sciences. 2022. – 3 p.

УДК 622.235
DOI:10.54073/GV.2022.2.89.006

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ СПОСОБОВ ВЫЕМЧНО-ПОГРУЗОЧНЫХ РАБОТ ПРИ ОТРАБОТКЕ ЗАПАСОВ МЕЛКОМАСШТАБНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



Жабборов О.И.,
главный инженер проекта
ЦПБ АО «НГМК»

Куролов А.А.,
начальник ЦПБ АО «НГМК», к.т.н.

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

Ishda kichik masshtabli konlarni qazib olishda pog'onaning optimal balandligini aniqlash, oltin tarkibli rudalarni to'laligicha qazib olish ko'rsatkishlarini oshirish va tavsiya etiladigan qazish-yuklash uskunalari turlari bo'yicha izlanishlar olib borilgan. Har xil qalinlikdagi ruda tanalarining pog'ona balandligiga bog'liq ravishda ruda yo'qotilishi va sifatsizlanishi, rudadagi oltin tarkibining o'zgarishi belgilandi.

Tayanch iboralar: *pog'ona, nimpog'ona, ruda yo'qotilishi, ruda sifatsizlanishi, ruda tanasining quvvati, ruda zaxirasi, rudadagi oltin tarkibi, qazib olinish to'laligi, ekskavator, frontal yuklagich.*

Проведены исследования по определению оптимальной высоты уступа, даны рекомендации по повышению полноты извлечения золотосодержащей руды и рекомендуемого выемочно-погрузочного оборудования для мелкомасштабных месторождений. Установлено изменение значений потерь и разубоживания руды, а также, содержания золота в руде в зависимости от высоты уступа для различных мощностей рудных тел.

Ключевые слова: *уступ, подуступ, потери руды, разубоживание, мощность рудного тела, запасы руды, содержание золота в руде, полнота извлечения, экскаватор, фронтальный погрузчик.*

При разработке золоторудных месторождений с применением традиционных способов, высота уступа 10-15 *м* является наиболее часто применяемой в горной практике, при этом достигаются экономически обоснованные значения потерь и разубоживания, а также, содержание золота в добытой руде. При использовании данной системы разработки обеспечивается достаточно высокая производительность горнотранспортного оборудования. А при разработке мелкомасштабных месторождений ситуация изменится в корне. При отработке маломощных рудных тел содержание металла в руде, добытой традиционной высотой уступа 5-10 *м* может быть настолько низким, что переработка руды окажется нерентабельной, и соответственно, она будет вывезена в отвал забалансовых руд или пустых пород. В таких случаях, необходимо рассматривать возможность выемки руд и пород с внесением соответствующих изменений в параметры системы разработки, а точнее в высоту уступа.

Высокие значения потерь влияют на увеличение доли погашаемых основных средств, в затратах, на добычу полезных ископаемых, а разубоживание руды влияет на ее ценность, показатели извлечения металлов при обогащении и в конечном счете на себестоимость конечной продукции. Одним из важнейших путей повышения эффективности использования недр при разработке мелкомасштабных месторождений является снижение экономически неоправданных потерь и разубоживания руды при добыче.

Одним из основных элементов системы разработки является уступ. Высота уступа, в свою очередь, важный параметр, который влияет на качественные и количественные показатели добычи полезного ископаемого.

В практике проектирования, строительства и эксплуатации карьеров всегда приходится определять высоту уступов в соответствии с конкретными горно-геологическими условиями, горнотехническими возможностями и рядом других факторов, требующих учета для определения этого важного параметра.

При проектировании, к таким факторам следует отнести:

– размер производительности по полезному ископаемому и продолжительность стабильного периода на этом уровне: сроки достижения выбранной или заданной производительности при минимальных сроках строительства и объемах горно-капитальных работ;

– наивыгоднейшее для этой производительности календарное распределение объемов работ по горной массе;

– минимальные затраты по сумме основных процессов на выемку 1 $м^3$ горной массы; технологическое оборудование, отвечающее данным условиям и производительности;

– сортность и качество добываемого полезного ископаемого и так далее.

Иными словами, весь основной круг вопросов, связанных с проектированием карьера, необходимо решать в увязке с определением оптимальной величины высоты уступа.

Проблема оптимизации параметров и конструкций бортов карьеров неразрывно связана с возможностью радикального сокращения затрат на эксплуатацию месторождения в целом, за счёт снижения объёмов вскрышных работ, либо роста доли отработки запасов месторождения эффективным открытым способом, при экономически целесообразном коэффициенте вскрыши. В настоящее время, существующие нормативные документы и принятые методы оценки устойчивости откосов уступов и бортов карьеров базируются, главным образом, на положениях механики грунтов и в своё время были разработаны, в основном, для относительно неглубоких карьеров в условиях массивов, представленных рыхлыми или непрочными осадочными породами. Распространение этих методов на скальные породы сопровождается излишним запасом в расчётах конструкции бортов и уступов. Указания по выбору высоты уступа не приводятся ни в нормах, ни в методиках технологического проектирования карьеров.

В результате анализа прошлых исследований, выявлено существование двух направлений при исследовании высоты уступа: первое базируется на учете технических показателей, второе на методе технико-экономического анализа. Высота уступа определяется и обычно назначается постоянной на весь период отработки карьера. Более правильно считать, что высота уступов должна соответствовать условиям разработки карьера в каждый из его периодов работы.

При освоении мелкомасштабных золоторудных месторождений в качестве основного выемочно-погрузочного оборудования на вскрышных и добычных работах применяют электрические и гидравлические экскаваторы прямого, а также обратного ковша малых объемов, а также фронтальные погрузчики. В настоящее время, появляется новая, более производительная и функциональная горнодобывающая техника, для которой отсутствует технико-экономическое обоснование высоты уступов.

Согласно укоренившимся в науке и практике открытых горных работ положениям, комплекс основного горного и транспортного оборудования должен обеспечить планомерную, в соответствии с мощностью грузопотока подготовку пород к выемке, их выемку и погрузку, перемещение, складирование в пределах каждой технологической зоны карьера в которой формируется грузопоток. При выборе средств выемки и транспорта следует руководствоваться следующим основным требованиям, предъявляемым к комплексам оборудования:

1. В комплекс оборудования должны входить только машины, паспортные характеристики которых соответствуют горно-технологическим характеристикам пород при выполнении каждого процесса.

2. Комплекс оборудования должен соответствовать принятым системам разработки и вскрытия, размерам и форме карьера, его мощности, сроку строительства и эксплуатации, организационным условиям ведения горных работ.

3. Чем меньшее число действующих машин и механизмов входит в комплекс, тем надежнее, производительнее и экономичнее его работа.

4. Отдельные машины и механизмы комплекса по своим параметрам должны соответствовать друг другу, быть типовыми и серийными, чтобы была возможность их замены.

Кроме этого, отдаленность месторождений от инженерной инфраструктуры, ограниченность запасов руды и малые мощности рудных тел, характеризующее особенности отработки мелкомасштабных месторождений золота, как представляется, также должно учитываться при выборе выемочно-погрузочного оборудования. Исходя из этого, технике и технологии предъявляются следующие дополнительные требования:

– оборудование должно быть мобильным, не требующее строительства отдельных подъездных путей;

– отсутствие необходимости прокладки инженерных коммуникаций (ЛЭП, линии технической воды, газопровода и др.);

– технические характеристики выбранного оборудования должны позволять использовать их на склонах гористой местности;

– возможность использования транспортного оборудования в комплекте с другим погрузочным оборудованием (например, использование фронтальных погрузчиков на карьере);

– обеспечить максимальное извлечение руды с сохранением ее природного качества.

В современных нормативных источниках, практически отсутствуют методические положения и рекомендации по выбору высоты уступа и выемочно-погрузочного оборудования при разработке маломощных рудных тел мелкомасштабных месторождений. На многих мелкомасштабных месторождениях с примерно одинаковыми горно-геологическими и горнотехническими условиями потери отличаются в 2-3 раза, и наоборот, на месторождениях с неодинаковыми горно-геологическими условиями и различной ценностью

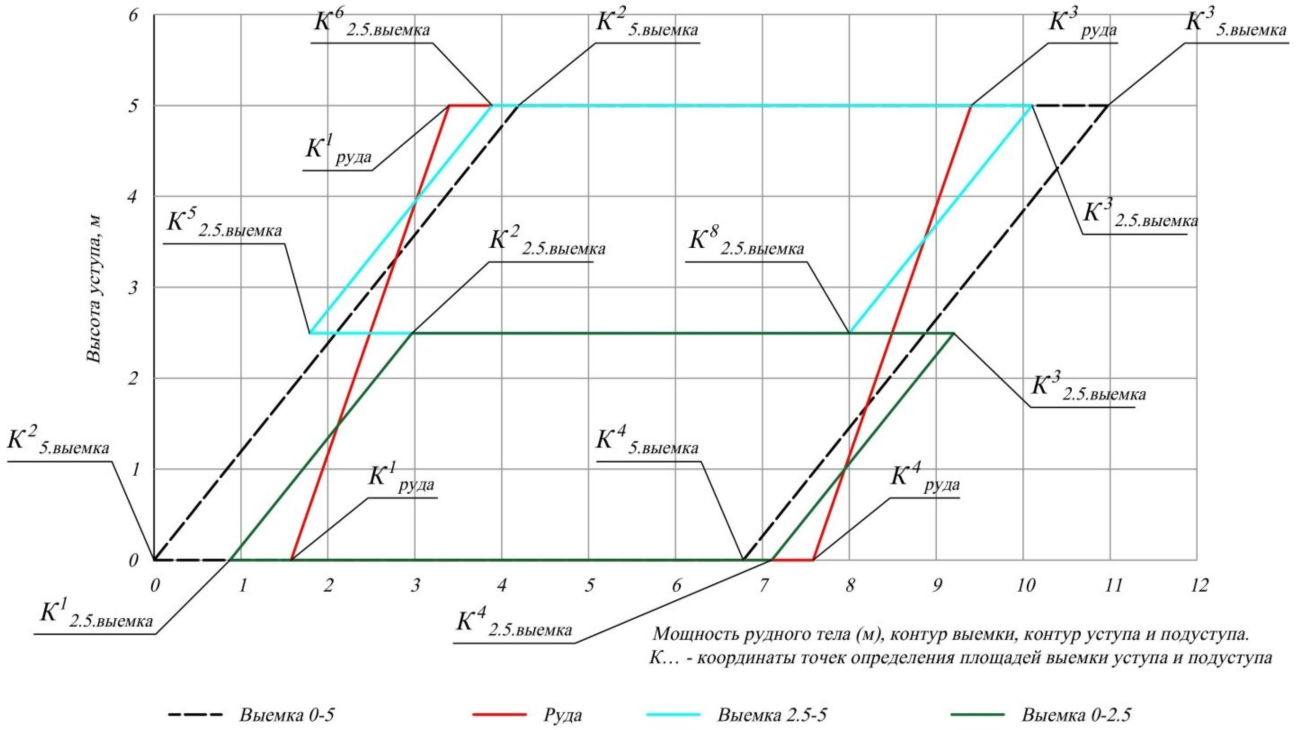


Рис. 1. Принципиальная схема определения потерь и разубоживания руды

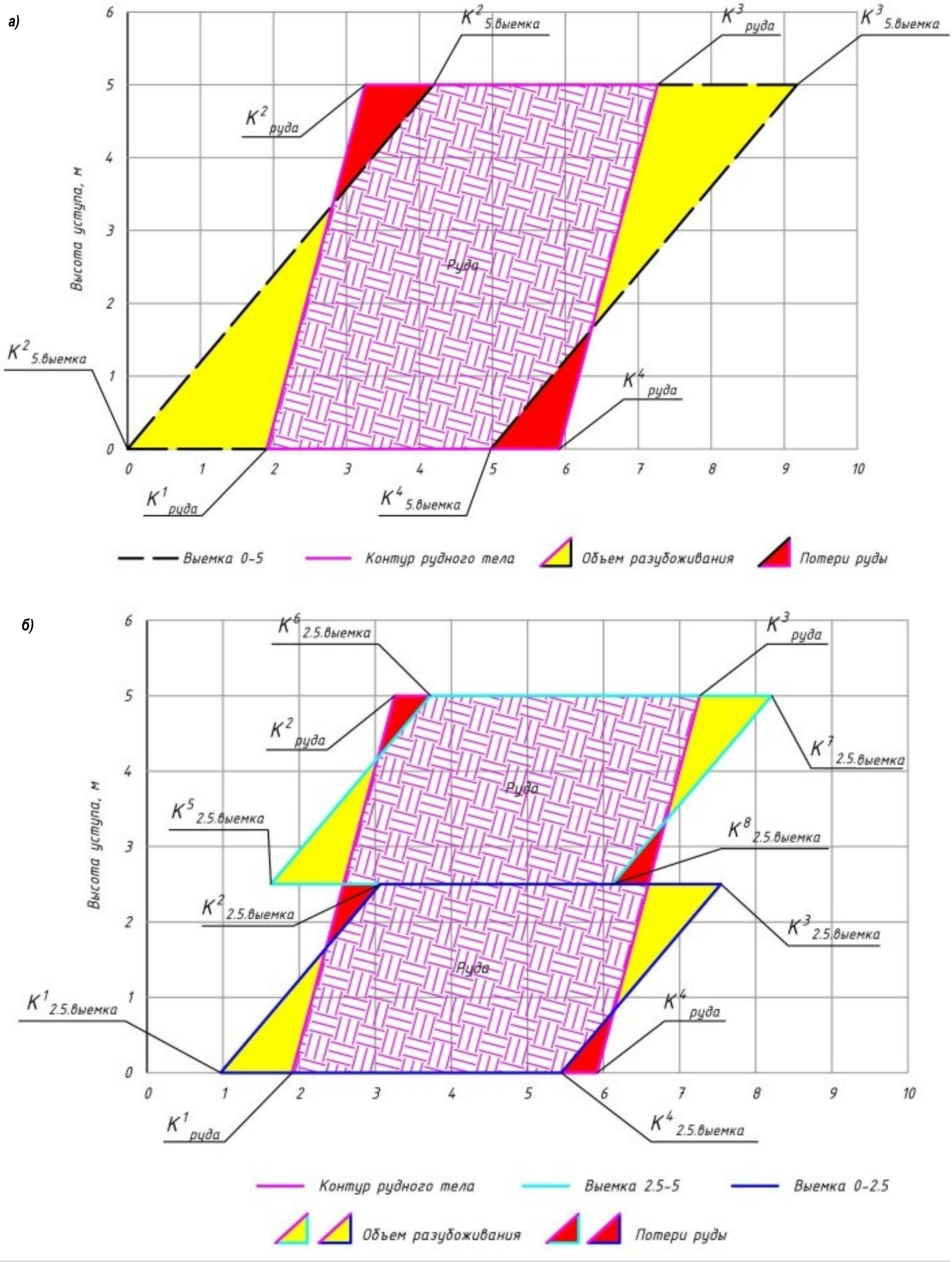


Рис. 2. Схематическое сравнение площадей потерь и разубоживания руды при высоте добычного уступа 5 *м* (а) и 2,5 *м* (б) при мощности рудного тела 4 *м*

руд они практически одни и те же. Одна из причин такого положения заключается в применении одинаковых параметров системы разработки и высоты уступа без учета конкретных условий залегания рудных тел, их строения и соотношения ценности добываемого полезного ископаемого к затратам на добычу и переработку руды.

На наш взгляд оптимальные показатели потерь и разубоживания руды, максимальное сохранение исходного содержания металла в добытой руде достигаются путем уменьшения высоты добычного уступа при отработке рудных тел малой мощности.

Таблица 1

Сравнение производительности гидравлического экскаватора и фронтального погрузчика с объемом ковша 6 $м^3$ при изменении высоты уступа

№ п/п	Наименование	Высота уступа, *м*									
		10	9	8	7	6	5	4	3	2,5	2
1.	Годовая производительность ЭГ с Vк = 6 $м^3$, тыс. $м^3/год$	1533	1497	1453	1401	1337	1257	1153	1013	924	816
2.	Годовая производительность ФРП с Vк = 6 $м^3$, тыс. $м^3/год$	1351	1326	1298	1267	1230	1188	1137	1071	1031	982

Определение оптимальной высоты добычного уступа предлагается определить по предлагаемой графоаналитической модели, разработанной в программе Microsoft Office Excel. Принципиальная схема определения потерь и разубоживания руды в приконтактных зонах и принципиальная схема для рудного тела мощностью 6 м, при отработке рудного блока уступом высотой 5 *м*, а также двумя 2,5 *м* подуступами приведена на *рис. 1.*

В настоящей работе исследованы значения потерь и разубоживания руды на основе вышеуказанной методологии для рудных тел мощностью 2, 4 *м* и 8 *м* без изменения балансовых запасов руды и металла. При этом высота уступа изменяется в диапазоне: 6; 5; 4; 3; 2,5 и 2 *м*.

Разработанная модель позволяет одновременно определять значения потерь и разубоживания в приконтактных зонах, как для уступа, так и для подуступа. Основой выполнения всех приводимых расчетных данных является методика определения показателей потерь и разубоживания для условий мелкомасштабных золоторудных месторождений, разработанная доцентом А.Б. Тухташевым и О.И. Жабборовым, согласованным с региональной инспекцией по контролю за горно-геологической деятельностью «Самарканд-Бухара» Государственного комитета Республики Узбекистан по геологии и минеральным ресурсам.

В расчетах параметры потери и разубоживания определяются в зависимости от влияющих факторов в виде функции:

$$K_п\ (K_р) = f\ (Э,\ h_у,\ m,\ \alpha,\ \beta,\ \Delta) \quad (1)$$

где Э – паспортные характеристики экскаватора;

$h_у$ – высота уступа, м;

m – средняя мощность рудного тела, м;

α – угол падения рудных тел, град.;

β – угол откоса экскаваторного забоя, град.;

Δ – мощность прихвата, м.

Для упрощения задачи в расчетах условно принимается следующие исходные параметры:

– плотность руды, ρ = 2,6 *т/м³*;

– угол падения рудного тела, α = 75°;

– высота уступа $h_у$ = 6 *м* (а также 5, 4, 3, 2,5 и 2 *м*);

– угол падения откоса экскаваторного забоя (условная), β = 50°;

– мощность рудного тела m = 2, 4 *м* и 8 *м*;

– запасы руды, *Б* = 2 500 тыс. *т*;

– запасы металла, $М_{геол}$ = 4 000 *кг*;

– среднее содержание металла в руде, *С* = 1,6 *г/т*.

По вышеприведенным исходным параметрам с применением предлагаемой модели, выполнен расчет для каждой рассматриваемой высоты уступа и получены графоаналитические данные при мощности рудного тела 2, 4 *м* и 8 *м*.

На *рис. 2* приведено схематическое сравнение площадей потерь и разубоживания руды при высоте добычного уступа 5 и 2,5 *м* мощностью рудного тела 4 *м*.

Как видно из выше изложенного, с уменьшением высоты уступа с 5 *м* до 2,5 *м* уменьшаются площади потерь и разубоживания, которые в итоге составляют основу величин потерь и разубоживания.

В целях обоснования выбора рационального типа выемочно-погрузочного оборудования для отработки мелкомасштабных золоторудных месторождений произведены расчеты и сравнение производительности одноковшового гидравлического экскаватора и фронтального погрузчика с разными показателями высоты уступа (*табл. 1*).

На основе полученных расчетных данных построена зависимость годовой производительности гидравлического экскаватора и фронтального погрузчика с объемом ковша 6 *м³* в различных условиях эксплуатации при изменении высоты уступа от 2 до 10 *м* (*рис. 3*).

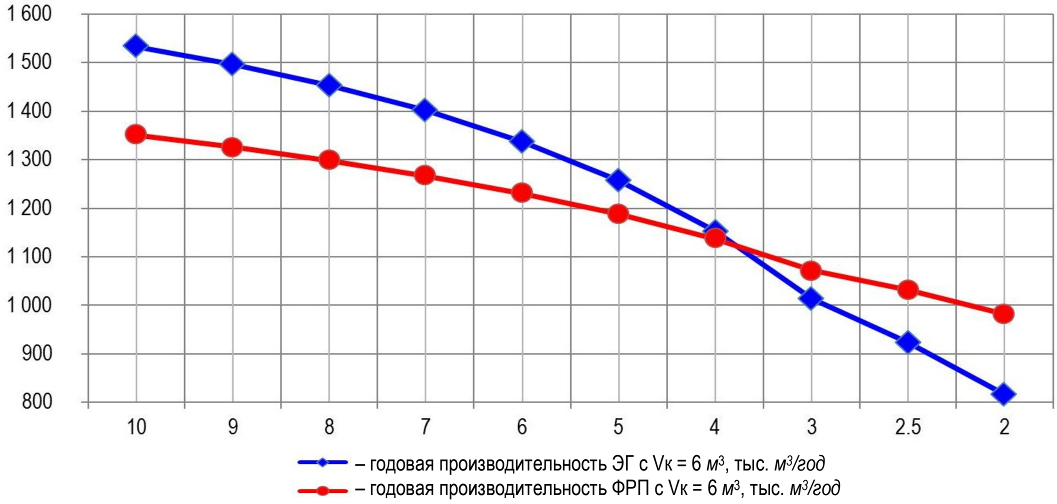


Рис. 3. Изменение производительности гидравлического экскаватора и фронтального погрузчика с объемом ковша 6 *м³* при изменении высоты уступа с 2 *м* до 10 *м*

Результаты исследований.

Выполнив расчеты по разработанному алгоритму, получаем соответствующие значения потерь, разубоживания и эксплуатационные параметры руды для условно принятых исходных параметров, которые приведены в *табл. 2-4*.

На основе полученных расчетных данных построена зависимость изменения показателей потерь и разубоживания руды при мощности рудного тела *m* = 2 *м*, *m* = 4 *м* и *m* = 8 *м* (*рис. 4*).

Как видно из *табл. 2-4*, а также *рис. 4* с уменьшением высоты добычного уступа достигаются следующие положительные результаты:

1. Уменьшение значений потерь руды почти в три раза.

2. При традиционном способе отработки рудного тела мощностью *m* = 2 *м,* высотой добычного уступа h_y = 5,0 *м* эксплуатационный металл получается *Мэ* = 3 376,0 *кг*, со средним содержанием металла в руде – 0,91 *г/т*, а при высоте уступа h_y = 2,0 *м* составляет *Мэ* = 3 748,0 *кг* металла со средним содержанием металла в руде 1,26 *г/т,* тем самым, руда становится рентабельной для переработки на гидрометаллургических заводах с бортовым содержанием 1 *г/т* и ниже, или на участках кучного выщелачивания.

3. Уменьшение объема перерабатываемой руды составляет 731,77 тыс. *т*, увеличение количества добытого золота на 372 *кг*.

Уменьшение высоты уступа имеет не только положительные показатели, но и некоторые недостатки:

1. Снижение производительности горнотранспортного комплекса, задействованного на рудном уступе.

2. Незначительно увеличатся объемы вспомогательных работ по проходке разрезных траншей и снизится темп углубки карьера.

3. Уменьшение высоты уступа до 2,5-3,0 *м* и ниже требует применения специального выемочно-погрузочного оборудования, либо изменения технологических схем отработки рудных блоков.

4. На основе полученных расчетных данных построена зависимость годовой производительности гидравлического экскаватора и фронтального погрузчика с объемом ковша 6 *м³,* рекомендуется использовать фронтальные погрузчики в условиях отработки уступов (подуступов) при высоте ниже 4 *м*.

На основании проведённых работ сделаны следующие выводы:

1. Выбор рациональной высоты уступа для отработки мелкомасштабных золоторудных месторождений имеет актуальную научную и практичную значимость для горной промышленности и требует дальнейшего детального изучения.

2. Для снижения показателей потерь и разубоживания на стадиях предпроектных и проектных работ для каждого мелкомасштабного месторождения, необходимо выбрать оптимальную высоту добычного уступа в зависимости от мощности рудного тела и содержания металла в руде, а также, рассматривать варианты селективной выемки рудных тел малой мощности с внесением соответствующих изменений в высоту уступа и рассматривать различные варианты уровня полноты извлечения запасов руды с внесением соответствующих изменений в высоту уступа.

3. Выемочно-погрузочное оборудование необходимо выбирать в зависимости от высоты уступа, соответственно элементы и параметры системы разработки должны быть определены в зависимости от параметров горнотранспортного оборудования.

Таблица 2

Расчетные показатели потерь и разубоживания руды при мощности рудного тела, *m* = 2 *м*

Высота уступа, *м*	Вовлекаемые геологические запасы			Потери, П (%)	Разубоживание, Р (%)	Эксплуатационные запасы		
	запасы руды, тыс. *т*	сред. сод., *г/т*	металл, *кг*			запасы руды, тыс. *т*	сред. сод., *г/т*	металл, *кг*
6,0	2 500,0	1,6	4 000,0	18,80	48,60	3 949,42	0,82	3 248,0
5,0				15,60	43,10	3 708,26	0,91	3 376,0
4,0				12,50	36,90	3 466,72	1,01	3 500,0
3,0				9,50	29,60	3 213,78	1,13	3 620,0
2,5				7,90	25,60	3 094,76	1,19	3 684,0
2,0				6,30	21,30	2 976,49	1,26	3 748,0

Таблица 3

Расчетные показатели потерь и разубоживания руды при мощности рудного тела, m = 4 *м*

Высота уступа, *м*	Вовлекаемые геологические запасы			Потери, П *(%)*	Разубоживание, Р *(%)*	Эксплуатационные запасы		
	запасы руды, тыс. *т*	сред. сод., *г/т*	металл, *кг*			запасы руды, тыс. *т*	сред. сод., *г/т*	металл, *кг*
6,0	2 500.0	1,6	4 000,0	9,40	29,70	3 221,91	1,12	3 624,0
5,0				7,80	25,80	3 106,47	1,19	3 688,0
4,0				6,30	21,40	2 980,28	1,26	3 748,0
3,0				4,80	16,70	2 857,14	1,33	3 808,0
2,5				4,00	14,20	2 797,20	1,37	3 840,0
2,0				3,20	11,60	2 737,56	1,41	3 872,0

Таблица 4

Расчетные показатели потерь и разубоживания руды при мощности рудного тела, *m* = 8 *м*

Высота уступа, *м*	Вовлекаемые геологические запасы			Потери, П (%)	Разубоживание, Р *(%)*	Эксплуатационные запасы		
	запасы руды, тыс. *т*	сред. сод., *г/т*	металл, *кг*			запасы руды, тыс. *т*	сред. сод., *г/т*	металл, *кг*
6,0	2 500,0	1,6	4 000,0	4,70	16,80	2 863,58	1,33	3 812,0
5,0				3,90	14,30	2 803,38	1,37	3 844,0
4,0				3,10	11,70	2 743,49	1,41	3 876,0
3,0				2,40	8,90	2 678,38	1,46	3 904,0
2,5				2,00	7,50	2 648,65	1,48	3 920,0
2,0				1,60	6,10	2 619,81	1,50	3 936,0

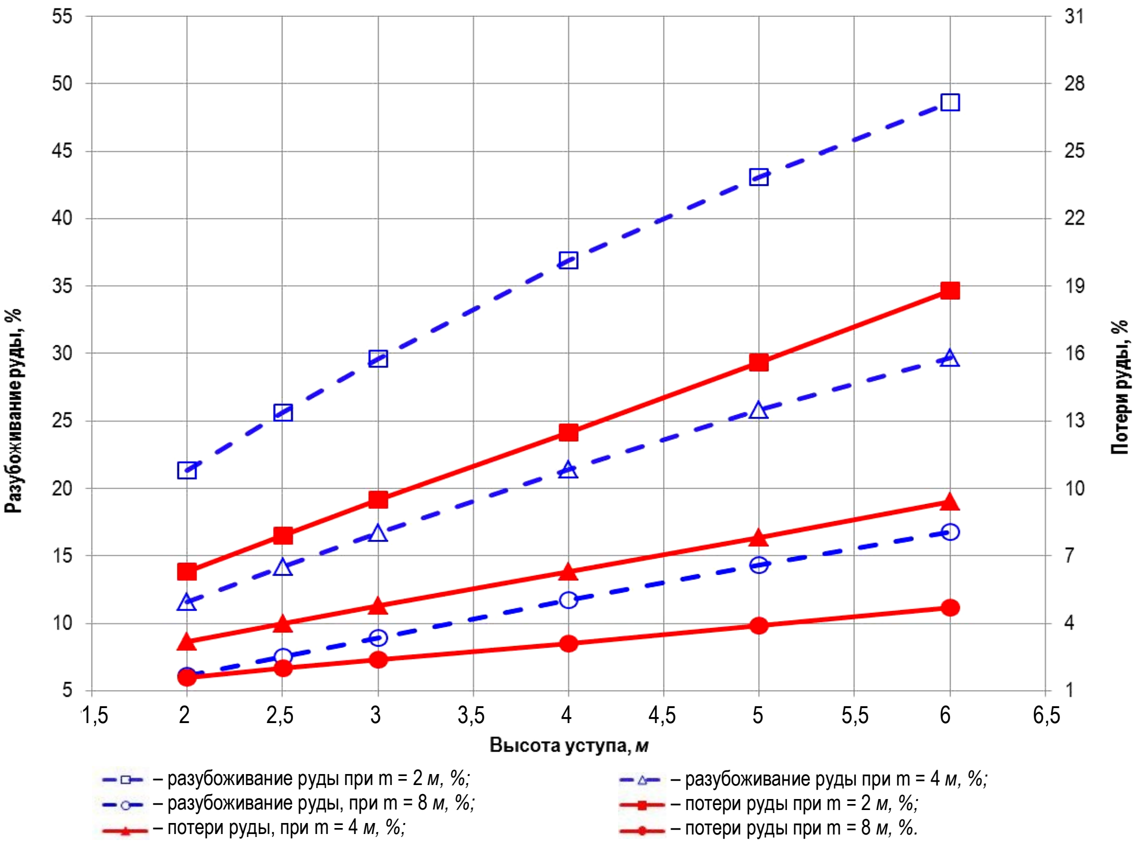


Рис. 4. Изменение производительности гидравлического экскаватора и фронтального погрузчика с объемом ковша 6 *м³* при изменении высоты уступа с 2 *м* до 10 *м*

4. Для отработки рудных тел мощностью 2 *м* высота добычного уступа должна быть 2 *м*, при мощности рудных тел 4 *м* соответственно 3 *м*, при мощности рудных тел 8 *м* высота добычного уступа должна составлять 5 *м*.

5. Из *табл. 1* следует, что при высоте уступа 2 *м* и содержании золота в геологических запасах 1,6 *г/т* содержание в добытой руде составляет 1,26 *г/т*, при этом руда становится рентабельной для дальнейшей переработки на гидрометаллургическом заводе ГМЗ-2 Навоийского ГМК или на участке кучного выщелачивания.

6. Выемочно-погрузочное оборудование необходимо выбирать в зависимости от высоты уступа, соответственно элементы и параметры системы разработки должны быть определены в зависимости от параметров горнотранспортного оборудования.

7. Для отработки рудных тел малой мощности целесообразно снизить высоту добычного уступа от 2 до 4 *м*, отработку же такой выемочной единицы рекомендуется произвести фронтальным погрузчиком.

8. При отработке уступов высотой 4 *м* и выше общепринятая технология выемочно-погрузочных работ с гидравлическими экскаваторами представляется оптимальной.

Библиографический список:

1. Трубецкой К.Н., Краснянский Г.Л., Хронин В.В. Проектирование карьеров. – Том 1. Издательство академии горных наук, 2001. – С. 494-500.
2. Ржевский В.В. Процессы открытых горных работ. – Москва «Недра», 1978. – С. 18-20.
3. Шестаков В.А. Проектирование горных предприятий. Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: МГГУ, 2003. – С. 541-544.
4. Байков Б.Н. Снижение потерь и разубоживание руд на карьерах цветной металлургии. – М.: «Недра», 1977. – С. 12-15.
5. Тухташев А.Б., Жабборов О.И. Методика определения показателей потерь и разубоживания для условий мелкомасштабных золоторудных месторождений. – Навои: «IMPULS-INNOVATSIYA-NAVOIY», 2020. – С. 2-22.

УДК 622.235 (043.3)

DOI:10.54073/GV.2022.2.89.007

АНАЛИЗ СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ПЫЛЕГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ, ВЫДЕЛЯЕМЫХ ПРИ МАССОВЫХ ВЗРЫВАХ НА КАРЬЕРАХ



Норматова М.Ж.,
доцент кафедры
«Горное дело» НГГИ, PhD

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

Фатхиддинов А.У.,
докторант кафедры
«Безопасность жизнедеятельности»
ТГТУ им. И. Каримова

Konlarda sodir bo'lgan ommaviy portlashlar kuchli chang va gaz bulutlarining paydo bo'lishi bilan birga keladi, ular kon atmosferasini va ularga tutash keng hududlarni ifloslantiradi. Chang va gaz buluti portlash joyidan ancha masofaga tarqaladi. Shu bilan birga, chiqarilgan gazlar zararli moddalar – uglerod, oltingugurt, azot oksidlari va boshqalarning yuqori konsentratsiyasi bilan tavsiflanadi.

Maqolada chang-gaz rejimini nazorat qilish muammosining hozirgi holati haqida umumiy ma'lumot berilgan va ochiq konlarda ommaviy portlashlar paytida chang va gaz chiqindilarini bostirish usullari tahlil qilingan.

Tayanch iboralar: *ochiq usulda qazib olish, burg'ulash va portlatish, chang va gaz hosil bo'lishining intensivligi, bo'sh materiallardan kelib chiqadigan chang va gaz chiqindilarini kamaytirish, suyuq stendlash, chang va gazni nazorat qilish, ochiq konlarda ommaviy portlashlar paytida changni bostirish usullari.*

Массовые взрывы, проводимые на карьерах, сопровождаются образованием мощных пылегазовых облаков, которые загрязняют атмосферу карьера и обширные территории, прилегающие к ним. Пылегазовое облако распространяется на значительные расстояния от места взрыва. При этом выделяемые газы характеризуются высокой концентрацией вредных ядовитых веществ – оксидов углерода, серы, азота и др.

В работе дан обзор современного состояния проблемы управления пылегазовым режимом и проведен анализ способов подавления пылегазовых выбросов при массовых взрывах на карьерах.

Ключевые слова: *открытые горные работы, буровзрывные работы, интенсивность пылегазообразования, сокращение пылегазовыделений, забойка из сыпучих материалов, жидкостные забойки, борьба с пылью и газами, способы пылеподавления при массовых взрывах на карьерах.*

На карьерах Республики Узбекистан в большей мере применяются эмульсионные ВВ, от которых важной мерой промышленной санитарии при буровзрывных работах является защита людей и окружающей среды от токсического действия ВВ и продуктов их взрыва.

Контакт с эмульсионными ВВ и их компонентами при отсутствии защитных мер оказывает вредное воздействие на организм человека и окружающую среду.

Основными источниками образования пыли и газов на карьерах являются буровзрывные работы (до 35%) [1]. Интенсивность пылегазообразования при ведении буровзрывных работ на карьере зависит от многих факторов, к основным из которых относятся физико-механические свойства горных пород и их обводнённость, способы бурения взрывных скважин, ассортимент применяемых взрывчатых веществ (ВВ), типы используемых забоечных материалов, методы взрывания, время производства и метеоусловия на момент массового взрыва и др.

К настоящему времени известны технологические, организационные и инженерно-технические мероприятия по сокращению пылегазовыделений при массовых взрывах на карьерах [2-4].

К технологическим мероприятиям относятся: взрывание высоких уступов, замена используемого ВВ на ВВ с нулевым или близким к нему кислородным балансом и взрывание на подпорную стенку.

К организационным мероприятиям относятся: учет естественного ветрового потока с перенесением времени взрыва на период его максимальной активности, замена забоечного материала и контроль состава атмосферы карьеров. К инженерно-техническим мероприятиям относятся: орошение зоны проведения массового взрыва водой или пылесмачивающими добавками, гидрообеспыливание, гидрозабойка и искусственное проветривание.

Все используемые в настоящее время типы забоек разделяются на две группы – из сыпучих материалов и жидкостные.

Известен способ борьбы с пылью и газами при ведении взрывных работ в карьере [5]. Согласно данному способу осуществляют закрепление взрывных скважин путем тампонирования трещин горного массива в два этапа перед заряжанием скважин. Вначале тампонируют стенки скважин на всю их глубину, а затем нагнетание тампонажного раствора производят только в пределах верхнего слоя взрываемого блока, равного по глубине величине перебура скважин предыдущего горизонта. Закрепление трещин верхнего слоя производят последовательно от центра блока к его периферии, а в тампонажный раствор включают температуропоглощающие и газонейтрализующие агенты.

Основными недостатками данного способа являются трудоемкость процесса, невозможность размещения водяных струй и завес, ограниченность их дальнобойности во взрывном блоке и внутри пылегазового облака.

Известны способы пылеподавления при массовых взрывах на карьерах, включающие заполнение каждой скважины зарядами ВВ и размещение герметичной оболочки с водой [6-8].

Недостатком способов является то, что вода, распыляемая из герметичной оболочки над поверхностью взрываемого блока, недостаточно полно смачивает мелкодисперсные продукты разрушения горных пород. Это связано с тем, что распыляемая вода имеет достаточно крупные размеры и поэтому в процессе перемещения пылевого облака над поверхностью взорванного блока частицы воды под собственным весом выпадают из облака, не реализовав в полной мере операции смачивания, коагуляции и осаждения пыли. Пылевое облако в дальнейшем беспрепятственно расширяется, поднимается вверх, под действием выталкивающей силы со стороны окружающего воздуха переносится на значительные расстояния, и в виде осадков загрязняет окружающую территорию, нанося природе экологический ущерб.

В работе [9], разработан способ забойки взрывных скважин, основанный на установленных закономерностях изменения параметров ударных волн в низкоплотных забоечных материалах в горном массиве, позволяющий использовать пеногель в качестве забойки. В результате применения пеногелевой забойки при взрывных работах в условиях разрезов Кузбасса обеспечено повышение производительности экскаваторов на 18%, а снижение зоны рассеивания мелкодисперсной пыли и пылегазового облака в 1,8-2 раза. Рекомендуемая конструкция скважин с применением пеногелевой забойки представлена на *рис. 1.* Технологическая схема (последовательно-порядная) предусматривает три варианта совокупности операций.

Первый вариант разработан для сухих или малообводненных скважин.

Второй вариант предусматривается при обводненности взрываемых скважин.

Третий вариант обеспечивает возможность заряжания обводненных скважин в изолирующие оболочки. Промышленные испытания данной конструкции были проведены на разрезах «Кедровский», «Краснобродский», «Бачатский» и «Сибиргинский», которые показали перспективность использования пеногелеобразующих составов в решении проблемы повышения качества взрывных работ. Оценка экологических последствий взрывов при опытно-промышленной проверке показала, что высота подъема пылегазового облака на участках, взрываемых с пеногелевой забойкой ниже, по сравнению с участками, где в качестве забойки использовалась буровая мелочь, более чем в 2 раза. В результате анализа вредных примесей на границе санитарно-защитной зоны разреза при взрывах с сопоставимыми условиями взрывных работ установлен уровень загрязнения атмосферы пылегазовыми выбросами (*табл. 1*).

В работе [10] разработан способ пылегазоподавления при взрывной отбойке железистых кварцитов, что обеспечивает эффективное подавление пыли и нейтрализацию ядовитых газов при массовых взрывах на карьерах. Рекомендуемый способ заключается в создании над зарядом ВВ комбинированной забойки, верхняя часть которой состоит из водяной емкости с водой, имеющий избыток анионов, а нижняя – из непроницаемого мелового слоя. Опытно-промышленные испытания комбинированной забойки для подавления пыли и газа при производстве массовых взрывов применительно к условиям Стойленского карьера были проведены в несколько этапов. Экспериментальные взрывы показали, что в результате коагуляции пыли за счет воздействия тонкодиспергированного водяного компонента при комбинированной забойке, основная масса пыли осаждается в пределах развала горной массы, осаждение происходит только в небольшой ее части. Что касается токсичных газов, выделяющихся при взрыве, то практическое отсутствие пылегазового облака указывает на их незначительное содержание или их полное отсутствие.

Автором работы [11] выполнено прогнозирование выхода мелкодисперсной пылевой фракции в ближней зоне взрыва на основе расчета зон повышенной концентрации микротрещин при взрывном разрушении горных пород. Установлены количественные зависимости образования пылевой фракции в ближней зоне взрыва от конструкции заряда и состава ВВ.

Предложена конструкция удлиненного скважинного заряда, обеспечивающего снижение начальных параметров формирования пылегазового облака и уменьшение выброса пыли и газа в окружающую среду.

Установлено, что с уменьшением диаметра заряда с 250 *мм* до 160 *мм* выход фракции 0-50 *мкм* для аммонита №6ЖВ уменьшается с 10,3 *кг* до 4 *кг*, а для граммонита 79/21 – с 8 *кг* до 3,4 *кг*.

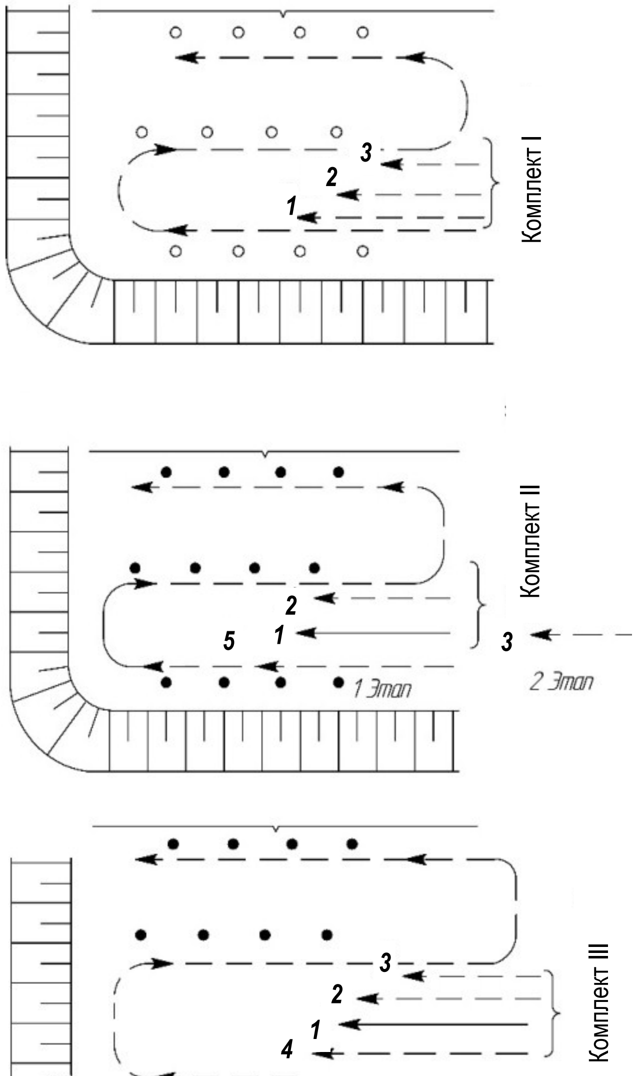


Рис. 1. Взрывная подготовка горных пород с использованием пеногелевой забойки в скважинах: *а* – $Н_в$<3 *м*, *б* – $Н_в$>3 *м* и $Q_в$ <700 *л/ч*, *в* – $Н_в$>3 *м* и $Q_в$ >700 *л/ч*; ← – – – направление движения механизмов взрывного комплекса, в том числе 1 ← – машины со СВ, 2 ← – – – МЗ, 3 ← – – – МПЗ, 4 ← – машины с изолирующими оболочками, 5 ← – – – МОЗ, ○ ● – сухие и обводненные скважины

Таблица 1

Концентрация вредных примесей при промышленных взрывах

Наименование примесей	ПДК, *мг/м³*		Концентрация вредных примесей при промышленных взрывах				Относительная эффективность η, *дол. ед.*
	Макс. разовая	В рабочей зоне	Взрыв с твердой забойкой		Взрыв с пеногелевой забойкой		
			до взрыва	после взрыва	до взрыва	после взрыва	
Пыль	0,5	2	0,09	5,75	0,05	2,139	0,628
CO	5	20	0,7	3,50	0,8	1,218	0,652
NO_2	0,085	5	0,08	0,26	0,08	0,139	0,850

Для зарядов граммонита 79/21 с воздушным промежутком диаметром 250 *мм,* по сравнению со сплошным зарядом выход пылевой фракции уменьшается в 2,5-3 раза и составляет 3,2 *кг*.

В работе [12] рассмотрено снижение уровня загрязнения рабочей зоны пылевым аэрозолем и уменьшение вероятности профессиональных заболеваний за счет применения аэропенного способа пылеподавления на основе использования поверхностно-активных веществ (ПАВ).

Установлена зависимость массы коагулируемой пыли от состава и концентрации пен на основе пеновоздушных аэрозолей и определены рациональные области применения аэропенного способа пылеподавления для различных источников образования пыли.

Для пылеподавления образующейся пыли в технологических процессах рекомендуется применять пеносодержащие растворы на водной основе с содержанием олеиновой кислоты (0,8-1,2%), соды каустической (0,4-0,6%) и глицерина (0,2-0,4%).

Рекомендуемый аэропенный способ борьбы с пылью от динамических источников повышает уровень пылеподавления на 20% по сравнению с используемыми водоэмульсионными способами. Применение аэропены в качестве забойки скважинных зарядов уменьшает на 30% выбросы пыли при проведении взрывных работ на карьере.

В работе [13] совершенствован метод прогнозирования пылегазовых выбросов в атмосферу при взрывных работах на карьерах для повышения экологического мониторинга при открытом способе добычи полезных ископаемых.

Усовершенствована методика расчета пылегазовых выбросов в атмосферу при взрывных работах на карьерах на основании установленных зависимостей, отражающих закономерности формирования выхода дробленой горной массы в процессе массовых взрывов.

Установлено, что средний объем выхода дробленой горной массы, а, следовательно, и пылегазовый выброс при взрывных работах зависят от удельного расхода ВВ, диаметра заряда, расстояния между зарядами в ряду, расстояния между рядами зарядов, величины перебура, линии сопротивления по подошве уступа, коэффициента крепости и категории взрываемости горных пород.

Таким образом, проблемам подавления пылегазовых выбросов при массовых взрывах на карьерах, которые являются актуальной для горной промышленности в научном и практическом плане задачей, решение которой позволяет повысить безопасность и эффективность горных работ, посвящено огромное количество исследований, но главными их недостатками являются трудоемкость процесса, невозможность размещения водяных струй и завес, ограниченность их дальнобойности во взрывном блоке и внутри пылегазового облака, сложность регулирования соотношения гелеобразующих компонентов и др.

В связи с этим, возникает необходимость в решении задач по дальнейшему совершенствованию методов снижения пылегазовых выбросов при массовых взрывах и разработке нового способа снижения пылегазовыделений при ведении взрывных работ на карьерах.

Библиографический список:

1. Норматова М.Ж. Разработка способов управления пылегазовым режимом при взрывании высоких уступов в глубоких карьерах. Дисс. … докт. фил. (PhD) по техн. наукам. – Навои, 2019. – 114 с.

2. Бересневич П. В., Михайлов В. А., Филатов С. С. Аэрология карьеров. Справочник. – М.: «Недра», 1990. – 280 с.

3. Ушаков К. 3., Михаилов В. А. Аэрология карьеров.– М.: «Недра», 1975. – 248 с.

4. Сытенков В.Н. Управление пылегазовым режимом глубоких карьеров. – М.: ООО «Геоинформцентр», 2003. – 288 с.

5. Патент SU 1739052A1. Способ борьбы с пылью и газами при ведении взрывных работ в карьере // Зберовский А.В., Бондаренко В.И., Собко Б.Е. Опубл. в бюл. изобр. 07.06. 1992 г. – № 21.

6. Михайлов В.А., Бересневич П.В., Лобода А.И., Родионов Н.Ф. Борьба с пылью и ядовитыми газами при буровзрывных работах на карьерах. – М.: «Недра», 1971. – 81с.

7. Бересневич П. В., Михайлов В.А., Филатов С.С. Аэрология карьеров. Справочник. – М.: «Недра», 1990. – 81 с.

8. Патент РФ 2168700. Способ пылеподавления при массовых взрывах отбойных скважин на карьерах. Каркашадзе Г.Г., Новиков И.В., Олименко В.М., Мачулин Н.И., Шумаков Е.И., Минеев В.И., Мочалов В.И. Опубл. в бюл. изобр. 10.06. 2011 г.

9. Катанов И.Б. Обоснование повышения качества взрывных работ с использованием пеногелеобразующих составов при открытой разработке // Автореф. дисс. ... докт. техн. наук. – Кемерово, 2007. – 38 с.

10. Семенов В.В. Обоснование и разработка способа пылеподавления и нейтрализации вредных газов при массовых взрывах на карьерах // Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Москва, 2007. – 24 с.

11. Тихонова О.В. Обоснование параметров буровзрывных работ для снижения пылегазообразования при массовых взрывах на карьерах строительных материалов // Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Санкт-Петербург, 2006. – 20 с.

12. Каменский А.А. Снижение пылевыделения от динамических источников на карьерах строительных материалов аэропенным способом // Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Санкт-Петербург, 2011. – 19 с.

13. Амха Б.Г. Совершенствование методики расчета пылегазовых выбросов в атмосферу при взрывных работах на карьерах // Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Тула, 2008. – 16 с.

УДК 622.775:622.349.5
DOI:10.54073/GV.2022.2.89.008

ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ МЕХАНИЧЕСКОЙ КОЛЬМАТАЦИИ ПЛАСТА ПРИ ПОДЗЕМНОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ УРАНА




Аликулов Ш.Ш.,
заведующий кафедрой
«Безопасность жизнедеятельности»
НГГИ, д.т.н.

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

Раббимов Х.Т.,
старший преподаватель кафедры
«Безопасность жизнедеятельности»,
НГГИ

Каримов Н.М.,
ассистент кафедры «Техника и технологии добычи и переработки руд редких и радиоактивных металлов», НГГИ

Kon jinslarining gidrodinamik rejim parametrlarining vaqtida va hajmining pasayishiga bevosita ta'sir qiluvchi kolmatatsiya jarayoni, yuvish eritmalarini filtrlash yo'li bo'ylab, shuningdek, ularning zichligi kabi fizik-kimyoviy xususiyatlarining o'zgarishi ta'siri, geotexnologik rejim bo'yicha sho'rlanish, qovushqoqlik va boshqalar o'rganilgan. Uran qazib olish. Har xil intensivlikdagi quduq unumdorligining vaqt o'tishi bilan pasayishiga ta'sir etuvchi jarayonlar, filtrning tiqilib qolishi sabablari va mexanizmlari o'rganilib, aniq geologik, gidrologik, gidrokimyoviy sohalarda quduqlarni qayta tiklash usullaridan foydalanish bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi. sharoitlar, shu bilan birga atrof-muhitga zararli ta'sirini kamaytirish.

Tayanch iboralar: *uranni in-situ yuvish, kolmatatsiya, past navli rudalar, qazib olish, in-situ yuvish, geotexnologik rejim, kollektor konlari, uran, quduq, filtrlar, sirt faol moddalar.*

Изучен процесс кольматации, непосредственно влияющий на снижение параметров гидродинамического режима во времени и в объеме пород, по пути фильтрации выщелачивающих растворов, а также влияние изменения их физико-химических характеристик, таких как плотность, минерализация, вязкость и т.д., на геотехнологический режим добычи урана. Исследованы процессы, которые влияют с различной степенью интенсивности на снижение производительности скважин во времени, установлены причины и механизмы кольматажа фильтров, а также разработаны практические рекомендации по применению методов регенерации скважин в конкретных геологических, гидрологических, гидрохимических условиях, с минимизацией вредного воздействия на окружающую среду.

Ключевые слова: *подземное выщелачивание урана, кольматация, бедные руды, добыча, подземное выщелачивание, геотехнологический режим, пластовые месторождения, уран, скважина, фильтры, поверхностно активные вещества.*

Интерес к подземному выщелачиванию (ПВ) урана на месте его залегания в последние годы неуклонно растет. Подземное выщелачивание позволяет вовлекать в рентабельную эксплуатацию бедные руды, потерянные при очистной добыче, а также месторождения со сложными горно-геологическими условиями.

Выщелачивание на месте залегания руд осуществляется либо с предварительным дроблением рудных тел, либо из пластовых месторождений сложенных рыхлыми водонасыщенными отложениями. Примерно 90-95% урана, добываемого способом подземного выщелачивания, приходится на пластовые месторождения.

Способ подземного выщелачивания по сравнению с традиционными методами добычи и переработки урановых руд, позволяет исключить операции выемки руды, ее транспортировки, дробления, измельчения, хранения отвалов забалансовых урановых руд, сооружения хвостохранилищ, сокращается срок ввода месторождений в эксплуатацию, уменьшаются объемы строительства, упрощается аппаратурное оформление процесса и улучшаются условия труда.

Опыт эксплуатации промышленных участков подземного выщелачивания выявил определенные преимущества этого способа; удельные капитальные затраты и сроки строительства по сравнению с обычными горными способами сокращаются в 3-5 и более раз;

– производительность труда возрастает в 2-3 раза;

– себестоимость урана на 15-25%, получаемой при горно-химических способах отработки.

В настоящее время, в Узбекистане, в отрасли промышленной отработки находятся более 22 урановых месторождений, в том числе, такие, как Южный и Северный Букинай, Учкудук, Кетменчи, Сабырсай, Сугралы и др.

В последние десятилетия в теории и практике ПВ созданы многочисленные математические модели для расчета геотехнологических параметров [1-3].

В работе, необходимо подобрать выщелачивающие растворы для отработки урана из слабопроницаемых руд. Поэтому нами исследовались различные реагенты для отработки глубоких слабопроницаемых урановых залежей способом ПВ. Одним из решений научно-технической задачи, является разработка новых технологий, которые обеспечат полноту извлечения металла из недр и управление гидродинамическими режимами выщелачивающих растворов. Вовлечение в отработку слабопроницаемого рудного горизонта является целесообразным, при этом, увеличивается концентрация металла в растворах, сокращается время отработки и удельный расход реагента, увеличивается производственная мощность предприятия.

Интенсификация процессов выщелачивания с помощью поверхностно активных веществ (ПАВ) в растворах является способностью понижать поверхностное и межфазное натяжение вследствие адсорбции и ориентации молекул на поверхностях раздела фаз. Это позволяет усилить смачиваемость руды при выщелачивании, и улучшить химическое взаимодействие ее с реагентом.

Во многих работах приведены исследования о лабораторных испытаниях некоторых ПАВ.

В настоящей работе проводились исследования по выбору ПАВ при отработке урановых месторождений со слабой проницаемостью рудоносного горизонта. По результатам исследований, для разложения естественной эмульсии необходимо подобрать концентрацию раствора ПАВ для выщелачивания урана из слабопроницаемых руд. При использовании выщелачивающих растворов рекомендуют применять в качестве ПАВ: ОП-10, сульфанол, СДЖ-1, СДЖ-2, СДЖ-3, полиакриламид.

Для выбора химических реагентов ПАВ ранее были произведены исследования по растворению осадкообразований в лабораторных условиях. По результатам исследования была подтверждена эффективность химических реагентов в комплексе по растворяющей способности основных карбонатных и побочных осадкообразований.

Для интенсификации процесса подземного выщелачивания урана применение реагентов ПАВ позволит повысить скорость отработки технологических блоков и снизить себестоимость конечной продукции.

Ниже приведена характеристика подобранных химических реагентов:

1. Различают следующие типы полиакриламидов: не ионные, анионные и катионные, которые используются для очистки вод, водообработки и применяются в горнодобывающей промышленности. В настоящее время применяют в процессе переработки золота, урана, железа, алюминия. Общая формула $(CH_2CHCONH_2)n$.

2. Раствор ОП-10. Вспомогательные вещества ОП-7 и ОП-10, представляют собой продукты обработки смеси моно- и диалкилфенолов окисью этилена. Применяются в качестве смачивающих и эмульсирующих поверхностно-активных веществ в нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, химической, текстильной и других отраслях промышленности. Одним из преимуществ является то, что они легко подвергаются биологической очистке в сточных водах. Химическая формула: $O(CH_2\text{-}CH_2\text{-}O)$ n $CH_2\text{-}CH_2\text{-}OH$ (n = 7 - 9 для вещества ОП-7 и n = 10 - 12 для вещества ОП-10). Хорошо растворяется в воде, полностью разлагается, применяют для понижения вязкости выщелачивающих растворов.

3. Раствор – сульфанол сыпучий гранулированный порошок от жёлтого до светло-коричневого цвета, без запаха или со слабым запахом керосина. Содержание натриевых солей алкилбензол сульфокислот не менее 80%, сульфата натрия не более 15%. Водные растворы мутнеют в присутствии NaCl. Хорошо растворяется в воде, растворимость в воде значительно уменьшается в присутствии серной кислоты 70%. Понижает поверхностное натяжение воды, создает стойкие эмульсии и пены. Продукт не токсичен. На добычных предприятиях урана успешно применяется при кислотном выщелачивании урана. Позволяет улучшить фильтрационные характеристики, растворяет и разрыхляет в скважине отложения, и позволяет повысить проницаемость призабойной зоны пласта, а значит, увеличить дебит скважины.

4. Раствор СДЖ-1. К основным характеристикам раствора СДЖ-1 можно отнести его использование как реагента в качестве окислителя в области металлургии для извлечения металлов.

5. Раствор +Сдж-2 и Сдж-3. Поликарбоксилаты представляют собой линейные полимеры с высокой молекулярной массой (Mr ≤ 100 000) и с множеством карбоксилатных групп. Они представляют собой полимеры акриловой кислоты или сополимеры акриловой кислоты и малеиновой кислоты. Полимер используется в качестве натриевой соли.

Однако, формирующиеся в продуктивном пласте при подаче раствора реагента сложные по своей взаимозависимости физико-химические явления, оказывают непосредственное влияние на производительность скважин через возникающие процессы кольматации порового объема пласта и перфораций фильтров. Откуда следует, что в расчетных формулах, используемых при оценке параметров гидродинамического режима, необходимо учитывать фактор изменения производительности скважин, зависящий от величин параметров фильтрации растворов.

Однако, отдельные аспекты, связанные с повышением эффективности отработки залежей методом подземного выщелачивания, пока еще не нашли своего решения.

Таким образом, необходимо разработать мероприятия по предотвращению механической кольматации пластов, обусловленных, главным образом, приемистостью в продуктивных горизонтах взвешенных веществ, содержащихся в закачиваемых растворах.

На первых этапах эксплуатации участков подземного выщелачивания урана из месторождений сложенных рыхлыми обводненными отложениями, было установлено явление снижения приемистости закачных скважин в процессе их эксплуатации. На некоторых участках снижение приемистости было столь значительным, что даже в условиях периодического её восстановления путем прокачек для обеспечения нормальной эксплуатации потребовалось бурение дополнительных закачных скважин. Так, например, на отдельных участках ПВ средняя приемистость закачных скважин снизилась с 1,2 *м³/ч* в 2019-2020 гг. до 0,26 *м³/ч*. Для интерфиксации процесса закачки дополнительно пробурено в переделах площади эксплуатационного полигона более 50 скважин.

Одновременно было выявлено, что основной причиной снижения дебита скважин является кольматация порового пространства газами, осадками и взвесями.

В процессе механической кольматации водоприемные отверстия фильтров и поровые сечения растворопроводящих каналов перекрываются тонкими песчано-глинистыми частицами, содержащимися как в буровом растворе при сооружении скважин, так и при их эксплуатации, в результате развития суффозии.

Так, использование в процессе бурения высокоглинистых растворов плотностью 1,15-1,18 *г/см³*, для укрепления стенок геотехнологичнских скважин, сооружаемых на гидрогенных месторождениях, представленных переслаивающимися рыхлыми, большей частью слабосвязанными песчано-глинистыми разностями, приводит к снижению их дебитов в десятки раз.

В процессе глинизации пород продуктивного пласта прифильтровой зоны на стенке скважин создается глинистая корка толщиной до 5–7 *мм*, проницаемость которой на 4-5 порядков ниже проницаемости пород.

Набухание глинистых частиц бурового раствора, заполняющих поровый объем прифильтровой зоны продуктивного пласта, уменьшает проходное сечение эффективных поровых каналов, что также повышает гидравлическое сопротивление движущей жидкой фазы. С увеличением времени контакта глинистого бурового раствора с твердой фазой, образующаяся глинистая корка уплотняется под действием процессов адсорбции и молекулярных сил взаимодействия, что приводит к определенным затратам (строительные откачки) по ее удалению. Исходя из механизма кинетики образования таких слабопроницаемых глинистых экранов, время контакта бурового раствора с породами продуктивного пласта должно быть минимальным.

Наряду с механической кольматацией перфораций фильтра и порового объема пород прифильтровой зоны продуктивного пласта, протекают также процессы химической кольматации, что связано с изменением химического состава подаваемых и откачиваемых растворов при взаимодействии их с подземными водами и со сменой гидродинамических параметров фильтрации жидкости.

Так, например, снижение гидравлического напора в зоне откачных (разгрузочных) скважин приводит к нарушению равновесия растворимости газов и солей, что вызывает выделение их из жидкой фазы в виде гелеобразных солевых субстанций и в виде газовых диспергированных не растворившихся пузырьков.

В полосе фронта фильтрации подаваемых кислых растворов нарушается углекислотное равновесие:

$$2HCO_3^- \rightarrow CO_3^{2-} + CO_2\uparrow + H_2O$$

Перешедшие ранее в раствор катионы кальция и магния, в результате нарушения углекислотного равновесия выпадают, заполняя (кольматируя) поровый объем пород продуктивного пласта в виде гелеобразных (студенистых) труднорастворимых осадков – $CaCO_3$, $MgCO_3$. При этом, происходит одновременно «зарастание» такими солевыми субстанциями перфораций фильтров нагнетательных и разгрузочных скважин, что и вызывает снижение их дебитов.

В фильтрах разгрузочных скважин при кольматации водоприемных отверстий возрастают величины гидравлических сопротивлений. При поддержании дебитов на постоянном уровне, величины гидравлических напоров в скважинах и на их внешней поверхности снижаются, что также обеспечивает увеличение интенсивности выпадения солей и, соответственно, повышение фильтрационных сопротивлений фильтров.

Повышение карбонатности пород продуктивного горизонта интенсифицирует процесс кольматации. В практике ПВ руд, также наблюдаются процессы кольматации пород железосодержащими осадками. Такой процесс происходит при наличии в подземных водах и горных породах закисного железа. При присутствии в подаваемых растворах растворенного кислорода (окислителя), железо из закисного переходит в окисное:

$$Fe(HCO_3)_3 \rightarrow Fe(OH)_2 + 2CO_2,$$

$$4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O = 4Fe(OH)_3, \qquad [2, 3]$$

Выпадающий осадок оксида железа, имеющий структуру студнеобразной субстанции, откладывается на поверхности фильтра, заполняет перфорационные отверстия фильтровой колонны и поровый объем пород прифильтровой зоны продуктивного пласта. Наиболее активно происходит зарастание фильтров железосодержащими осадками при отработке ПВ безнапорных рудных водоносных горизонтов, особенно, при условии понижения динамического уровня в скважине ниже верхней зоны фильтровой колонны, при создании контакта перфораций (водоприемных отверстий) с атмосферой. Интенсивность выпадения таких осадков повышается в процессе неравномерного гидродинамического режима эксплуатации откачных скважин. Применение в качестве раствороподъемных средств эрлифта или инжектора также повышает интенсивность поступления кислорода в откачиваемые растворы.

Первые исследования кольматационных явлений применительно к условиям подземного выщелачивания урана относятся к 1965-1969 гг. [3-5].

Исследованиями установлено (и данными практики эксплуатации подтверждено), значительное развитие на начальном этапе отработки (стадии насыщения выщелачиваемой толщи раствором кислоты) двух форм кольматации: химической и газовой, которые, однако, на последующих этапах отработки не оказывают решающего влияния на общее снижение фильтрационных параметров продуктивного горизонта.

В отличие от рассмотренных выше разновидностей кольматация фильтров и прифильтровых зон закачных скважин взвешенными веществами, содержащимися в выщелачивающих растворах, осуществляется постоянно от начала отработки до ее завершения, нарастая во времени, и носит необратимый характер.

Снижение фильтрационных свойств выщелачиваемой толщи за счет закупорки поровых каналов частицами взвешенных веществ вызывает повышение динамического уровня в закачной скважине и напорных градиентов на площади, примыкающей непосредственно к ней. Это обстоятельство, в свою очередь, способствует развитию суффозии.

Повышение дебита откачных скважин в процессе подземного выщелачивания зависит от проницаемости горных пород, для улучшения эффективности фильтрации горных пород необходимо использовать ПАВ. Реагент ПАВ способствует снижению вязкости выщелачивающих растворов, таким образом, улучшая их пропускную способность, а также увеличивает извлечение урана из рудного пласта, и трещины очищаются от фильтрата, увеличивается продуктивность скважин.

Применение ПАВ с каждым годом возрастает. Использование их даёт не только технологический эффект, но и экономию средств, при относительной их доступности в Навоийской области, производимых в АО «Навоиазот».

Использование ПАВ изучалось на фильтрационной колонке, а также на кернах, на установке КФ-ОМ.

Для выполнения лабораторных исследований по определению параметров и влияния ПАВ на фильтрацию горных пород, была разработана методика исследования, которая проводилась на лабораторной базе Навоийского государственного горного института.

Исследования по изучению влияния ПАВ на коэффициент фильтрации проводились на слабопроницаемом керновом материале (монолите). Был выбран участок уранового месторождения Кетменчи с низкой проницаемостью руды и проведено геологоразведочное бурение одной скважины с целью изучения литологического состава земной коры.

Геологоразведочные скважины пробурили глубиной 100 *м*, отобрано 14 шт. керновых образцов.

Определяли химический и минералогический составы керновых образцов. Геометрические параметры образцов керна по длине составляют 40 *см*, а по диаметру 90 *мм*, отобранные из рудного горизонта [6-8].

Керновый материал, поступающий к участку подземного выщелачивания, подвергался визуальному осмотру с отбором образцов на минералогический анализ. Затем, он дробился до размеров частиц менее 2 *мм* и опробовался.

Перемешивание материала производилось методом перекатывания и отбирался для изучения гранулометрического и химического состава руд. Определялась влажность по методикам геотехнологических исследований. Результаты исследований приведены в *табл. 1.*

Лабораторные исследования проводились с целью получения геотехнологических параметров процесса выщелачивания для проектирования опытно-промышленного комплекса по добыче металлов. В основу исследований положена методика изучения фильтрации жидкости в пористой среде, известная из практики лабораторных гидрогеологических работ.

К настоящему времени эта методика с некоторыми изменениями с учетом особенностей химического процесса нашла широкое применение при выщелачивании металлов из рыхлых песчаных отложений, геотехнологические исследования проводились на керновых пробах.

Пробы отбирались при максимальном выходе керна и представляли геологический разрез продуктивного водоносного горизонта месторождения.

Таблица 1

Результаты определения влажности керновых образцов по методикам геотехнологических исследований

№ образцов керна	Влажность, %	Объемная плотность, *г/см³*
1	14	1,18
2	15	1,19
3	17	2,22
4	20	2,47
5	20	2,57

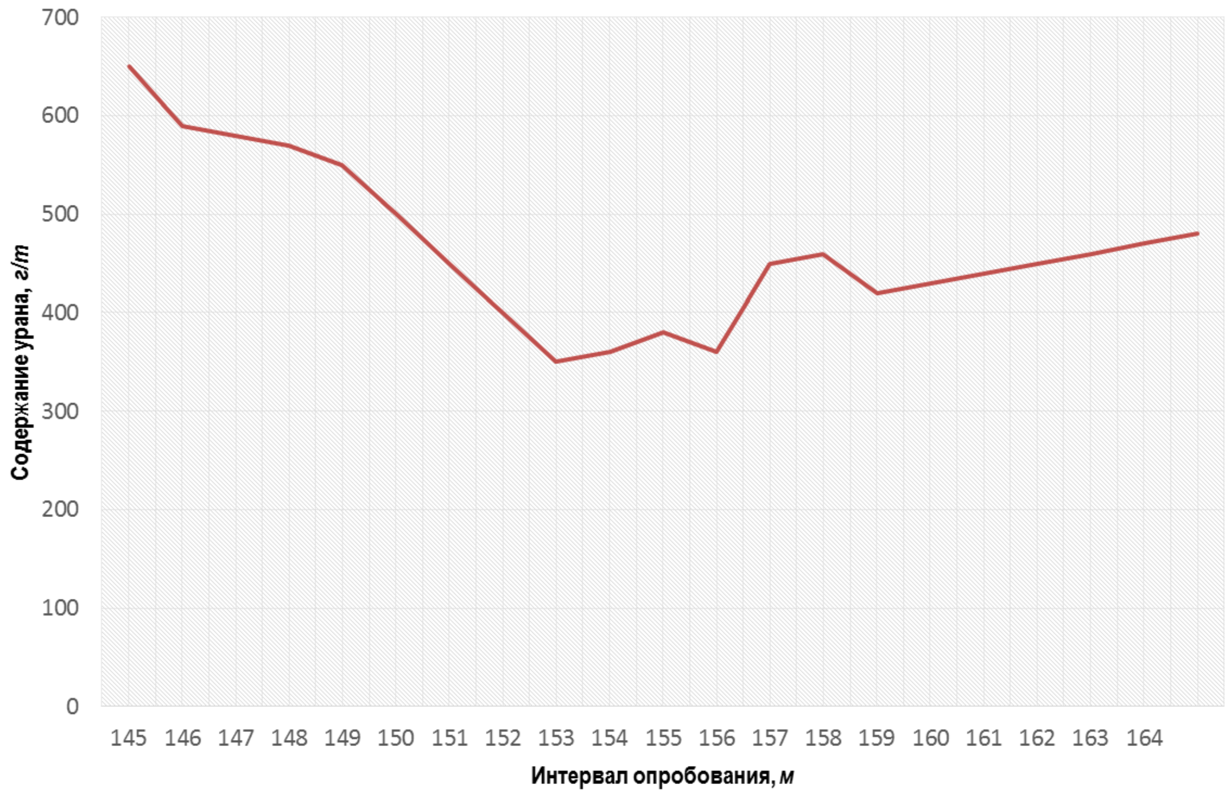


Рис. 1. Результаты опробования кернового материала по интервалам горизонта

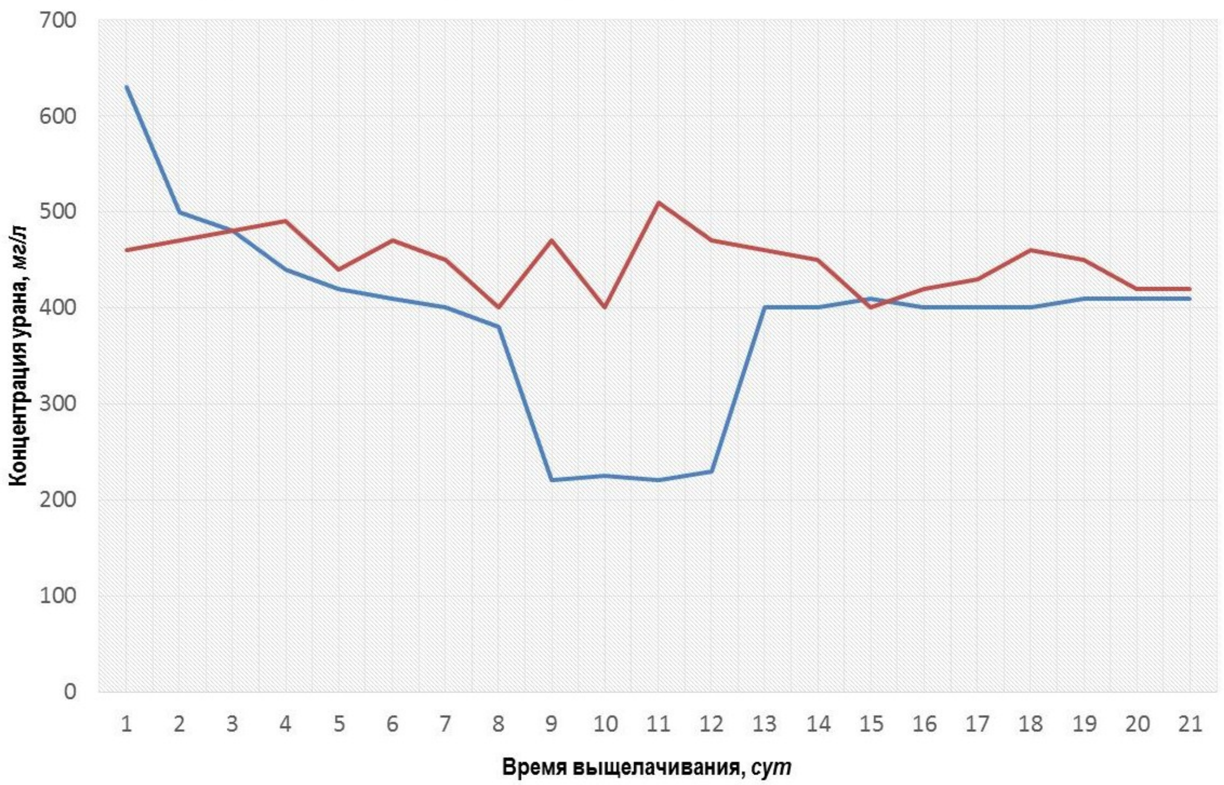


Рис. 2. Результаты выщелачивания урана в лабораторных условиях

Исследования по выщелачиванию урана производились в агитационном и перколяционном режимах. В агитационном режиме (статическом для условий подземного выщелачивания) в основном определялись технологические параметры выщелачивания руды растворами серной кислоты и с применением ПАВ. Опыты проводились при перемешивании пульп механическими мешалками и заданных параметрах – температура выщелачиваемых растворов, плотности пульпы, концентрации серной кислоты, времени опыта и т.д.

В перколяцинном режиме (динамические условия применительно к процессу подземного выщелачивания) опыты проводилось на моделях, представляющих собой, современный приближенный к условиям подземного выщелачивания.

Таблица 2

Опробование кернового материала

№	Интервал, *м*	Содерж. урана *г/т*	Содерж. CO_2, %	Конц-ция Fe^{+3}, *г/л*	Конц-ция урана, *мг/л*	Eh, *мВ*
1.	147-151	650	2,20	0,025	630	460
2.	147-151	590	0,88	0,025	500	470
3.	147-151	580	1,20	0,077	480	480
4.	147-151	570	0,66	0,032	440	490
5.	153-156	550	0,33	0,116	420	440
6.	153-156	500	0,22	0,030	410	470
7.	153-156	450	0,44	0,027	400	450
8.	153-156	400	0,54	0,045	380	400
9.	153-156	350	0,56	0,90	220	470
10.	154-156	360	0,44	0,19	225	400
11.	156-158	380	0,45	0,348	220	510
12.	156-158	360	0,44	0,132	230	470
13.	156-158	450	0,44	0,066	400	460
14.	156-158	460	0,32	0,084	400	450
15.	156-158	420	0,33	0,052	410	400
16.	156-158	430	0,35	0,058	400	420
17.	156-158	440	0,35	0,056	400	430
18.	156-158	450	0,36	0,046	400	460
19.	156-158	460	0,25	0,045	410	450
20.	156-158	470	0,23	0,046	410	420
21.	156-158	480	0,25	0,048	410	420

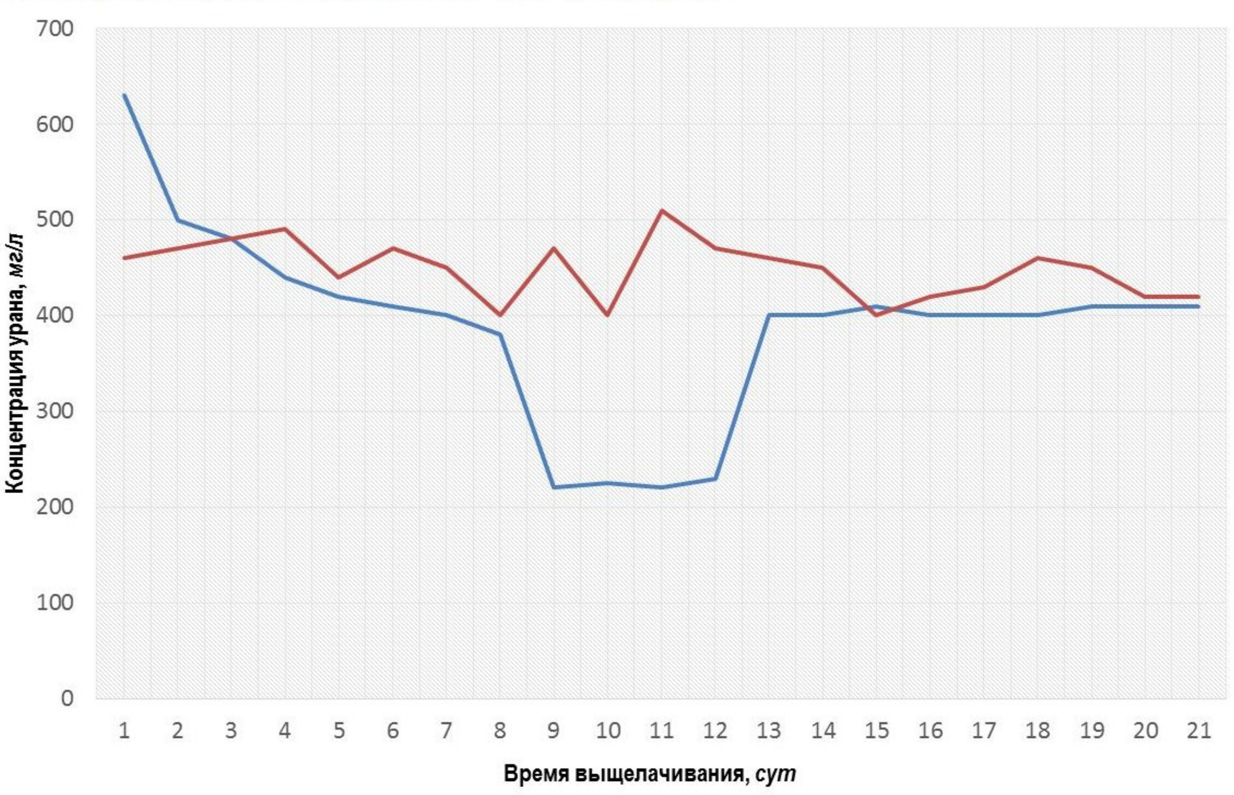


Рис. 3. Результаты определения химического состава продуктивного раствора

Таблица 3

Результаты определения химического состава продуктивных растворов выщелачивания

№ пробы	Концентрация, *мг/л*											
	Sc	Y	La	Ce	Nd	Sm	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm
1.	<0,13	<0,08	<0,08	<0,08	<0,25	<0,25	0,2	<0,08	<0,13	<0,08	<0,13	<0,08
2.	<0,13	<0,08	<0,08	<0,08	<0,25	<0,25	0,25	<0,08	<0,13	<0,08	<0,13	<0,08
Шифр пробы	**K**	**Na**	**Fe**	**Ni**	**Co**	**Cu**	**Zn**	**Pb**	**Cr**	**Mn**	**Ag**	
1-50-30 до I	23	610	152	0,21	<0,2	<0,2	0,14	<0,1	<0,2	1,59	<0,1	
1-50-30 до II	27	495	149	0,2	<0,2	<0,2	0,23	<0,1	<0,2	1,92	<0,1	
Шифр пробы	**U**	**V**	**P**	**Al**	**Ca**	**Mg**	**As**	**Mo**	**∑РЗЭ**	**Re**	**W**	
1-50-30 до I	155,0	<5,0	<1,0	<10,0	488	163	<20,0	<10,0	< 5,5	<0,2	<6,0	
1-50-30 до II	165,0	<5,0	<1,0	<10,0	526	172	<20,0	<10,0	<5,5	<0,2	<6,0	

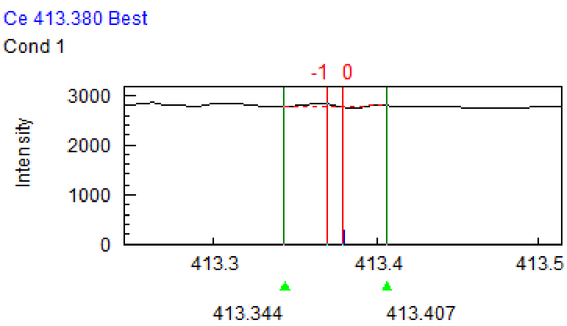


Рис. 4. Спектральный профиль церия

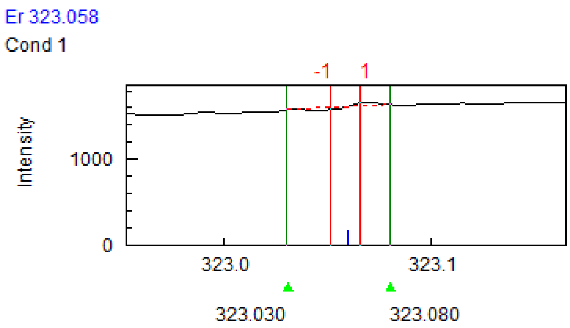


Рис. 6. Спектральный профиль эрбия

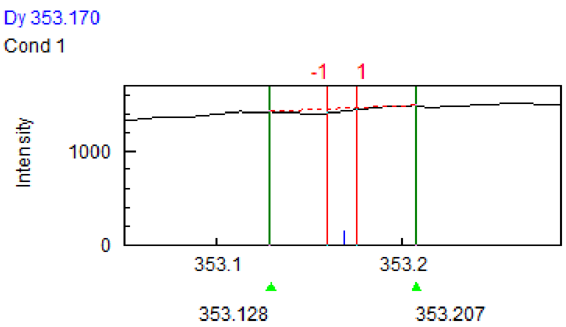


Рис. 5. Спектральный профиль диспрозия

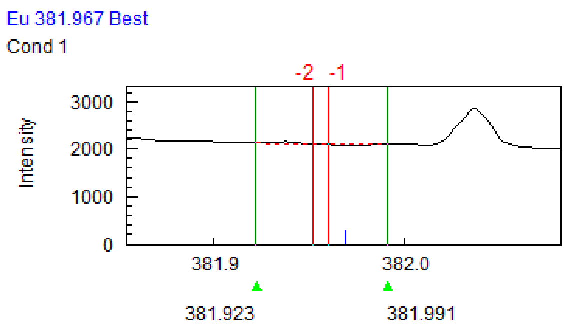


Рис. 7. Спектральный профиль европия

В процессе выщелачивания производился контроль следующих параметров: объем раствора, прошедшего через модель за единицу времени, pH и их окислительно-восстановительный потенциал, а также определялись содержание урана и бикарбонат-ионов в растворах.

Изучение технологических и гидродинамических параметров руд в статических и динамических условиях выщелачивания производилось на материале групповой пробы, которая была сформирована из 14 керновых проб.

По керновому материалу скважины № 3 поинтервально было проведено комплексное опробование, результаты которого приведены в *табл. 2*.

Как видно из данных *табл. 2*, в изучаемом интервале 147,5-157,4 *м*, содержание урана в рудном слое колебалось в пределах от 480 до 650 *г/т (рис. 1)*, содержание карбонатных минералов изменялось от 0 до 2,2%.

Кислотоёмкость пород в среднем по интервалу составила 37 *кг* серной кислоты на 1 *т* руды, а по отдельным пробам колебалось от 20 до 66 *кг* на 1 *т* руды. Кислотоёмкость пород, как правило, зависит от содержания карбонатных минералов в них. Однако для исследуемых руд, эта закономерность не всегда соблюдается.

При избыточной кислотности 35-45 *г/л* серной кислоты растворение урановых минералов происходило легко и практически применимо.

Но в интервале 156,5-157,4 *м* извлечение урана по 4 пробам составило порядка 36-64%.

Является это закономерным или это единичный случай, будет установлено при комплексном технологическом опробовании керновых проб других скважин.

Согласно *табл. 2*, содержание железа в растворах после выщелачивания колебалось по интервалу опробования в широких пределах.

Результаты выщелачивания урана приведены на *рис. 2*.

В большинстве проб содержание трехвалентного железа ниже, чем двухвалентного.

В содержании ионов трехвалентного железа в растворах после выщелачивания более резкая, средняя величина окислительно-восстановительной емкости ОВП пород составляла по изучаемому интервалу 38 *мВ*.

Наибольшие отклонения от средней величины – (+7*мВ*) (-13 *мВ*). Химический состав растворов приведен в *табл. 3* и на *рис. 3*.

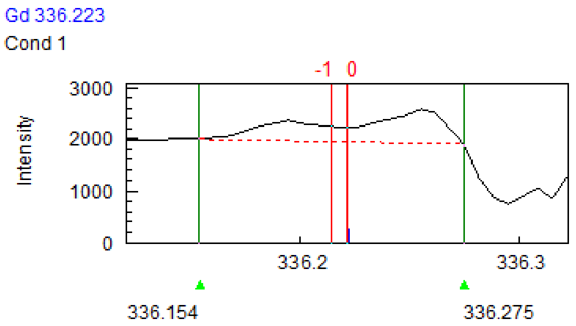


Рис. 8. Спектральный профиль гадолиния

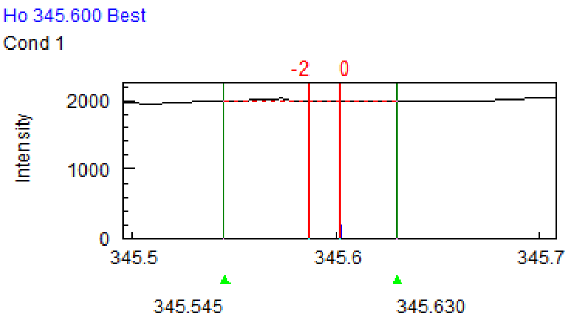


Рис. 9. Спектральный профиль гольмия

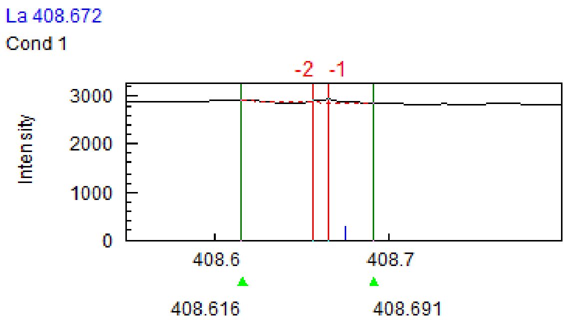


Рис. 10. Спектральный профиль лантана

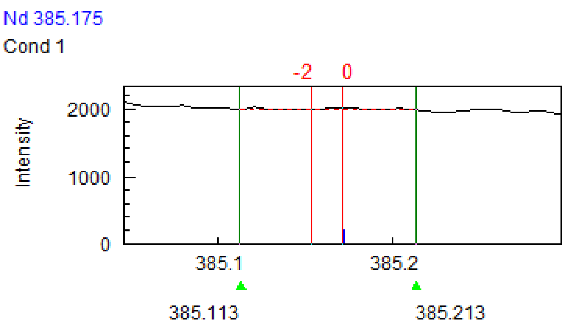


Рис. 11. Спектральный профиль неодима

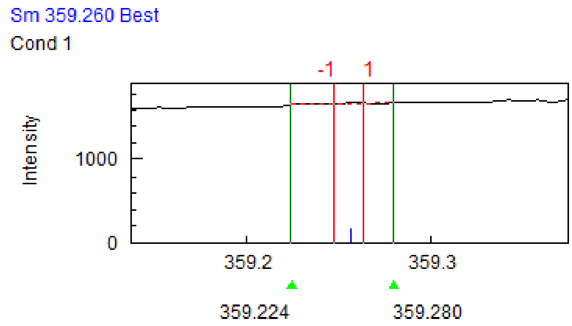


Рис. 12. Спектральный профиль самария

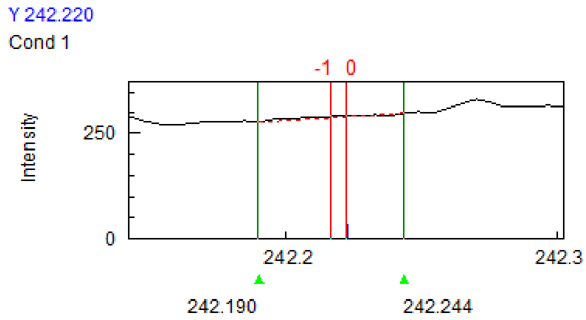


Рис. 13. Спектральный профиль тербия

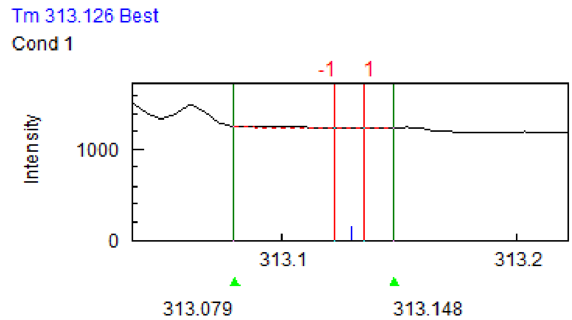


Рис. 14. Спектральный профиль тулия

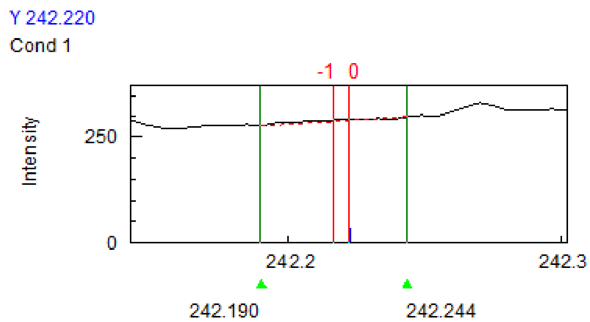


Рис. 15. Спектральный профиль иттрия

Результаты определения редкоземельных элементов в составе растворов по спектриальному профилю приведены на *рис. 4-15.*

Исследования геотехнологических факторов, влияющих на процессы кольматации фильтров и прифильтровой зоны технологических скважин, были проведены на опытном блоке месторождения Истиклол.

Для проведения исследований по выявлению зависимости снижения водопроницаемости пород продуктивного горизонта от фильтрационных показателей и химического состава выщелачивающих растворов на месторождении Истиклол, был выбран блок, природные (геологические) показатели которого соответствовали средним по месторождению.

Библиографический список:

1. Баташов Б.Г., Михлин С.Г., Веселова Л.Н. Полупромышленные испытания процесса подземного выщелачивания на Девладовском месторождении // Отчет предприятия п/я Р-6449, 1963.
2. Щепетков А.П., Беличенко А.М., Есаулов В.Н. Сводный отчет об опытных работах по подземному выщелачиванию руд на месторождении Учкудук // Отчет предприятия п/я А-I372, 1964.
3. Щепетков А.П., Седых В.Н., Щеглов Ю.Н., Морозов Е.П. Отработка залежей месторождения Учкудук методом подземного выщелачивания // Отчет предприятия п/я А-1372, ДНШГ, 1968.
4. Садыков Р.Х., Котлинская О.П. О некоторых закономерностях изменения фильтрационных свойств пород в результате химической кольматации // Спец. вопросы атомной науки и техники, предприятие п/я А-1997, 1975.
5. Смирнова Р.Н., Садыков Р.Х. Особенности химического взаимодействия кислоты с урансодержащими карбонатными породами в процессе подземного выщелачивания на месторождениях, сложенных рыхлыми отложениями // Спец. вопросы атомной науки и техники, серия: «Обогащение руд и металлургия урана», выпуск 1 (18), предприятие п/я А-1997, 1975.
6. Гольдберг В.М. Влияние минерализации воды на фильтрационные свойства пород // Бюллетень научно-технической информации геологического комитета при Совете Министров СССР, Л 2, 1965.
7. Куприна Г.А. Кольматация песков. – Москва: Изд-во МГУ, 1968. – 173 с.
8. Еронин В.А., Литвинов А.А., Кривоносов И.В. Голиков А.Д., Ли А.Д. Эксплуатация системы заводнения пластов. – Москва: «Недра», 1967. – 327 с.

"GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA", 2022, № 2(89) pp. 33-40

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF MEASURES TO PREVENT MECHANICAL COLMATION OF THE FORM DURING IN-SITU LEACHING OF URANIUM

Alikulov Sh.Sh., *Head of the Department, DSc., Associate Professor.*
Khalimov I.U., *Head of the Department, Associate Professor.*
Rabbimov Kh.T., *Senior Lecturer.*
Karimov N.M., *Assistant.*

Navoi State Mining Institute. Navoi, Uzbekistan.

The process of colmation, directly affecting the reduction of hydrodynamic regime parameters in time and in the volume of rocks, along the way of leaching solutions filtration, as well as the impact of changes in their physical and chemical characteristics, such as density, mineralization, viscosity, etc., on the geo-technological conditions of uranium mining was studied. Processes that affect with varying degrees of intensity in reducing the productivity of wells over time were investigated, the causes and mechanisms of filter colmatage were established, and practical recommendations were developed for use of methods to regenerate wells in specific geological, hydrological, hydro-chemical conditions with minimization of adverse effects on the environment.

Keywords: *in-situ uranium leaching, colmation, low-grade ores, mining, in-situ leaching, geo-technological conditions, reservoir deposits, uranium, well, filters, surface-active substances.*

Bibliographic list:

1. Batashov B.G., Mikhlin S.G., Veselova Jl.H. Semi-industrial testing of the underground leaching process at the Devladovskoye deposit // Report of the enterprise, mailbox R-6449, 1963.
2. Shchepetkov A.P., Belichenko A.M., Esaulov V.N. Summary report on experimental work on underground leaching of ores at the Uchkuduk deposit // Report of the enterprise, mail box A-I372, 1964.
3. Shchepetkov A.P., Sedykh V.N., Shcheglov Yu.N., Morozov E.P. Development of deposit 28 of the Uchkuduk deposit using the method of underground leaching // Report of the enterprise, mail box A-1372, DNSHG, 1968.
4. Sadykov R.Kh., Kotlinskaya O.P. On some regularities of changes in the filtration properties of rocks as a result of chemical clogging // Spec. questions of atomic science and technology, enterprise PO Box A-1997, 1975.
5. Smirnova R.N., Sadykov R.Kh. Features of the chemical interaction of acid with uranium-containing carbonate rocks in the process of underground leaching in deposits composed of loose deposits // Spec. questions of atomic science and technology, series: «Ore enrichment and uranium metallurgy», issue 1 (18), enterprise mailbox A-1997, 1975.
6. Goldberg V.M. Influence of water mineralization on the filtration properties of rocks // Bulletin of Scientific and Technical Information of the Geological Committee under the Council of Ministers of the USSR, L 2, 1965.
7. Kuprina G.A. Colmatation of sands // Moscow: Publishing House, Moscow State University. 1968. – 173 p.
8. Eronin V.A., Litvinov A.A., Krivonosov I.V. Golikov A.D., Li A.D. Operation of the waterflooding system // Moscow: «Nedra», 1967. – 327 p.

УДК 554:554.49 (571.1) DOI:10.54073/GV.2022.2.89.009

ТВЕЙТОЗИТЫ КОШРАБАДСКОГО ИНТРУЗИВА (ЗАПАДНЫЙ УЗБЕКИСТАН)

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

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

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

Туракулов А.У.,
базовый докторант Института геологии и геофизики им. Х.М. Абдуллаева Госкомгеологии РУз.

Maqolada G'arbiy O'zbekistonda joylashgan Qo'shrobod intruzivida yangi topilgan, tveytozitlar deb ataladigan tog' jinslari haqida turli ma'lumotlar keltirilgan. Qo'shrobod intruzivida tveytozitlar birmuncha kam rivojlangan, chunki intruzivning errozion kesimi taxmin qilinayotgan nefelinli sienit tanalari mavjud bo'lgan chuqurlikka yetib bormagan. Qolaversa maqolada bir nechta namunalarning shliflari tasvirlangan hamda ularning fotosuratlari keltirilgan. Mazkur ilmiy ishda tveytozitlar subishqorli va ishqorli tarkibdagi ma'dan konlarining granitoid intruziv jinslari bilan genetik aloqador ekanligini isbotlovchi omil ekanligi ko'rsatilgan.
Tayanch iboralar: *tveytozitlar, metasomatitlar, nefelinli sienitlar, sulfidlar, melanokratli fatsiyalar, assimilitsiyalar, rudolokalizatsiya, kamyob elementlar, petrogen elementlar va boshqalar.*

В статье приводятся нововыявленные породы в Кошрабадском интрузиве расположенном в Западном Узбекистане, которые называются твейтозитами. Настоящие твейтозиты в пределах Кошрабадского интрузива развиты незначительно, так как степень эррозионного среза интрузива не достигла той глубины, где могли возникнуть предполагаемые нами выходы нефелиновых сиенитов, на контакте с рамой возникли твейтозиты, которые являются процессом, контролирующим рудные месторождения в генетической связи с интрузивами сложенными гранитоидными породами субщелочного и щелочного состава.
Ключевые слова: *Твейтозиты, метасоматиты, нефелиновые сиениты, сульфиды, меланократовые фации, ассимиляция, рудолокализация, редкие элементы, петрогенные элементы и другие.*

Твейтозиты – фениты эндоконтактовые основные метасоматиты, возникающие на контакте щелочных или щелочно-ультраосновных пород с гранитогнейсами, аркозовыми и другими кварц-полево-шпатовыми породами. Они представляют собой пироксен-полево-шпатовые или пироксен-нефелин-полевошпатовые породы, иногда с щелочным амфиболом, апатитом и сфеном являются продуктом существенно натрового метасоматоза – авто и контактового метаморфизма. Ширина контактового метаморфизма бывает пропорциональна размеру интрузивного тела. Наиболее мощные ореолы характерны, собственно, для щелочных интрузий. Меланократовые фениты называются твейтозитами [1]. Они состоят из эгирина-диопсида (75%) щелочного полевого шпата и нефелина, апатита, сфена, циркона и рудных (гематита, магнетита, пирита и других сульфидных) минералов. Настоящие твейтозиты в пределах Кошрабадского интузива развиты незначительно, так как степень эррозионного среза интрузива не достигла той глубины, где могли возникнуть предполагаемые нами нефелиновые сиениты. Об этом говорит факт присутствия по описанию Изоха Э.П., Юдалевича З.А., Диваева Ф.К. и др. (1973), спорадически встречающихся гранитов повышенной калиевой, местами натриевой щелочностью среди жильной серии дайковых фаций гранитов главной фазы, занимающие около 80% поверхности выхода на дневную поверхность площади Кошрабадского интрузива. По петрохимическим данным эти породы содержат нормативный нефелин, непроявленный в виде магматической фазы, как породообразующий минерал. Причиной этого может быть недостаточное парциальное давление воды. Видимо в результате этого, получается неполная дифференциация породообразующих темноцветных минералов, довольно превалирующих в составе ощелочненных гранитоидов [2, 3]. Поэтому, часто наблюдаются симплектиты биотита и высоко железистой роговой обманкой гастингситы, часто образующие бесформенные лучистые лоскутья с развитой призматической спайностью наряду с таблитчатыми кристаллами, имеющими характерную для нормальной роговой обманки с ромбовидным обликом пересечения двух систем, пресекающихся призматической спайностью с углом пересечения в 56° с уралитизированной частью порфиробласта обыкновенной роговой обманки. Гастингсит при этом имеет бурую окраску сгущающуюся в центральной части кристалла. Обыкновенная роговая обманка при этом остается в светлоокрашенном виде, но когда происходит сегрегация относительно мелких ее кристаллов последующей ее генерации, происходит сгущение ее окраски, характеризующие щелочные амфиболы родусита и баркевикита с характерными голубовато-синими и фиолетовыми цветами. Иногда похожими на цвет голубого глаукофана и синего рибекита или эгирина. Породы содержащие такие минералы часто сопряжены с контактами даек диоритовых порфиритов и габбро-диабазов Мальгузарского комплекса, встречающихся в центральной части интрузива в районе урочища Кызыбел. В экзоконтактовой зоне даек габбро-диабазов пироксен часто имеет эгириновую каёмку и представлен эгирин-авгитом (*рис. 1*).

Крупный порфиробласт калиевого полевого шпата светло-серой окраски в верхней части рисунка (слева) контактирует с каполитизированным кислым плагиоклазом ксеноморфной формы. В нижней части рисунка также без четкого ограничения неравномерно смешаны с темного цвета эмбрионами слегка лучистыми кристаллами гастингсита, часто образующими симплектиты с дезинтегрированными лучистыми кристаллами бурого среднежелезистого биотита. При этом, среди массы гастингсита часто остаются пойкиллитовые включения хорошо ограненных мелких кристалликов кислого перекристаллизованного плагиоклаза, пластинчатого габитуса.

Твейтозиты гибридного происхождения субщелочных гранитов интрузивного массива, возникли за счет взаимодействия гранитоидной магмы пермского возраста с габбро-диабазовыми дайками. Такой тип изменений характерен для начальной стадии развития силурийского возраста Мальгузарского комплекса [2, 4-5]. При этом в отдельных участках сохранились менее измененные, содержащие характерный комплекс породообразующих минералов гипидиоморфной структуры с четко ограненными кристаллами альбит-олигоклаза с показателем преломления в пределах 10-15%. Кристаллы калиевого полевого шпата при этом оставались ксеноморфными за счет начала растворения в кислых растворах равновесных с увеличившимися кристаллами кварца, приведших к повышению гидротермального межкристаллического раствора. Такой слабоизмененный калий-натровой щелочности субщелочный гранит показан в шлифе Тук-28 (*рис. 2*), отобранный в некотором удалении от контакта дайки андезитового порфирита, возникшего в промежуточной части магматической колонны в нижней земной коре.

В породе сохранились довольно хорошо ограненные кристаллы кислого плагиоклаза, соответствующего альбит-олигоклазу в двух генерациях, первая, зерна среднего размера пластинчатого облика с тонкими полисинтетическими двойниками, и вторая генерация, мелкие удлиненно призматические формы с простыми альбитовыми двойниками с более толстыми двойниками индивидов. Ширина их в 5-7 раз меньше их длины, в отдельных кристаллах достигает размера длины пластинчатых зерен. Как видно из рисунка, между пластинчатыми кристаллами плагиоклаза и калиевого полевого шпата не имеется реакционных взаимоотношений, и они развиваются не прикасаясь друг друга. Наоборот мелкие призматические кристаллы второй генерации плагиоклаза, корродируют крупные бесформенные кристаллы калиевого полевого шпата, замещая их края. Такие кристаллы альбита, появившиеся при перекристаллизации калиевого полевого шпата с мелкими кристаллами кварца и развитыми в интерстициях полевошпатовых кристаллов, также способствующих их корродированию не вступают в реакционное взаимодействие и развиваются сами по себе. Они всегда окружены остатками дезинтегрированных темноцветных минералов, представленных симплектитами биотита с роговой обманкой с образованием густо окрашенных в бурый цвет высокожелезистого гастингсита, иногда переходящего в черный не проходящий цвет, предваряющих возникновение железорудной минерализации в виде скоплений магнетит и сульфидов железа, меди, молибдена, свинца, цинка, сурьмы, и других рудообразующих элементов. Такие породы широко распространены в центрально-северной части Кошрабадского интрузива в виде блока ксенолитов интенсивно переработанных (ассимилированных) даек габбро-диабазов, приведших к появлению гибридной магмы корового происхождения при кристаллизации, дифференцируясь способствовали образованию субщелочной гранитоидной магмы в апикальной и основной магме в среднем соответствующего андезиту в корневой части магматической колонны [6]. По структурно-тектоническим ситуациям при кристаллизации гранитоидной в апикальных или же верхней части колонны, сохранилась магма с низкой вязкостью, породы устремились и внедрились в полости стадийно приоткрывшихся дьюзинктивных нарушений имеющих субмередиональное простирание, отчетливо секущие дайки и блок ксенолиты габбро-диабазов Мальгузарского комплекса с субширотным простиранием [7-11]. Это способствовало проявлению т.е. формированию рудных узлов на участке Тукман и его окрестностях с богатой золоторудной в комплексе редкометалльной и редкоземельной минерализацией стадийно сменившейся гидротермально железорудной затем полиметаллической медно-мышьяковистой и свинцово-цинковой минерализацией.

Шлиф 11-58. Структура порфиробластовая, основная масса мелкозернистая, представлена срастанием агрегатов зерен цоизита, кальцита, кварца и моноклинного амфибола. Порода сложена в объемных процентах: Мон. Амфибол-50, Цоизит-30, Кальцит-10, Кварц-10.

Изучение породы под бинокуляром и оптическим микроскопом показало, что она сложена темно-зелеными пятнами до светло-зеленого цвета – призмами порфиробластов моноклинного амфибола (актинолита), между которыми развиты мелкозернистые агрегаты цоизит-кварц-карбонатного состава (*рис. 3*), замещающие амфиболы. Мелкозернистый связующий агрегат зерен макроскопически, в целом, белого, серо-белого цвета. Кварц серо-белый, прозрачный, полупрозрачный, агрегаты цоизита серовато-белого цвета, полупрозрачные. Агрегаты цоизита представлены мелкозерни-

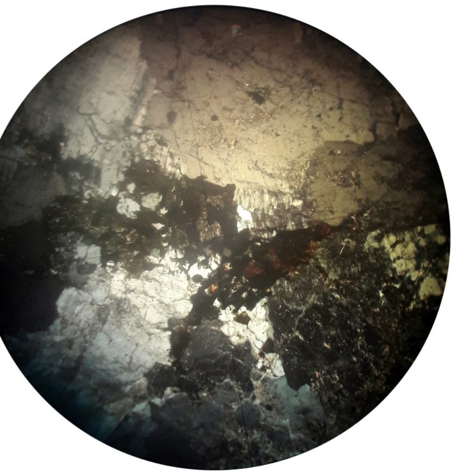


Рис. 1. Тук-27. Развитие твейтозита по граносиениту. Увл. -48х. Николи +

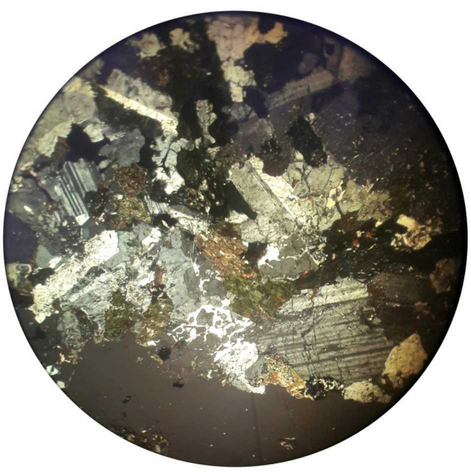


Рис. 2. Тук-28. Слабоизменённый субщёлочной гранит с гипидиоморфной структурой. Увл. -48х. Николи +

Рис. 3. Плащеобразные пойкилобласты кальцита с включениями агрегатов цоизита (слева внизу). Увл. 160х. Николи +

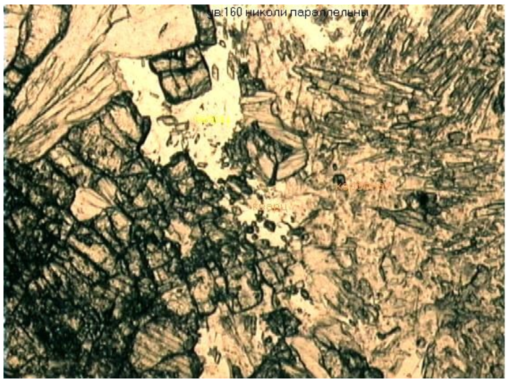


Рис. 6. Агрегаты цоизита, кальцита, амфибола и кварца. Увл. 160х. Николи //

Рис. 4. Кварц-амфибол-цоизитовый агрегат. Кварц и кальцит-поздние минеральные ассоциации. Увл. 160х. Николи +

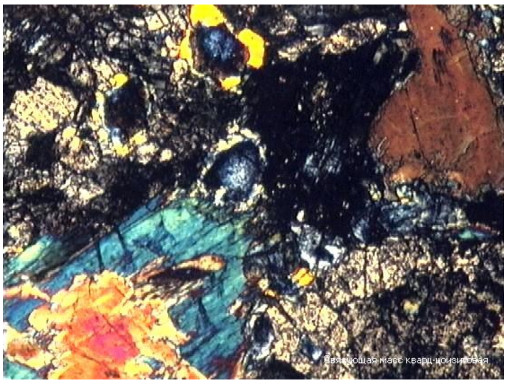


Рис. 7. Зерна эпидот-цоизита, изометричные срезы с аномальной интерференционной окраской, проявлена зональность в распределении цвета. Увл. 160х. Николи +

Рис. 5. Агрегат порфиробластов моноклинного амфибола (актинолита); Увл. 160х.Николи +

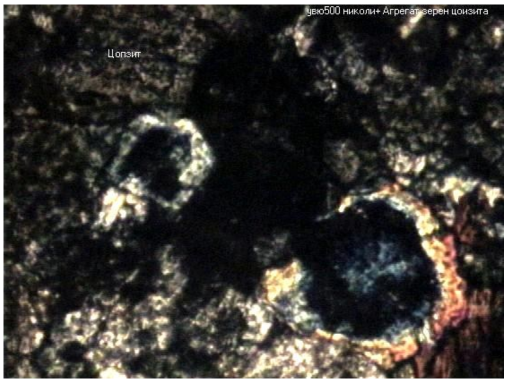


Рис. 8. Зерна цоизита. Увл. 500х. Николи +

стыми скоплениями, среди которых выделяются порифиробласты призм цоизита с продольной штриховкой. Агрегаты кварца и кальцита выполняют интерстициальные промежутки между минералами связующей массы, при этом кальцит образует пойкилобласты с включениями выделений моноклинного амфибола, цоизита (*рис. 3, 7*). Порфиробласты призм моноклинного амфибола размером 1,0х1,2 *мм*, 1,2х1,4 *мм*, 2,0х3,0 *мм* в срастании либо в виде индивидов (*рис. 5, 12*). Интерференционная окраска желто-красно-зеленая, сине-зеленая II порядка, удлинение - положительное, углы угасания относительно удлинения (по удлинению трещины спайности) – до 20^0, есть разрезы с двумя системами спайности (*рис. 5*), углы между последними около 56^0 (*рис. 4, 5*), в параллельных николях серовато-зеленоватого оттенка. Моноклинный амфибол отнесен к актинолиту. По границе зерен, микротрещинам развиты агрегаты цоизита, преобладающие в составе мелкозернистого агрегата связующей массы кварц-кальцит-цоизитового состава в срастании с мелкозернистыми выделениями актинолита (*рис. 8*). Морфология зерен – ближе к табличатой, отдельные индивиды образуют более крупные вытянутые порфиробластические призмы с трещинами спайности по удлинению (*рис. 6*). Размер зерен цоизита – 0,16х0,2 *мм*,

Рис. 9. Цоизит-кварц-карбонатный агрегат, развитый между порфиробластами актинолита. Увл. 160х. Николи +

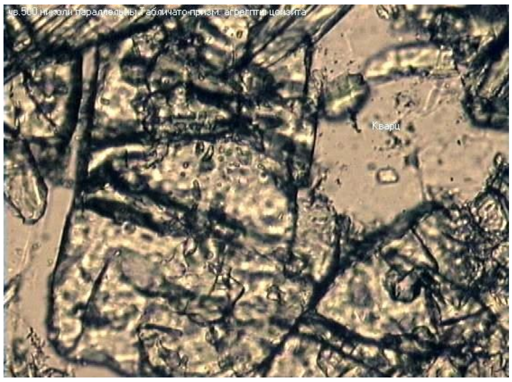


Рис. 11. Табличато-призматические зерна цоизита с поперечными трещинами спайности. Увл. 500х. Николи //

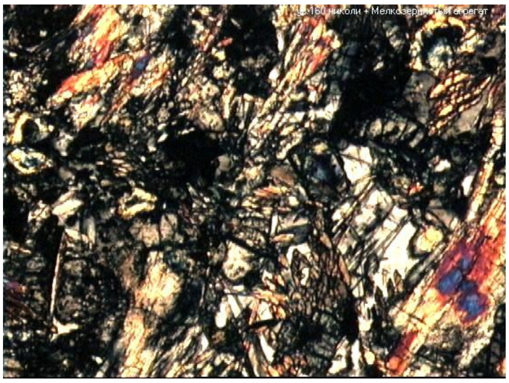


Рис. 10. Мелкозернисты агрегат. Увл. 160х. Николи +

Рис. 12. Призмы-порфиробласты моноклинного амфибола среди агрегатов цоизита. Увл. 160х. Николи +

0,06х0,08 *мм* до 0,4х0,35 *мм* в призмах. Интерференционная окраска цоизита серовато-коричневатая, в зернах, где проявлена аномальная чернильно-синяя окраска отмечено зональное распределение цвета – к периферии до оттенков желтоватого, лилового цвета (*рис. 7-8*). Удлинение может быть + и – (преобладает), угол угасания в большинстве своем приближен к 0^0. По удлинению в порфиробластах амфибола проявлены четкие трещины спайности. Есть разрезы с поперечными трещинами в цоизите – угасание в подобных разрезах прямое относительно удлинения и трещин спайности. Как указывалось выше – межзерновые участки выполнены агрегатами кварца (*рис. 4, 6*), а кальцит образует плащеобразные пойкилобласты с включениями более ранних минералов, а именно моноклинного амфибола, цоизита, кварца.

Таким образом, на основании приведенных фактических материалов можно отметить, что в приведенных выше массивах Западного Узбекистана развитие твейтозитов в раннее опубликованных литературных источниках не встречается, поэтому убеждены в том, что описанные в данной работе твейтозиты являются процессом контролирующем рудных месторождений в генетической связи с интрузивами сложенными гранитоидными породами субщелочного и щелочного состава, а также метасоматитами развитыми на контактах основных и ультраосновных пород с вмещающими их толщами с контактово и автометаморфизованными породами силикатного состава.

Конкретно механизм формирования рудообразующих минералов вольфрама и золота в силикатной системе, а мышьяка, молибдена, меди, серебра, свинца, цинка, сурьмы и др. элементов в сульфидно-силикатной, затем в сульфидно-полиметаллической системе обусловлено повышением фугитивности серы привели состав постмагматических гидротермальных стадийному понижению растворимости по мере остывания интрузивного массива и сингенетичному повышению их кислотности. Это является главной причиной по этапному отложению рудообразующих элементов, соответствующих рудных систем. Установлено образование твейтозитов в Кошрабадском и Тебинбулакском интузивах Западного Узбекистана с богатым золоторудным и железорудным оруденением и редкометалльной, радиоактивной и редкоземельной минерализацией является признаком рудоносности на отмеченные рудообразующие элементы и может считаться поисковым критерием для обнаружения их месторождений в районах адекватных по геологическому строению Кочбулакскому и Тебинбулакскому интрузивным массивам, имеющим ранние фениты-твейтозиты.

Библиографический список:

1. Тихоненкова Р.П. Фениты Хибинского массива. Редкометальные метасоматиты щелочных массивов. – М.: Наука, 1967. – С. 5-94.

2. Баранов В.В., Кромская К.М., Висьневский Я.С. Габброидные комплексы западной части Южного Тянь-Шаня и их минерагения. – Т.: «ФАН» АНУзССР, 1978. – 168 с.

3. Михайлов Н.П., Семенов Ю.Л. Диабаз-пикритовая формация. В кн. Магматические формации СССР. – Т. 1. – М.: «Недра», 1979. – С. 265-273.
4. Михайлов Н.П., Семенов Ю.Л. Каратугайский пикрит-диабазовый комплекс в Казахстане и некоторые вопросы петрологии. Советская геология, 1965. – № 3. – С. 49-59.
5. Мусаев А.М., Джуманиязов Д.И., Нематуллаев С.Л. Метасоматические формации золоторудных месторождений Чармитанского рудного поля. Геология и минеральные ресурсы. – №3, 2019. – С. 27-31.
6. Семенов Ю.Л. Габбро-перидотитовые и пикрит-габро-диабазовые комплексы Тянь-Шаня Памира. – Л.: «Недра», Ленинградское отделение. 1982. – 211 с.
7. Хамрабаев И.Х. Систематика акцессорных минералов. – Ташкент: «ФАН», 1978. – 28 с.
8. Хамрабаев И.Х., Мусаев А., Лихойдов Г.Г., Баранов В.В. Поля основных и ультраосновных пород в Узбекистане // в кн. Петрография Узбекистана. – Ташкент: «ФАН», 1965. – С. 45-59.
9. Хамрабаев И.Х. Пикриты Южного Тянь-Шаня как продукты нижней мантии. В кн. Петрология. – М.: «Наука», 1972. – С. 39-48.
10. Висьневский Я.С. О двух главных формациях базальтов и гипербазитов Узбекистана // В кн. ТашПИ. – Ташкент: «ФАН», 1968. – С. 94-97.
11. Михайлов Н.П. Интрузивы офиолитового комплекса восточного Казахстана // Труды ВСЕГЕИ, новая серия, 1962. – Т. 80. – С. 109-123.

“GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA”, 2022, № 2(89) pp. 41-45

TVEITASITES IN THE KOSHRABAD INTRUSIVE (WESTERN UZBEKISTAN)

[1]**Rizaev M.M.,** *Chief Specialist in Solid Minerals, Geologist.*
[2]**Musaev A.M.,** *Senior Researcher, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor.*
[2]**Dzhumaniyazov D.I.,** *Junior researcher.*
[2]**Turakulov A.U.,** *Doctoral Student.*

[1]**State Unitary Enterprise "Regional-geology" of the State Committee for Geology of the Republic of Uzbekistan.**
[2]**Institute of Geology and Geophysics named after H.M. Abdullayev, State Committee for Geology of the Republic of Uzbekistan.**

The article presents newly discovered rocks in the Koshrabad intrusive located in western Uzbekistan, which are referred to as tveitasites. The present tveitasites within the Koshrabad intrusion are developed insignificantly, because the degree of erosion cut of the intrusion has not reached the depth where the nepheline syenite outcrops we assume could arise, tveitasites appeared on the contact frame, which is a process controlling the ore deposits in genetic connection with intrusives composed of granitoid rocks of subalkaline and alkaline composition.

Keywords: *Tveitasites, metasomatites, nepheline syenites, sulfides, melanocratic facies, assimilation, ore localization, rare elements, petrogenic elements and others.*

Bibliographic list:

1. Tikhonenkova R.P. Fenites of the Khibiny massif // V Rare-metal metasomatites of alkaline massifs. – M.: Nauka, 1967, pp. 5-94.
2. Baranov V.V., Kromskaya K.M., Visnevsky Ya.S. Gabbroid complexes of the western part of the Southern Tien Shan and their minerageny. – Tashkent: «FAN» Publishing House of the Academy of Sciences of Uzbekistan, 1978. – 168 p.
3. Mikhailov N.P., Semenov Yu.L. Diabase-picrite formation // in the book. Igneous formations of the USSR. V. 1. – M.: "Nedra", 1979, pp. 265-273.
4. Mikhailov N.P., Semenov Yu.L. Karatugai picrite-diabase complex in Kazakhstan and some issues of petrology. Sovetskaya geologiya, 1965. No. 3, pp. 49-59.
5. Musaev A.M., Jumaniyazov D.I., Nematullaev S.L. Metasomatic formations of gold deposits of the Charmitan ore field. Geologiya i mineral'nyye resursy, No. 3, 2019, pp. 27-31.
6. Semenov Yu.L. Gabbro-peridotite and picrite-gabro-diabase complexes of the Tien Shan Pamir . – L.: «Nedra» Leningrad branch, 1982. – 211 p.
7. Khamrabaev I.Kh. Systematics of accessory minerals. – Tashkent: «FAN», 1978. – 28 p.
8. Khamrabaev I.Kh., Musaev A., Likhoidov G.G., Baranov V.V. Fields of basic and ultrabasic rocks in Uzbekistan // in the book. Petrography of Uzbekistan. – Tashkent: «FAN», 1965, pp. 45-59.
9. Khamrabaev I.Kh. Picrites of the Southern Tien Shan as products of the lower mantle. In the book. Petrology. – M.: Nauka, 1972, pp. 39-48.
10. Visnevsky Ya.S. On the two main formations of basalts and hyperbasites of Uzbekistan. In the book of TashPI, – Tashkent: «FAN», 1968, pp. 94-97.
11. Mikhailov N.P. Intrusions of the ophiolite complex of eastern Kazakhstan. Trudy VSEGEI, new series, 1962. V. 80, pp. 109-123.

УДК [624.131.1001.5+624.131.542] 575.15

DOI:10.54073/GV.2022.2.89.010

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ОБВАЛЬНО-ПРОВАЛЬНЫХ ОБРУШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ХАНДИЗА

Курбонов Э.Ш.,
младший научный сотрудник
ГУ «Институт ГИДРОИНГЕО»

Maqolada muammoning dolzarbligi, shuningdek o'pirilish o'pqonlari hosil bo'lishining rivojlanish xususiyatlari (O'zbekistonning alohida baland tog'li hududlari konlari misolida) ko'rib chiqiladi. Bu tadqiqot usulida o'pirilish o'pqoni (qulashi) kabi jarayonlar rivojlanishi chuqurliklarga tutashgan sari ularning shakllanishida buloqlar va kon inshotidagi yer osti suvlari oqimi muhim ahamiyat kasb etadi. Konlarni qazib olishda kon inshootlari sharoitlarining o'zgarishiga olib keluvchi o'pirilish o'pqonlarining hosil bo'lishida tog' jinslarining mustahkamlik darajasi kamayishi va deformatsiya jarayonlari rivojlanishning ahamiyati keltirilgan.

Tayanch iboralar: *o'pirilish o'pqoni, yer osti kon inshooti, cho'kish, mustahkamlik, deformatsiya, chuqurlik, diametr, tebranishlar, yer osti suvlari, tog' jinslari bosimi, tog' jinslar, hosil bo'lish jarayoni, kuchlanish, varonkasimon o'pirilish, fizikaviy va mexanik xususiyatlar, tiklanish kuchi, ichki ishqalanish burchagi.*

В статье рассматриваются актуальность задачи, а так же некоторые вопросы особенностей формирования обвально-провальных обрушений (на примере отдельных высокогорных объектов месторождений Узбекистан). Методика исследований включает в себя изучение не только расположения провала (обрушения), но и разрезов, примыкающих к провальным воронкам, так как немаловажную роль в их образовании играет поток подземных вод с действующими родниками. В результате исследований, даются особенности развития прочностных и деформационных свойств горных массивов при формировании обвальных провальных обрушений, приводящие к изменениям горнотехнических условий эксплуатации месторождений.

Ключевые слова: *провальные обрушения, подземные горные выработки, просадка, прочность, деформация, глубина, диаметр, вибрации, подземные воды, горное давление, горные породы, процесс формирования, напряжения, провальная воронка, физико-механические свойства, сила сцепления, угол внутреннего трения.*

На территории республики Узбекистан, в горных условиях, разведаны и разрабатываются различные типы месторождений твердых полезных ископаемых, расположенных в своеобразных геоморфолого-климатических, геолого-тектонических, гидрогеолого-инженерно-геологических условиях. Большинство месторождений, особенно в горных и предгорных районах, разведываются и эксплуатируются штольнями и шахтными способами. Протяженность отдельных этих штолен иногда достигает более 5000 *м*, расположены они на глубинах до 600 *м* и глубже [3].

Горнодобывающая промышленность в настоящее время широко развивается. Открываются новые месторождения полезных ископаемых, а также эксплуатируются старые. Разработки ведутся как открытым (карьеры), так и подземным (шахты) способами. Интенсивная разработка крупных месторождений в высоконапряженных скальных массивах приводит к резкой активизации техногенных процессов в недрах и на поверхности [4].

Горные породы в земной коре находятся в естественно напряженном состоянии, вызванном гравитационными силами. Проходка подземных горных выработок (штолен, штреков и т. д.) вызывает в массиве пород перераспределение напряжений, причем на отдельных участках возникает горное давление, воздействующее на крепь подземных выработок. Горное давление приводит к ряду инженерно-геологических явлений, возникающих вокруг подземных выработок и на поверхности земли: обрушение, сдвижение (провалы) массива пород и т. д.

Под сдвижением (провал) обычно понимают деформацию пород, залегающих непосредственно над горными выработками (или выработанными). На этом участке в массиве происходит изгиб пластов или беспорядочное обрушение пород, а поверхность земли искривляется и опускается вместе с сооружениями. Участок земной поверхности, подвергшийся сдвижению, называют мульдой сдвижения. Развитие процессов провалов зависит от свойств пород, слагающих толщу над горной выработкой, и прежде всего от их прочности и способности к пластическим деформациям. Оседание провалов длится месяцы и годы, что связано с глубиной залегания выработок [1].

В связи с увеличением проведения горных работ подземным способом, при разработках месторождений в последние годы широко развиваются обвально-провальные обрушения на месторождениях расположенных в условиях высокогорных южных регионов республики, таких как Хандизинское месторождение.

Главными горными системами на площади Хандизинского рудного поля являются горы Сурхантау и Байсунтау. Наивысшая отметка Байсунтау (хр. Хурсантаг) – 4117 *м*, а самая низкая отметка 940 *м*. приурочена к руслу р. Сангардак (*рис. 1*).

Относительные превышения водоразделов хр. Сурхантау над руслами основных рек составляют от 600-700 *м* до 2000 *м*, северо-западные склоны гор Сурхантау – пологие и слаборасчлененные, а юго-восточные склоны – крутые, обрывистые и интенсивно расчленённые. Понижение рельефа постепенное в юго-западном направлении, между р. Сангардак и Хандиза. В условиях равнинного и равнинно-холмистого рельефа широко распространены различные генетические типы четвертичных отложений, представленные рыхлыми несвязными и мягкими со связными породами значительной мощности. Коренные породы представлены слабодислоцированными осадочными и вулканогенными разностями, местами прорванными магматическими телами. Это породы чехла и древних и молодых платформ, обнажающиеся на поверхности по долинам рек или покрытые четвертичными отложениями. Прочностные свойства и устойчивость всех этих пород обычно малы, или недостаточны.

Гидрогеологические условия характеризуются неглубоким залеганием грунтовых вод и наличием нередко нескольких горизонтов зон и комплексов напорных пластовых вод. Водоносные горизонты, зоны и комплексы могут иметь большую водообильность, водопроницаемость горизонты и зоны карстовых вод и пьезометрические напоры. В общем, горные породы равнинных и равнинно-холмистых областей часто слабодренированы.

В условиях этого рельефа, следует обратить внимание на распространение таких геологических явлений, как плывуны в толщах четвертичных отложений и коренных породах, карст в карбонатных и соленосных породах, и связанных, как правило, с глинистыми

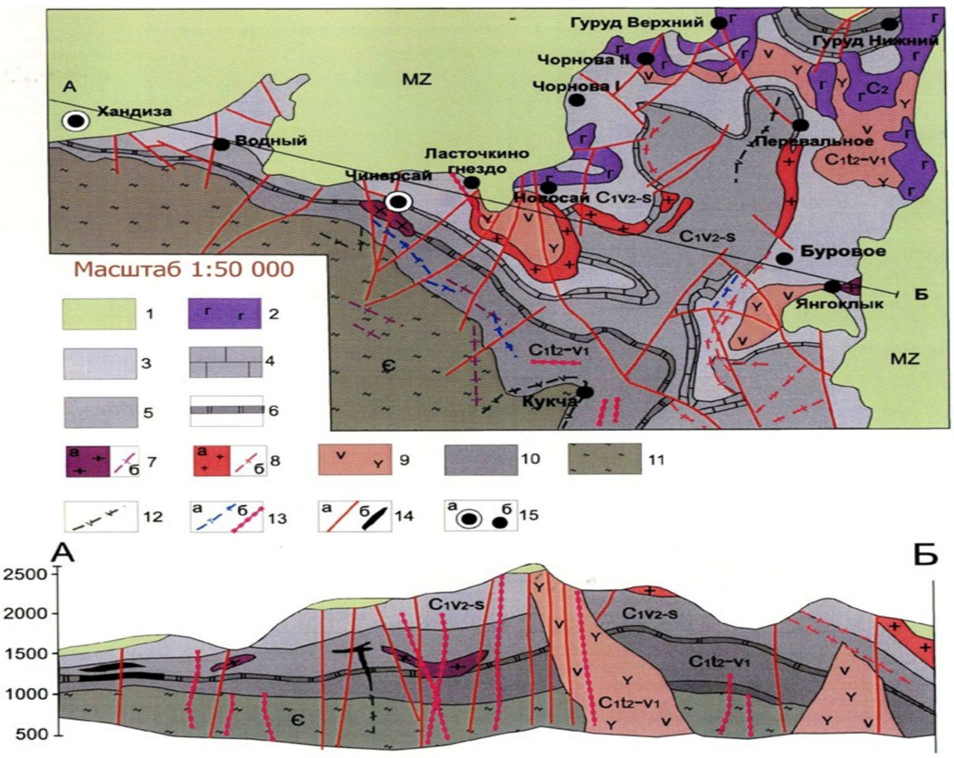


Рис. 1. Геологическая карта Хандизинского рудного поля: 1 – мезокайнозойские отложения; 2 – ходжирбулакская (C_2): габбро, габбро-диабазы; 3 - 6 – вахшиварская (C_1V_2-s); 3 – песчаники, алевролиты, риолиты (верхняя подсвита); 4 – известняки, аргилиты; 5 – риолиты (средняя подсвита); 6 – доломиты, кремни (нижняя подсвита); 7 – риолиты, дайка риолитов; 8 – гранит-порфиры, дайка-порфиров; 9 – андезидациты; 10 – зойская (C_1t_2-v_1): песчаники, алевролиты, риолиты; 11 – хандизиская свита (Є?): сланцы, гнейсы; 12 – южно-тянь-шаньский (T_{2-3}): лампрофиты, диабазы; 13 – поджурский (Р): сиениты, диоритовые порфириты; 14 – разломы, рудные тела на разрезе; 15 – месторождения рудопроявления

породами. При проходке подземных горных выработок возникают сложности в связи с напорными водами, развитием плывунов карстовыми пустотами и зонами повышенной закарстованности горных пород, возможностью прорывов в горные выработки воды, плывунов и разжиженных глинистых пород, переходящих в обвально-провальные обрушения.

На *рис. 2* показана блок-диаграмма зоны провального обрушения месторождения Хандиза.

В четвёртом провале наблюдались обрушения горных пород. В результате, со временем, диаметр четвёртой провальной воронки увеличился в размере до 10х15 *м*, с видимой глубиной до 30-40 *м*.

Дальнейшая разработка будет происходить в северном направлении по траектории падения рудного тела. В связи с этим, образование провальных воронок и развитие вокруг них провалов будет происходить также в северном направлении в пределах границ горного отвода рудника.

Как показали исследования, в районе второй и четвёртой провальных воронок, на площади 0,8 *км²,* участок склона между двумя суходолами сильно деформирован, расширение и просадка горных пород вдоль трещин происходят со скоростью до 1-2 *мм/сут*. Намечается контур будущего обвально-провального обрушения, которое может составить в диаметре до 200х200 *м*. Вероятность формирования высока, так как площадь расположена в синклинальной структуре, центре разработки Хандизинского месторождения.

Для участка склона, подверженного сдвижению горных пород характерна высокая чувствительность к вибрациям. Дальнейшее развитие горных работ на площади месторождения может привести к расширению зоны деформации на прилегающих горных склонах. Со временем, вокруг провальных обрушений, будет происходить образование круговых трещин с формированием провальных обрушений, что может привести к потере устойчивости вышерасположенного горного склона.

Место образования провальной зоны невозможно определить, так как это зависит от сочетания многих природных и техногенных факторов. Ускорить и усилить процесс формирования зоны сдвижения горных пород под выработанным пространством могут вибрации, промышленные взрывы, подземные воды и атмосферные осадки в аномально водообильные годы, проникая по существующим трещинам и воронкам. Основное увеличение процесса формирования провалов происходит в ноябре. Максимальные водопритоки в горные выработки совпадают с обильными атмосферными осадками. В 2012 г. выпало 540 *мм* и соответственно увеличился среднегодовой водоприток в горные выработки, которые достигли до 40 *л/с*.

Гидрогеологические особенности Хандизинского рудного поля находятся в прямой зависимости от литологического состава пород, геоморфологии местности, тектонического строения речного стока и атмосферных осадков. По условиям залегания и питания, циркуляции, разгрузки подземных вод выделяются грунтовые и пластово-трещинные воды палеозойских пород. Водопритоки в горные выработки образуются в основном, за счет дренажа трещинных вод, вскрытых горными выработками (штреки, штольни) и самоизлившимися скважинами, ранее пробуренными. Подземные воды непосредственно оказывают существенное влияние на состояние устойчивости горных выработок, за счет увлажнения литологических разностей горных пород. Прочностные показатели сланцев и мергелей различного состава и свойств в водонасыщенном состоянии снижаются.

В геологическом строении рудной площади в основном принимают участие вулканогенно-осадочная толща нижнего отдела кар-

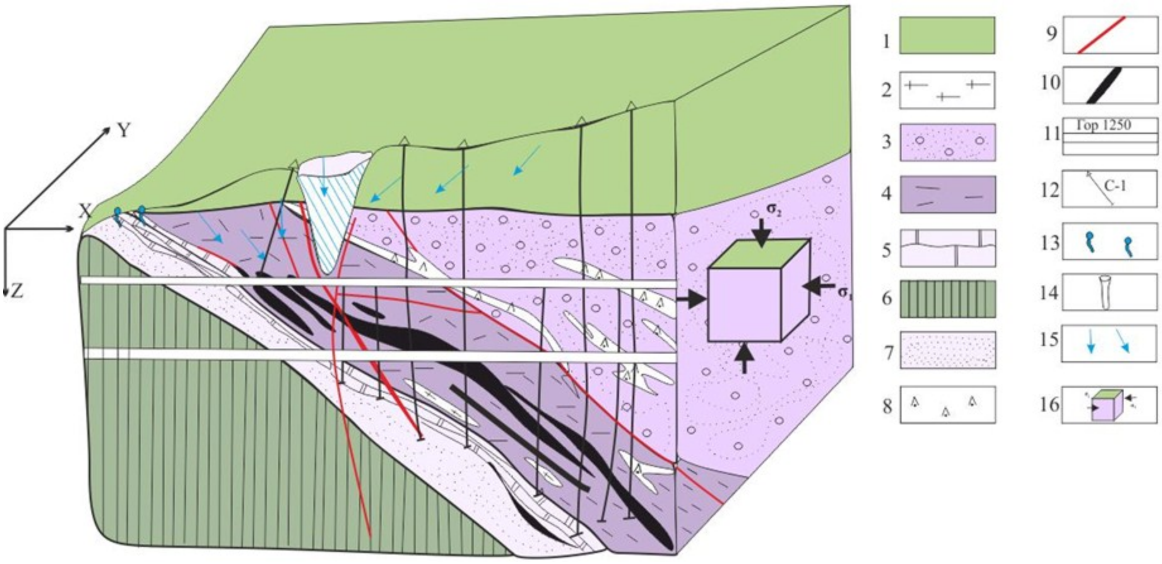


Рис. 2. Блок-диаграмма зоны провального обрушения месторождения Хандиза: 1 – мезокайнозойские отложения. Вахшиварская свита (C_1v_2-s): песчаники, алевролиты, лессовидные суглинки, углистые сланцы, гравелиты; 2 – риолиты; 3 – алевролиты, песчаники, конгломераты, реолиты (верхняя подсвита); 4 – реолиты (средняя подсвита); 5 – доломиты; 6 – хандизинская свита (Є?): сланцы, гнейсы; 7 – Вахшиварская подсвита (C_1t_2-v_1): песчаники, туфы; 8 – поджурский комплекс (P): диоритовые порфириты; 9 – разломы; 10 – рудные тела; 11 – подземные горные выработки; 12 – скважины надземные (а), подземные (б) – на плане; 13 – родник; 14 – провальное обрушение; 15 – движение подземных вод. В этих геологических условиях формировались провальные обрушения; 16 – предельная поверхность теории максимальных напряжений

бона, металлогенические образования нижнего отдела кембрия, осадочные породы триасовой и юрской систем и четвертичные отложения. Главная особенность геолого-тектонического строения месторождения – сложноскладчатая структура, с наличием флексурных и разрывных нарушений, блоковое строение рудного поля, а также, неблагоприятные горнотехнические условия эксплуатации месторождения. На площади и глубине, геологами выделяются более 20 тектонических блоков, амплитуда перемещения которых по отдельным блокам достигает 500 *м* по горизонтали, и до 100-150 *м* по вертикали. Блочное строение породного массива определяет степень неравномерной обводнённости по структурным блокам по площади и глубине.

В этих зонах породы перетерты, разбиты на крупные и мелкие обломки, прочностные показатели их на порядок ниже. Самыми неблагоприятными для устойчивости горных выработок являются нарушенные зоны, расположенные параллельно вдоль горных выработок, а также простирание, направленное согласно стенкам выработок.

Таким образом, исходя из этих особенностей геологического строения (в данном районе залегают породы, не выдержанные по мощности и простиранию, которые разбиты на различные блоки) определяется механизм развития провальных обрушений, т. е. состояния устойчивости горных выработок. Геологические особенности предопределены блочным строением горнорудного района (поля) и оказывают влияние на степень обводнённости структурных блоков по площади и глубине.

Прочностные показатели породного массива постепенно уменьшаются до критического состояния, деформации происходят в выработанном пространстве. В этих зонах образуются субнапорные воды за счет гидростатического давления. В этих условиях формируются и распространяются различные типы инженерно-геологических процессов в горных выработках (обрушения, вывалы, камнепады горных пород). Пестрота геолого-тектонического и геоморфологического строения, а также неравномерная обводнённость рудного поля предопределила сложностью горнотехнических условий разведки и разработки месторождения Хандиза на территории Хандизинского рудного поля. На поверхности и вдоль подходных дорог к штольням развиты вывалы, выветривание, осыпи, а внутри горных выработок обрушения вывалы, разуплотнение и др. на поверхности обвального провального обрушения.

Физико-механические свойства горных пород в нарушенных и ненарушенных интервалах меняются соответственно по степени (уровня) изменяемости массива горных пород. В зонах нарушенности и трещиноватости в сильноизмененном интервале, в зоне провала, угол внутреннего трения составляет 43°, сила сцепления 6,8 *МПа*, прочностные показатели на сжатие 14,7 *МПа,* растяжение 9,3 *МПа*.

В неизмененных массивах горных пород за пределами провалов угол внутреннего трения составляет 53°, сила сцепления 14,5 *МПа*, прочностные свойства на сжатие 49,2 *Мпа,* растяжение соответственно 5,1 *МПа* [2].

Образование провальных обрушений сводится к тому, что в зоне провальных воронок на площади 0,82 *км²* участок склона между двумя суходолами сильно деформирован, расширение и просадка горных пород вдоль трещин происходит со скоростью до 1-2 *мм/сут*, вероятность формирования будущей мульды сдвижения, которая может составить в диаметре до 200×200 *м* высока, так как площадь расположена в синклинальной структуре, центре разработки Хандизинского месторождения [5].

Одним из факторов развития обвально-провального обрушения являются гидрогеологические условия Хандизинского рудного поля, которые находятся в прямой зависимости от литологического состава пород, геоморфологии местности, тектонического строения речного стока и атмосферных осадков.

Таким образом, геоморфолого-инженерно-геологические особенности Хандизинского месторождения предопределили сложность технологии разведки и его разработки.

Провалы поверхности земли образуются в результате обрушения грунтов в горные выработки. Размеры провалов различны – наиболее значительные характерны для крутозалегающих пластов.

Провальные воронки на поверхности земли возникают в результате обвала кровли подземных пустот естественных (пещеры) или искусственных (подземные горные выработки). Провал – это результат деятельности человека в сфере разработки месторождения подземным способом, иначе их называют – шахтные провальные воронки или шахтные провалы земной поверхности [3].

Главная причина образования провала – действие динамических сил от взрыва и работы горнотранспортных средств, а также разгрузка вышележащих литологических разностей пород, которая сопровождается снятием упора горнопроходческими работами.

Провалы – это проявления деформации пород, залегающих непосредственно над горными выработками (или выработанными пространствами). На этом участке в массиве происходит изгиб пластов или беспорядочное обрушение пород, а поверхность земли искривляется и опускается вместе с сооружениями. Развитие процессов провальных обрушений зависит от свойств пород, слагающих толщу над горной выработкой и прежде всего от их прочности, т. е. способности к пластическим деформациям. Оседание провалов длится месяцы и годы, что связано с глубиной залегания выработок [2].

Провалы поверхности земли образуются в результате обрушения грунтов в горные выработки. Размеры провалов различны, наиболее значительные характерны для крутозалегающих пластов.

Вышеописанные процессы проявляются непосредственно в поле (участка) напряжений в результате разработки горизонтальной горной выработки, в которых со временем происходит изменение прочностных и деформационных свойств горных массивов, приводящих к формированию обвально-провальных обрушений.

Последующий механизм развития происходит в следующей последовательности:

1. Провальные обрушения формируются в местах, где в своё время происходили трещинообразования, которые в наше время проявляются как остаточная деформация.

2. Остаточная деформация образуется за счёт термобарических процессов развивающихся в процессе осаждения рудных объектов.

3. За счет вибрационных явлений связанных с горнопроходческими работами происходят ослабления (разуплотнения) трещин которые служат (благоприятствуют) миграции подземных вод.

4. Вследствие миграции воды, благодаря постоянно действующим водопритокам, по этим трещинам перетекают подземных воды южных горизонтов.

5. В верхних водоносных горизонтах в процессе перетекания вод происходят суффозионные процессы, тем самым создаются благоприятные условия формирования провальных обрушений.

6. Движение вод по трещинам возбудило верхний водоносный горизонт. В результате чего, существенно снизилась сила сцепления между частицами пород. Постоянное движение вод по трещинам привело к большой степени выносов глинистых частиц, которые служили в качестве сцепления в рыхлых отложениях.

Таким образом, вынос глинистых частиц по трещинам, расположенным над рудными оруденениями, привел к образованию провального обрушения.

Особенности развития прочностных и деформационных свойств горных массивов являются предвестником формирования обвально-провальных обрушений. Процесс развития и форма проявления провальных обрушений от очистного пространства и до выхода на поверхность характеризуются большой динамичностью, достигающей до сантиметра в сутки, что осложняет горнопроходческие работы.

Библиографический список:

1. Мирасланов М.М. Инженерная геология, гидрогеология месторождений твердых полезных ископаемых Узбекистана. – Ташкент, 2011. – С. 146-164.

2. Арипова Ф.М., Мирасланов М.М. и др. Физико-механические свойства горных пород рудных месторождений Узбекистана. Справочник. – Ташкент: Типография центра по науке и технологиям, 2006. – 220 с.

3. Мирасланов М.М., Закиров М.М. Инженерно-геологические процессы, развитые на месторождениях твёрдых полезных ископаемых Узбекистана: оценка и прогноз. – Ташкент: ГП «Институт ГИДРОИНГЕО», 2015. – 166 с.

4. Курбанов Э.Ш. Роль гидрогеологических и инженерно-геологических факторов осложняющие разработки глубоких горизонтов месторождения твердых полезных ископаемых. Слёт молодых специалистов Геологической отрасли Республики Узбекистан. Сборник тезисов. – Ташкент, 2015. – С. 45-48.

5. Abdurakhmanov B.M. Hydrogeological and engineering-geological processes in «Khandiza» deposit International Journal of Geology, Earth & Environmental Sciences Centre for Info Bio Technology. – Jaipur – India, 2018 y, pp. 92-98.

УДК: 552.332.552.11 (575.14)

DOI:10.54073/GV.2022.2.89.011

ДАЙКА КЕРСАНТИТА В ГРАНИТОИДАХ КАРАТАУСКОГО ИНТРУЗИВА (ЮЖНОЕ НУРАТАУ)

Косбергенов К.М.,
базовый докторант (PhD)
Института геологии и геофизики
им. Х.М.Абдуллаева УГН Госкомгеологии РУз.

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

Maqolada Janubiy Nurota Qoratov intruzivi granitoidlarining uzilish yoriqlarini to'ldirgan ohak-ishqorli (dala shpatli) lamprofirlar oilasiga mansub kersantit daykasi tavsiflangan. Qalinligi 10 m gacha bo'lgan dayka shimoliy-sharqqa (35-40º) cho'zilgan va tarkibida slyudit ksenolitlari va turli xil ksenokristallar mavjud bo'lgan porfir tuzilishi bilan ajralib turadi. U plagioklaz va biotitning ajralmalaridan, kamdan-kam hollarda jigarrang amfiboldan, yaxlit massa esa kaliyli dala shpati, kvarts, karbonat, xlorit va aksessor minerallardan iborat. Mineralogik tarkibi, strukturasining tabiatiga ko'ra, bu jinsni magmatizmning postgranit yoki plitaichi bosqichida hosil bo'lgan lamprofirlarga (kersantit) mansub deyish mumkin.

Tayanch iboralar: *mineral, tog' jinsi, kersantit, porfir tuzilish, yaxlit massa, lamprofir, granitoid, intruziv, plitaichi magmatizmi.*

В статье описана дайка керсантита из семейства известково-щелочных (полевошпатовых) лампрофиров, вышедшая на трещину отрыва в гранитоидах Каратауского интрузива Южного Нуратау. Дайка мощностью до 10 м простирается строго на северо-восток (35-40º), характеризуется порфировой структурой с наличием ксенолитов, слюдитов и различных ксенокристаллов. Состоит из вкрапленников плагиоклаза и биотита, редко коричневого амфибола, в основной массе калиевый полевой шпат, кварц, карбонат, хлорит и акцессорные минералы. По минералогическому составу, характеру структуры эту породу можно отнести к лампрофирам (керсантиту) посгранитного или внутриплитного этапа магматизма.

Ключевые слова: *минерал, порода, керсантит, порфировая структура, основная масса, лампрофир, гранитоид, интрузив, внутриплитный магматизм.*

Лампрофиры, представляют собой жильные гипабиссальные породы гибридного состава, встречающиеся в виде даек, силлов, реже в виде трубок взрыва. По данным ряда исследователей, эта группа горных пород характерна для магм богатых калием и летучими веществами, с быстрым подъемом и внедрением на верхние уровни земной коры, связанные с внутриплитной или постколлизионной тектонической обстановкой, производные из метасоматизированной верхней мантии источников [1-7].

Практически все исследователи считают, что с лампрофирами связаны многочисленные золоторудные, редкометалльные и редкоземельные оруденения [2], однако, делают вывод, что известково-щелочные лампрофиры не должны использоваться геологами-разведчиками для поисков золотых месторождений, поскольку, имеющихся данных недостаточно, чтобы подтвердить что лампрофиры более многочисленны вблизи орогенных месторождений золота. Можно согласится с авторами, но, например, в пределах большинства золоторудных месторождений Западного Тянь-Шаня дайки лампрофиров ассоциируются с оруденениями. Лампрофировые дайки играют важную роль в качестве источника тепла и флюидов, которые приводят к мобилизации сульфидных залежей с полиметаллов, РЗЭ и некоторых благородных металлов.

Ниже приводятся данные о вещественном составе дайки керсантита из семейства известково-щелочных (полевошпатовых) лампрофиров, прорвавшейся на трещину отрыва гранитоидов Каратауского интрузива Южного Нуратау.

В геологическом строении северо-восточной части Каратауского интрузива (басс. р. Карамечеть) принимают песчано-сланцевые отложения караташской свиты ($S_1l_{1-2}kr$), биотитовые граниты главной фазы интрузива (P_1) и дайки гранит-порфиров, керсантитов (P_2-T_1).

Караташская свита $S_1l_{1-2}kr$ обнажается на северных склонах Каратау, слагая вместе с джалатарской Койташ-Зааминскую пластину, надвинутую на Нуратау-Лятобандскую. Отложения свиты слагает пачка разнозернистых средне-толстослоистых песчаников и песчанистых алевролитов. Для этих образований характерна традиционная слойчатость [8]. По данным Хан Р.С. и др. (2006) отложения караташской свиты (S_1kr) распространены в северной части интрузива, нижняя часть которой сложена преимущественно песчаниками и алевролитами с редкими прослоями гравелитов (*рис. 1*). Песчаники темно-серые с зеленоватым оттенком от среднеслоистых до массивных. Мощность нижней части 150 *м*. В песчаниках определены редкие отпечатки граптолитов раннего-среднего лландовери.

Средняя часть (терригенный флиш) представлена ритмично переслаивающимися сланцами и алевролитами (0,1-0,5 *м*) с редкими прослоями песчаников (0,05-0,1 *м*). Сланцы глинисто-слюдистые серовато-зеленые тонкоразлистованные. Мощность средней части около 150 *м*. Верхняя часть разреза песчаниково-сланцевая, преобладают песчанистые алевролиты. Мощность прослоев песчаников от 0,2 до 1,5 *м*, сланцев 0,05-0,1 *м*. Алевропесчаники светло-серые до зеленовато-серых, среднеплитчатые кварц-полевошпатовые. Сланцы глинисто-слюдистые, серовато-зеленые. Мощность верхней части более 100 *м*. Общая мощность свиты более 400 *м*.

Биотитовые граниты Каратауского интрузива по внешнему виду светло-серые, иногда с розовым оттенком, среднезернистые, в различной степени порфировидные и состоящие из кварца, полевых шпатов и биотита. Содержание этих минералов сильно варьирует: кварц (30-3,5%), калишпат (30-35%) плагиоклаз (20-30%), биотит (5-10%), иногда мусковит др. Акцессорные минералы представлены апатитом, цирконом, флюоритом, монацитом, ксенотином, целестином, киноварью, галенитом, турмалином, торитом, рутилом. Все граниты Каратауского интрузива относятся к породам нормальной щелочности, но с высоким количеством флюорита 0,39-0,58%.

Дайки представлены гранит-порфирами и керсантитами, которые приурочены к зоне трещин отрыва биотитовых гранитов Каратауского интрузива.

Керсантит – это международное обозначение гипабиссальных лампрофиров, в основном, состоящих из темных слюд и плагиоклазов. Керсантит (посел. Керсантон, Франция) – слюдяной лампрофир диоритового состава из семейства известково-щелочных лампрофиров, содержащие плагиоклаз и биотит, небольшое количество калиевого полевого шпата, редко пироксена, оливина и амфибола. Количество биотита составляет около 1/3 породы.

Дайка керсантита в биотитовых гранитах Каратауского интрузива является крутопадающим телом, северо-восточного (35-40º) простирания, мощностью от 1,5 до 10 *м* и протяженностью до 500 *м*. Она приурочена к зоне трещины отрывов северо-восточного простирания, повторяя ее направленность пересекая биотитовые граниты нижнепермского интрузива. В одних местах дайки – краевые части, сложены более меланократовым материалом, в другой – лейкократовой части наблюдаются ксенолиты меланократовых пород типа слюдита и фенокристаллы калиевых полевых шпатов, размер последних до 10 *см* в поперечнике (*рис. 2*). От эндоконтакта по направлению к центру порода становится равномернозернистой (*рис. 2а*). Это свидетельствует о внедрении расплава в холодную трещину отрывов гранитоидов, сопровождающихся зоной закалки.

Дайка керсантита представлена серыми, зеленовато-серыми породами, мелкозернистой основной массой, вкрапленниками плагиоклаза и крупных чешуй биотита размерами до 1 и более *см* (*рис. 3*). Основная масса породы сложена плагиоклазом, биотитом, карбонатом, кварцем и редко амфиболом. Вкрапленники биотита замещены по периферии хлоритом и эпидотом. Спектр акцессорных минералов представлен апатитом, ильменитом, сфеном, цирконом, пиритом.

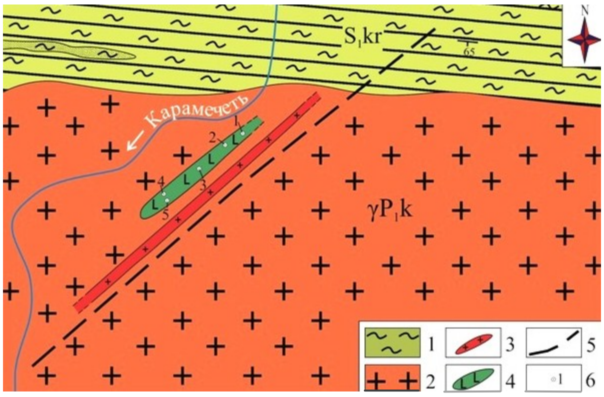


Рис. 1. Схема геологического строения басс. р. Карамечеть: 1 – отложения Караташской свиты (S_1kr); 2 – биотитовый гранит (главная фаза) Каратауского интрузива; 3 – дайки гранит-порфира; 4 – дайки керсантитов; 5 – трещины отрыва; 6 – место отбора образцов

Рис. 2. Дайка керсантита с крупными фенокриталлами ортоклаза в биотитовых гранитах Каратауского интрузива (басс. р. Карамечеть)

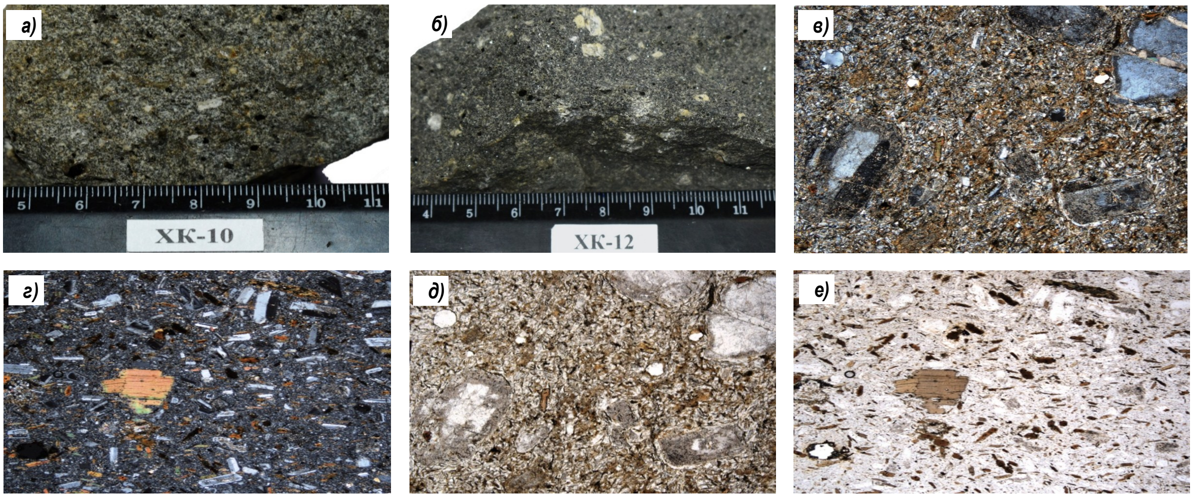


Рис. 3. Керсантитовая дайка в гранитоидах Каратауского интрузива (Южное Нуратау): *а, б* – внешний вид керсантита (темно-серый с зеленоватым оттенком) ХК-10 более измененный, карбонатизирован, хлоритизирован и пропитан гидроокисью железа; *в, д* – структура порфировая, вкрапленники плагиоклазов окаймляются поздними чешуями биотита основной массы и по трещинкам в плагиоклазе развита карбонатная прожилка (верхний правый угол); *г, е* – сериально-порфировая структура с тонкозернистой основной массой, отчетливо видны призматические зерна плагиоклаза, лейсты биотита и редко амфибол с ромбовидным сечением. Николи параллельные и скрещенные (ув. x 40)

Плагиоклаз образует призматические кристаллы с простым двойникованием, относительно свежие. Состав изменчивый, от альбита до андезин-лабрадора. По краям замещаются альбитом и серицитом, что отражается в их химизме (*табл. 1*). В составе содержат 0,30% окислов железа, наверное это связано с развитием вторичных процессов и возможно, присутствием железосодержащих минералов.

Таблица 1

Химический состав породообразующих минералов из дайки керсантита (ХК-12) в гранитоидах Каратауского интрузива

Окисел	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO_2	34,59	36,15	62,91	69,15	63,48	65,36	-	34,45
TiO_2	3,32	2,04	-	-	-	-	53,20	-
Al_2O_3	17,29	17,66	24,84	20,15	18,55	18,78	-	-
Fe_2O_3	25,99	21,71	0,30	0,33	-	-	37,14	-
MnO	0,33	-	-	-	-	-	4,14	-
MgO	6,40	7,04	-	-	-	-	-	-
CaO	-	-	6,10	2,50	-	-	-	-
BaO	-	-	-	-	1,22	0,91	-	-
ZnO	-	-	-		-	-	0,60	-
Na_2O			5,62	7,86	0,43		-	-
K_2O	10,41	9,91	0,22	0.10	16,28	14,95	-	-
Cr_2O_3	0,19	-	-	-	-	-	-	-
V_2O_3	-	-	-	-	-	-	1,03	-
ZrO_2	-	-	-	-	-	-	-	64,04
HfO_2		-	-	-	-	-	-	1,51
Сумма	98,50	94,51	100,00	100,00	99,97	100,00	96,10	100,00

Примечание: 1, 2 – биотит, 3, 4 – плагиоклаз, 5, 6 – ортоклаз, 7 – манганоильменит, 8 – циркон. Анализы определены на микроанализаторе «Jeol-8800Rh» (Япония), Институт геологии и геофизики им. Абдуллаева Х.М. (аналитик Мухамеджанова Д.В.)

Биотит присутствует в виде вкрапленников (*см. рис. 3г*) и мелких зерен основной массы, а также развивается вокруг вкрапленников плагиоклаза в виде изогнутых лейстов (*рис. 3в*). Вкрапленников слюды в породе мало, они относятся к магматическим биотитам с наличием титана и хрома (*табл. 1*). Амфибол в породе встречается очень редко и, возможно, относится к керсутиту, в виде ромба во вкрапленниках (*рис. 3, е*), они окрашены в бурые цвета.

Наблюдаемые в дайке крупные фенокристаллы полевых шпатов (*рис. 2*) относятся к ортоклазам (*табл.* 1), которые содержат до 0,43% и до 1,22 мас. % BaO.

Ильменит отмечается в виде мелких зерен основной массы, присутствует как частично ограненный, близкий к таблитчатой форме. В химическом составе мелких зерен из основной массы ильменита (*табл. 1*) превалирует TiO_2 (53,20 мас. %) при высоком количестве MnO (4,14 мас. %) и 0,60 мас. % ZrO. *Циркон* встречается в виде мелких зерен в основной массе и характеризуется высоким содержанием окиса гафния до 1,51% (*табл. 1*).

Химический состав дайки керсантита (ХК-10, ХК-12 соответственно) следующий: SiO_2=63,70, 65,70; TiO_2=1,91, 0,68; Al_2O_3=15,17, 16,70; Fe_2O_3=8,32, 3,07; FeO=0,25, 1,02; MnO=0,11, 0,05; MgO=2,80, 2,20; CaO=0,98, 2,56; Na_2O=2,51, 3,18; K_2O=3,57, 3,70; P_2O_5=0,78, 0,58; ∑=100,10, 99,44.

Порода характеризуется высоким содержанием кремнезема, титана и натрия, калий преобладает над натрием (0,70-0,86) и относится к субщелочным (шошонитовым) породам. В целом, порода корунд нормативная. В керсантите наблюдается относительно вы-

Таблица 2

Количество малых элементов в дайке керсантита Каратауского интрузива, в *г/т*

№ обр.	Li	Be	Rb	Sr	Cs	Ba	B	P	V	Cr	Mn	Co	Ni	Nb	Ta	Sc	W*
ХК-10	34,00	4,60	130,00	190,00	7,30	700,00	26,00	680,00	39,00	72,00	340,00	10,00	16,00	12,00	1,30	6,70	6,90
ХК-12	86,00	5,90	190,00	200,00	18,00	710,00	26,00	870,00	27,00	100,00	380,00	7,20	15,00	14,00	1,40	5,40	4,80
№ обр.	**Zr**	**Hf**	**Tl**	**Th**	**U**	**Cu**	**Zn**	**Ga**	**Sn**	**Ag**	**Cd**	**In**	**Pb**	**As**	**Se**	**Sb**	**Bi**
ХК-10	150,00	4,40	0,60	13,00	4,60	54,00	74,00	18,00	3,50	0,33	0,16	0,11	31,00	240,00	3,70	2,60	0,11
ХК-12	140,00	4,20	1,20	11,00	2,80	39,00	82,00	20,00	3,80	0,29	0,11	0,13	24,00	26,00	2,60	0,65	0,71

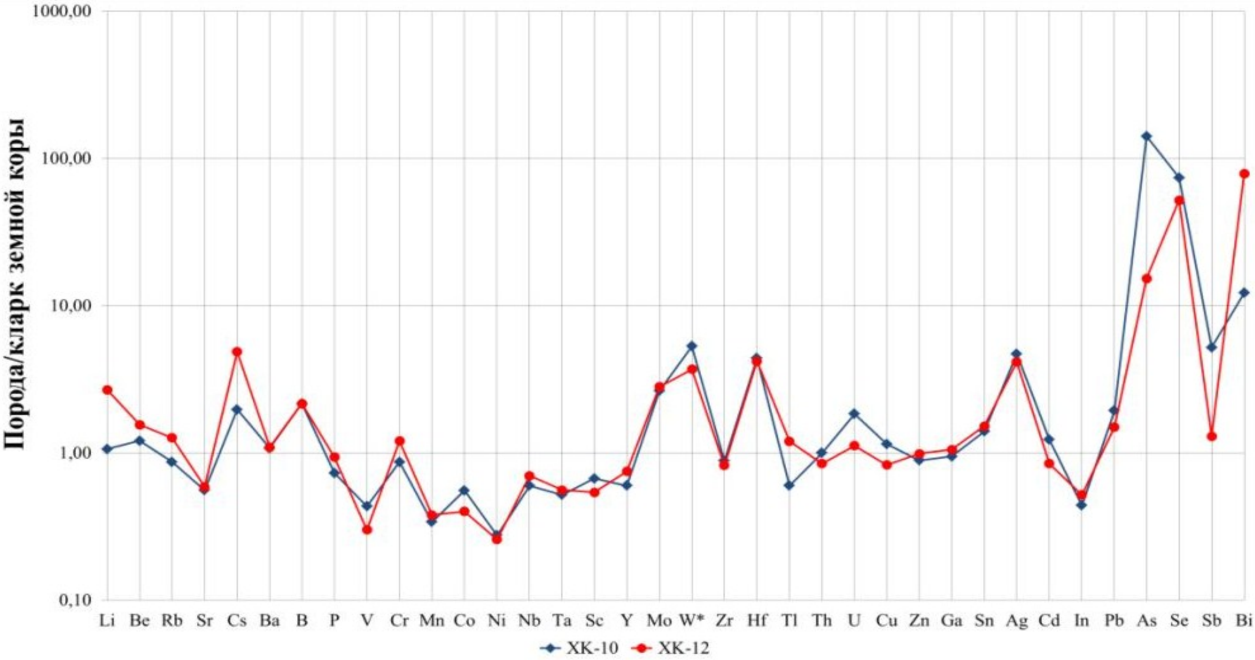


Рис. 4. Спайдер диаграмма для распределения малых элементов в дайке керсантита

Таблица 3

Количество редкоземельных элементов в дайке керсантита Каратауского интрузива, в *г/т*

№ обр.	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	∑
ХК-10	30,00	58,00	7,20	26,00	4,80	0,92	3,80	0,52	2,80	0,48	1,30	0,17	1,20	0,18	137,37
ХК-12	26,00	53,00	6,40	24,00	4,80	0,94	4,20	0,55	3,30	0,58	1,50	0,22	1,50	0,20	127,19

сокое содержание лития, сезия, молибдена, вольфрама, гафния, серебра и очень высокое – мышьяка, селена и висмута (*табл. 2, рис. 4*).

По тренду распределения РЗЭ можно заключить, что расплавы лампрофиров обогащены РЗЭ, где легкие лантаноиды преобладали над тяжелыми (*табл. 3, рис. 5*), слабо выраженный европиевый минимум в керсантите можно объяснить преимущественным плавлением плагиоклаза субстрата, поскольку фракционирование биотита, имеющей высокий уровень содержания железа и титана, приводит к появлению европиевого максимума в расплаве. Накопление цериевой группы редких земель является результатом роста содержания в керсантите полевых шпатов.

Так, изучаемые породы по минералогическому и химическому составам, характеру структуры и текстуры относятся к известково-щелочным лампрофирам (керсантиту). Обычно керсантиты сопредельных территорий характеризуются низким содержанием SiO_2 (45-56 мас.%), высоким MgO (5,5-15 мас.%) и никеля (53-371 *г/т*), это позволило исследователям предположить, что они получены из перидотитового мантийного источника [9, 10].

Изученные нами керсантиты характеризуются, наоборот, высоким содержанием SiO_2 (63-66 мас.%) с низким содержанием MgO (2-3 мас.%) и никеля (15-16 *г/т*), что свидетельствует о широком проявлении гибридизма, что подтверждается наличием ксенолитов и ксенокристаллов в них.

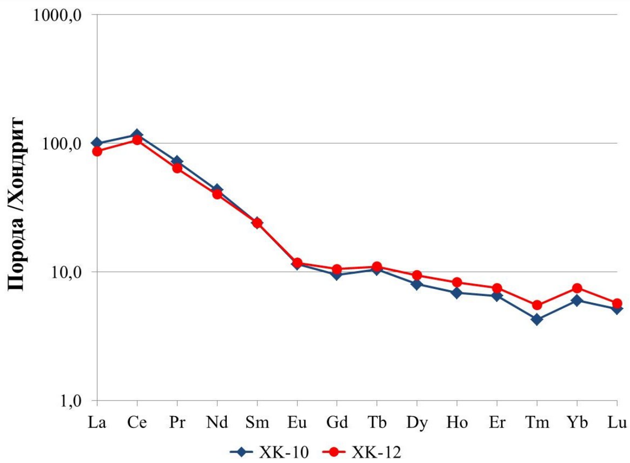


Рис. 5. Спайдер диаграмма для распределения редкоземельных элементов в дайке керсантита

Источник расплава лампрофиров, возможно, находится ниже уровня гранитного магматического очага, который имеет шошонитовую природу и может быть получен в результате плавления метасоматизированной верхней мантии и к основанию нижней коры.

Библиографический список:

1. Dijkstra A.H., Hatch C., 2018. Mapping a hidden terrane boundary in the mantle lithosphere with lamprophyres. Nat. Commun. 9, 3770. https://doi.org/10.1038/ s41467-018-06253-7.

2. Mathieu L., Bouchard É., Guay F., Liénard A., Pilote P., Goutier J. (2018) Criteria for the recognition of Archean calc-alkaline lamprophyres: examples from the Abitibi Subprovince /Can. J. Earth Sci. 55: 188–205 dx.doi.org/10.1139/cjes-2017-0152.

3. Orejana D., Villaseca C., Kristoffersen M., 2020. Geochemistry and geochronology of mafic rocks from the Dpanish Central System: Constraints on the mantle evolution beneath central Spain. Geosci. Front. 11 (5), 1651–1667. https://doi. org/10.1016/j.gsf.2020.01.002.

4. Krmíčˇek L., Romer, R.L., Timmerman M.J., Ulrych J., Glodny J., Prˇichystal A., Sudo M., 2020. Long-lasting (65 Ma) regionally contrasting late- to post-orogenic Variscan mantle-derived potassic magmatism in the Bohemian Massif. J. Petrol. 61, 7. https://dx.doi: 10.1093/petrology/egaa072.

5. Ишбаев Х.Д., Шукуров А.Х., Косбергенов К.М. Дайки и оруденение Койташского рудного поля (Южный Тянь-Шань) / Под ред. Р. Ахунджанова; Госкомгеологии РУз; Институт геологии и геофизики им. Х.М. Абдуллаева. – Т.: «Навруз», 2020. – 206 с.

6. Muzio, R., Martino, N., & Peel, E. (2021). Petrologic features of mesoproterozoic lamprophyric dykes from Montevideo (Piedra Alta terrane, South Uruguay). Earth Sciences Research Journal, 25(2), 157-168. DOI: https://doi.org/10.15446/esrj.v25n2.89652.

7. Caroff M., Barrat J.-A., Le Gall B. Kersantites and associated intrusives from the type locality (Kersanton), Variscan Belt of Western Armorica (France) / Gondwana Research 98 (2021). P.46–62. https://doi.org/10.1016/j.gr.2021.06.004

8. Абдуазимова З.М. Стратиграфический словарь Узбекистана. – Ташкент: «ГИДРОИНГЕО», 2001. – 580 с.

9. Гусев А.И., Гусев Н.И. Флюидный режим и петрология шошонитовых гранитоидов супергигантского золоторудного месторождения Мурунтау // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 6-1. – С. 13-18.

10. Мушкин И.В. Петрология верхней мантии Южного Тянь-Шаня. – Ташкент: «Фан», 1979. – 136 с.

УДК 553.44:550.812.14 (575.3) DOI:10.54073/GV.2022.2.89.012

СОБСТВЕННО ЗОЛОТОРУДНЫЕ ФОРМАЦИИ В ТЕРРИГЕННО-КАРБОНАТНЫХ ПОРОДАХ АЛМАЛЫКСКОГО РУДНОГО РАЙОНА




Мундузова М.А.,
начальник отдела по контролю НИР ГУ «ИМР», к.г.-м.н.

Бадалов Ф.А.,
начальник лаборатории ГУ «ИМР»

Касимова Ш.Р.,
начальник управления науки и инновации, к.г-м.н. Госкомгеологии РУз

Холмахмадов Ш.Ф.,
младший научный сотрудник ГУ «ИМР»

Maqolada Olmaliq rudali rayoni markaziy blokida keng tarqalgan terrigen-karbonat jinslarining oltin tarkibi O'zbekiston mineral-xom ashyo bazasini to'ldiruvchi potentsial istiqbolli ob'ektlar sifatida qiziqish uyg'otadi. Oltin va oltin tarkibli qatlamlarni bir-biridan farqlash mezonlari an'anaviy ravishda ruda konlari uchun istiqbolsiz deb hisoblangan terrigen-karbonat jinslardagi nisbatan yangi turdagi konlarga asoslanadi. Ma'lum bo'lishicha, oltinning asosiy qismi mayda mayda dispersli mahalliy bo'lib, tog' jinslari massasi bo'ylab tarqalgan, bu esa oltinni laboratoriya va analitik tadqiqotlar va uni texnologik qazib olish yo'li bilan aniqlashni qiyinlashtiradi. Pirit joylarda asosiy boyitish mineralidir. Birlamchi sulfid rudalarining to'planish joylari, metamorfizm va kuchli oksidlanish zonalari oltin bilan eng boyitilgan.

Tayanch iboralar: *Olmaliq rudali rayoni, terrigen-karbonatli jinslar, dolomitlar, mayda dispers, oltin saqlovchi, organik moddalar, oltin minerallashuvi.*

В статье рассматривается золотоносность терригенно-карбонатных пород, распространенных в Центральном блоке Алмалыкского рудного района, представляющие интерес как потенциально перспективные объекты, пополняющие минерально-сырьевую базу Узбекистана. Критерии выделения золотосодержащих и собственно золоторудных формаций основаны на сравнительно новых типах месторождений в терригенно-карбонатных породах традиционно считавшихся бесперспективными на рудные месторождения. Выявлено, что основная часть золота мелкое, тонкодисперсное, самородное и распределено по всей массе пород, что затрудняет определение золота лабораторно-аналитическими исследованиями и его технологическое извлечение. Местами основным минералом-концентратором является пирит. Наиболее обогащены золотом места скопления первичных сульфидных руд, зоны метаморфизма и интенсивного окисления.

Ключевые слова: *Алмалыкский рудный район, терригенно-карбонатные породы, доломиты, тонкодисперсное, золотосодержащие, органическое вещество, золоторудная минерализация.*

Золоторудные проявления в терригенно-карбонатных породах Алмалыкского рудного района (Центральный блок), приурочены к определенным стратифицированным горизонтам. Проявления золота широко развиты в виде кварцевых жил согласных со слоистостью, секущих прожилков и зон метасоматических изменений в межформационных (контактовых) и внутриформационных зонах. Они отмечаются во всех частях разреза. В их распределении проявился структурный и литологический контроль. Структурный контроль выражен в приуроченности основной массы проявлений к разломам субширотного и субмеридианального простирания, к подошве вулканитов верхнего палеозоя. Литологический контроль – все субсогласные проявления связаны с линзами известковистых кварцевых песчаников, доломитов и аргиллитов, обогащенных органическим веществом. Учитывая стратиформность золотых проявлений Алмалыкского рудного района, главным фактором прогноза и поисков подобных объектов независимо от точки зрения на их генезис подобных проявлений, следует считать литолого-стратиграфический контроль оруденения, его приуроченность к определенным фациям и формациям (*табл. 1*).

В этом случае первоначальное накопление металлов, происходило в условиях мелководных бассейнов, с сероводородным заражением, осаждавшихся с карбонатными породами, дно которых было расколото разломами глубокого заложения. Выделявшиеся по ним эманации, растворялись в морской воде и в последующих процессах эндогенного рудообразования по мере продвижения, перераспределялись и осаждались в благоприятных условиях в каратагатинской и кульатинской свитах. [1]. Таким образом, повышенные концентрации золота отмечаются в зонах окварцевания, доломитизации, аргиллитизалии и в других проявлениях метасоматоза.

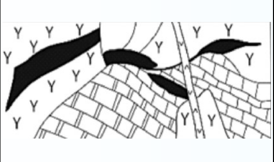
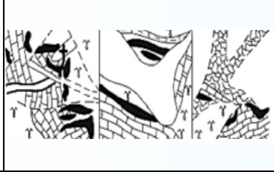
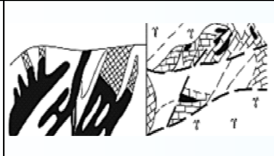
По степени сульфидности подобные типы месторождений и рудопроявлений относятся к убогосульфидным (содержание сульфидов в среднем менее 1%), малосульфидным (до 5%) и умеренносульфидным (5-20%) формациям. Данные формации связаны единством генезиса, промышленной ценностью компонентов, близостью вещественного состава руд и геологических условий их локализации.

Умеренносульфидная формация. Месторождение Бургунда. Расположена за пределами Центрального блока. Своеобразие состава руд и их локализации отражают типоморфные признаки месторождений в карбонатных толщах. Месторождение локализовано в зоне влияния Бургундинского разлома, простирание его изменяется с широтного на северо-восточное. От разлома ответвляется пучок трещин северо-восточного простирания, вмещающих основные секущие рудные тела (*рис. 1*).

Основная масса золота – тонкодисперсная, самородная. В зоне окисления преобладает относительно крупное золото (до 1 *мм*) в ассоциации с вторичными минералами железа. Пробность колеблется в пределах 883-909‰. Основным минералом-концентратором является пирит. Наиболее обогащены золотом места скопления первичных сульфидных руд и зоны окисления. Преимущественной приуроченностью к карбонатным породам месторожде-

Таблица 1

Геологические позиции золотых проявлений в терригенно-карбонатных отложениях Центрального блока Алмалыкского рудного района

Геолого-структурная позиция	Схематическое геологическое строение	Морфотипы рудных тел	Рудоконтролирующие структуры	Типы изменения вмещающих пород	Вертикальный размах оруденения	Примеры месторождений и рудопроявлений
Межформационные зоны окварцевания на контакте терригенно-корбнатных пород и вулкнитов, осложнённые субсогласными пологими нарушениями		Пластообразные и линзообразные полого падающие залежи	Бургундинский, Каульдинский разломы	Окварцевание скарнирование, серпентинизация аргиллитизация	По простиранию и падению достигает нескольких сотен метров	Султанбиби
Контакт карбонатных пород с вулканогенными образованиями		Пластообразные и линзообразные полого падающие залежи, осложненные секущими рудоподводящими нарушениями	Бургундинский, Мисканский разломы и их оперения	Окварцевание скарнирование, серпентинизация	400 x 200 *м*, 200 x 30 *м*, 100 x 15 *м*	1. Катранг 2. Карахан 3. Шодыульган
Меж- и внутриформационные зоны окварцевания осложенённые телами замещения в терригенно-карбонатных породах		Пластообразные и линзообразные полого падающие залежи, осложненные секущими рудоподводяшими нарушениями	Бургундинский, Мисканский разломы и их оперения	Окварцевание хлоритизация, карбонатизация	600 x 72 *м*, 300 x 80 *м*	1. Карасай 2. Серая Скала
Участки блоковых поднятий		Залежи, метасоматические зоны прожилкововкрапленные зоны	Алмалыкский и Мискан Акташский разломы	Скарнирование окварцевание серпентинизация пропилитизация	300 x 500 *м*, 2000 x 2500 *м*	1. Курганишин кан 2. Карахана
Межпластовые тектонические ослабленные зоны		Линзообразные полого залегающие тела субсогласные слоистости карбонатных пород	Алмалыкский и Мискан Акташский разломы	Окварцевание, скарнирование, серпентинизация, хлоритизация	Около 400 *м*	Кульчулак

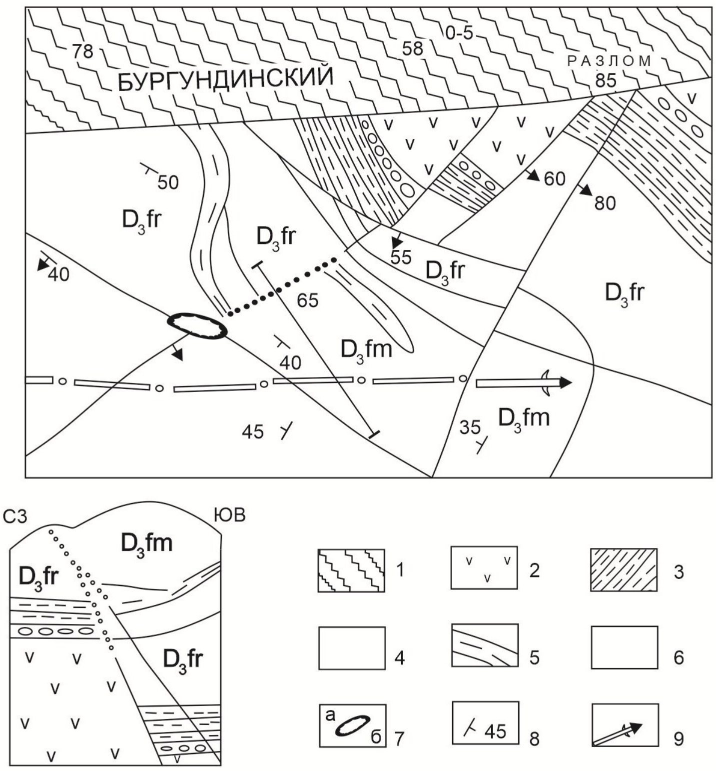


Рис. 1. Схема геологического строения центральной части Бургундинского рудного поля: 1 – сланцы ордовика-силура; 2 – туфы и туфобрекчии порфиров нижнего девона; 3 – аркозовые песчаники с конгломератами в основании; 4 – известняки, доломиты и песчанистые известняки ранского и фаменского ярусов; 5 – кварцевые порфиры; 6 –тектонические нарушения; 7 – рудные тела (а), древние выработки (б); 8 – элементы залегания пород; 9 – ось Бургундинской брахисинклинали

ние отличается от остальных золоторудных объектов района. Золоторудная минерализация в целом локализуется в колчеданных телах, подвергнутых повторному дроблению и метасоматозу.

Малосульфидная золотокварцевая формация. Месторождение Южный-II сложено карбонатными породами кульатинской и каратагатинской свит, перекрытых вулканогенными породами андезит-дацитовой формаиии (С2-С3).

Основной рудовмещающей структурой является межформационная контактовая зона, представляющая собой пологое нарушение, выполненное субвулканическим силлом пироксеновых андезитов, превращенных в карбонат-серицит-кварцевые и карбонат-серицитовые с пиритом метасоматиты. Промышленное оруденение контролируется пересечением меридиональной и субширотной структурой фундамента. Рудные тела и метасоматиты представляют собой линзообразные, пологопадающие участки метасоматитов. Морфология их опре-

Таблица 2

Результаты рационального анализа на золото средней пробы руды из участка Южный II

Формы нахождения золота и характер связи с другими компонентами	Распределение золота	
	г/т	*%*
Золото свободное с чистой поверхностью	1,78	23
Золото цианируемое в виде сростков с другими компонентами	4,62	60
Золото ассоциированное с минералами сурьмы и мышьяка (кроме арсенопирита)	0,24	3
Золото ассоциированное с кислоторастворимыми минералами (окислы железа)	0,94	12
Золото тонковкрапленное в кварце, алюмосиликатах и других кислотонерастворимых минералах	0,15	2
Итого:	***7,73***	***100***

деляется характером контактовой поверхности между известняками и вулканитами. Падение рудных тел пологое – на восток под углами 5-100^o.

Основным полезным компонентом руды является золото, присутствующее в самородной форме. Размерность выделений золота различна и представлена она, в основном, тонкодисперсными формами. Пробность золота 745-950.

Попутным металлом является серебро, которое присутствует в виде твердого раствора в составе самородного золота, а также связано с блеклыми рудами, галенитом и, изредка, образует самостоятельную минеральную форму-гёссита. Соотношение золота и серебра в рудах составляет 4:1 и 3:1.

Наряду с видимым золотом установлено субмикронное золото, в основном сосредоточенное в золотоносной мышьяковистой разности пирита. В пирите выделяется золото трех разновидностей. Золото первой разновидности находится в виде тонкодисперсных, субмикронных, глобулярных форм (с элементами огранки), которые обнаруживаются только под электронным микроскопом. Размер этих золотин – доли микрона. Золото второй разновидности в пирите присутствует в виде микровключений, размером от 0,003 до 0,08 *мм*, и образовалось на месте за счет золота первой генерации. Золото третьей разновидности (размером от 0,002 до 0,2 *мм*) заметно отличается от первых двух по морфологии, особенностям распространения, связи с сопутствующими минералами и составу (*табл. 2*). Убогосульфидная кварцевая (со свободным золотом) формация. Катрангинская перспективная площадь расположена на правобережье р. Алмалык, включая рудопроявления Балантепе и Шадыулган (*рис. 2*).

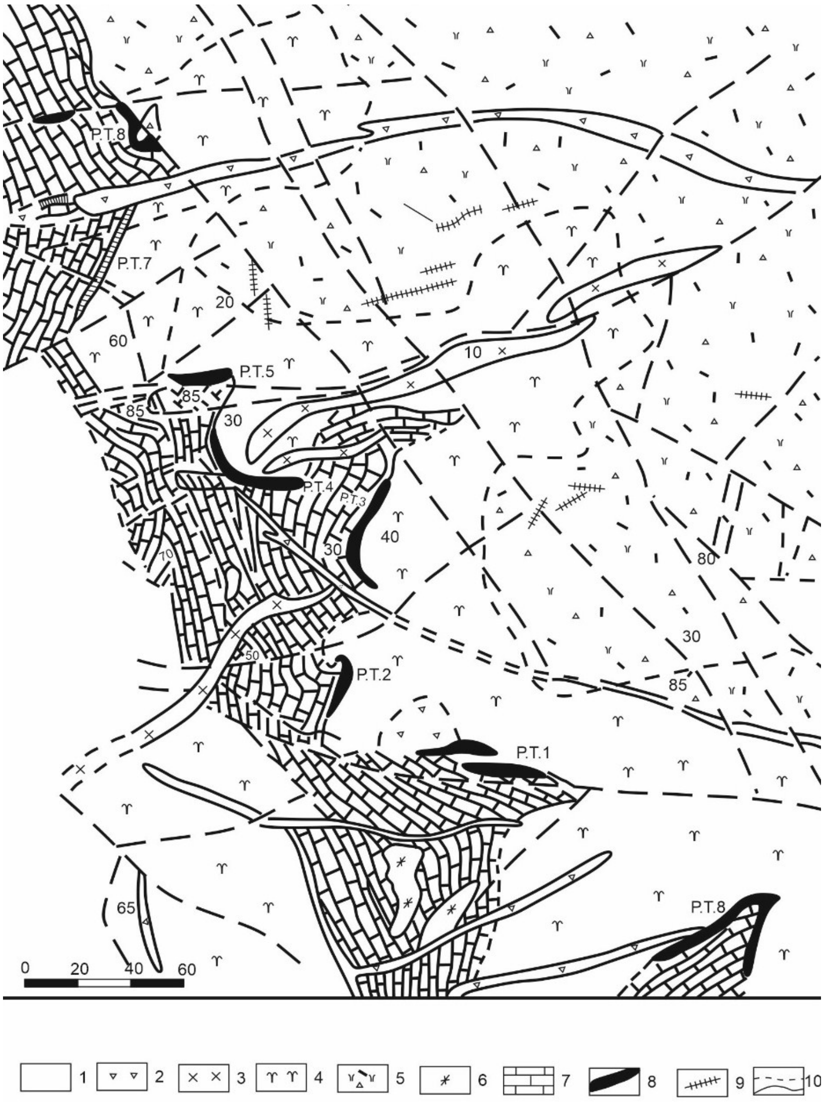


Рис. 2. Геолого-структурная карта размещения рудных тел на Катрангинской площади: 1 – четвертичные отложения; 2 – сиенит-порфиры, фельзит-порфиры; 3 – гранодиоритпорфиры Алмалыкского типа; 4 – нижнеакчинский подкомплекс: базальные слои, известковистые конглобрекчии, песчаники, алевролиты; 5 – андезито-дацитовые порфиры, туфы, брекчии; 6 – кварцевые порфиры, андезитовые порфиры; 7 – известняки, доломиты; 8 – рудные тела; 9 – кварцевые жилы; 10 – тектонические нарушения

Для этих объектов характерно сложное геологическое строение, в котором принимают участие карбонатные породы D_3-C_I, вулканогенные породы акчинской свит (андезиты, андезитодациты и их туфы-C_2 ак.), а также равновозрастные дайковые образования.

Зоны интенсивного окварцевания и тела монокварцитов прослеживаются вдоль контакта карбонатных и вулканогенных пород на расстояние порядка 6 *км* практически непрерывно, при мощностях от 1,5-2,0 *м* до 10-15 *м*. Залегают они согласно с пологим контактом (угол 10-40^0). Тектонический план площади очень сложный. Отмечается большое количество разнонаправленных разрывных нарушений, часто выполненных дайковыми телами, кварцевыми жилами. Распределение золота неравномерное. Визуально максимальные концентрации отмечаются в участках, где зоны окварцованные, размещены в карбонатах D_3 fr-fm.

По данным анализов (*табл. 3*) и технико-экономическим расчетам исследованные зоны окварцованные, являются рентабельным флюсовым сырьем.

Запасы золотосодержащего флюсового сырья по 8 рудным телам на условную глубину до 40 *м* составили 1,3 млн. *т*, золота – 272 *кг*, серебра – 1350 *кг*.

Рудопроявление Балантепе расположено в Центральном структурном блоке Алмалыкского рудного района, в среднем течении р. Алмалыксай. В строении площади принимают участие осадочные, вулканогенные и интрузивные образования. Осадочные породы представлены известняками, доломитами верхнего девона D_3 fr-fm. Породы массивные, грубослоистые, серые, темно-серые и черные с мелкими (до 2 *мм*) разоориентированными прожилками кальцита и анкерита. Местами отмечаются прожилки кварца белого цвета с примазками малахита. Падение известняков различное, преимущественно северное и северо-западное, под углом 25-35°. Вулканогенные породы представлены: роговообманковыми трахиандезитовыми порфиритами, мелкопорфировыми трахиандезитовыми порфиритами C_2 ак. [5].

Южная зона приурочена к пологому контакту автосубвулканических брекчий мелкопорфировых трахиандезитовых порфиритов с известняками. Контакт тектонический, сопровождается кремнисто-халцедоно-кварцевыми породами мощностью от 1,1 до 12,0 *м*, имеющими падение на северо-восток под углом $35-50^{0}$. В висячем боку породы интенсивно изменены – лимонитизированы, серицитизированы, слабо окварцованы, Мощность их от 2,0 до 10,0 *м*. Общая мощность зоны достигает 20 *м*. Кремнисто-халцедоно-кварцевые породы также интенсивно лимонитизированы, серицитизированы. Зона прослежена на 360 *м* на северо-запад, фланги ее скрываются под наносами. Содержание золота колеблется от 1,0 до 3,2 *г/т.*

Северная зона находится в 150 *м* севернее Южной зоны. Оруденение приурочено к пологому контакту субвулканических брекчий мелкопорфировых трахиандезитовых порфиритов с субвулканическими брекчиями роговообманковых трахиандезитовых порфиритов. Зона прослежена вдоль контакта пород и сопровождается серицитизацией, лимонитизцией и окварцеванием.

Субширотная зона прослежена на 270 *м* при мощности от 4 до 18 *м*. Содержание золота колеблется от 1,0 до 12,5 *г/т*, содержание серебра 102,6 *г/т*.

Содержание золота в остальных пробах колеблется от следов до 3,2 *г/т*.

Рудопроявление Балантепе в геолого-структурном отношении сходно с месторождением Кульчулак возможно, что Балантепе и Кульчулак являются частью единой структуры [3].

Каратагатинская перспективная площадь, Сложена карбонатными породами верхнего-среднего девона и кварцевыми порфирами нижнего и среднего девона, Карбонатные породы, особенно в восточной части площади, прорываются интрузивными телами диоритов среднего карбона и более молодыми породами кварцевых порфировидных сиенито-диоритов и гранодиорит-порфиров алмалыкского типа. К югу эти породы перекрыты вулканитами среднего и верхнего карбона, Самыми древними породами являются метаморфические сланцы 0-S, обнажающиеся к запалу и к югу от описываемой площади.

Тектоническое строение площади обусловлено развитием складчатых и разрывных нарушений. Среднепалеозойская складчатость осложнена крупной антиклинальной складкой, выраженной в вулканитах верхнего палеозоя. Простирание оси ее СВ и маркируется выходами образований D_{1-2} и D_3-C_1, перекрытых вулканитами C_2 [6].

Массив карбонатных пород представляет собой северо-западное крыло антиклинальной складки, ось которой проходит несколько южнее массива, а юго-восточное крыло перекрывается толщей верхнепалеозойских эффузинов. Сложено оно более мелкими складками СЗ простирания. Возникшие мелкие складчатые формы имели решающее значение при размещении вулканических тел, в числе которых, кроме мелких секущих форм типа даек и штоков, широкое развитие получили согласные межпластовые залежи.

Широкое развитие получили структуры меридионального и субмерилианального простирания, которые, судя по распределению оруденения в рудовмещающих структурах, являются, кроме смесителей, блокирующими. В целом, структура площади пред-

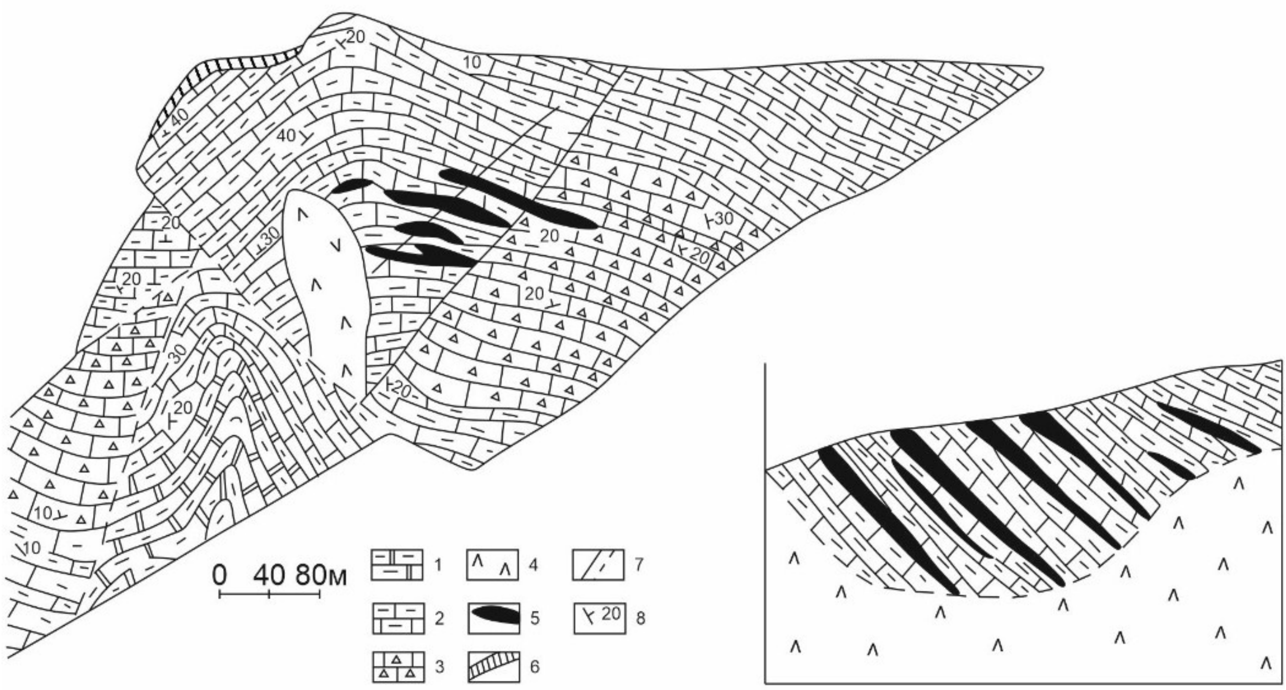


Рис. 3. Геологическая схема золоторудных тел в карбонатных формациях D3-C1 участка Серая Скала: 1 – балыктинский горизонт, доломиты, известковистые доломиты с прослоями глинистых, алевроглинистых и песчанистых разностей; 2 – каратагатиский горизонт, массивные черные доломиты; 3 – кульатинский продуктивный горизонт, доломиты черные битуминозные; 4 – сиенито-диориты алмалыкского типа gbC2; 5 – рудные тела; 6 – приконтактовые изменения: скарнирование, окремнение; 7 – разрывные нарушения: *а*) достоверные, *б*) предполагаемые; 8 – элементы залегания

Таблица 3
Результаты пробирного (Au, Ag) и химического (Si, Al) анализов

№ проб	Содержание, *г/т*		№ проб	Содержание, %	
	Au	Ag		Si	Al
1.	0,56	24	1	82,1	2,96
2.	0,8	0,4	2	79,28	2,15
3.	1,22	1,71	3	82,24	1,61
4.	0,27	1,71	4	75,26	4,46
5.	1,74	1,56	5	87,04	3,75
6.	0,1	1,33	6	88,02	2,32
7.	1,47	6,59	7	61,74	3,75
8.	0,32	0,4	8	62,34	14,28
9.	0,04	1,7	9	77,14	5,87
10.	0,13	7,07	10	56,16	16,76
11.	0,23	4,15	11	7,96	0,9
12.	0,16	0,46	12	77,21	2,17
13.	0,35	120	13	58,15	3,53
14.	0,11	1,5	14	53,38	6,78
15.	0,07	0,49	15	37,84	8,4
16.	0,19	2,75	16	90,86	3,39
17.	0,23	1,25	17	89,15	3,23

ставляет собой сложно построенную горстантиклиналь, ядро которой слагают среднепалеозойские складчатые образования, разбитые на серию блоков и инъецированные разноориентированными кварцевыми прожилками, жилами, и по мнению автора является единым рудным полем.

Складчатые деформации, осложненные сбросовыми и сдвиговыми нарушениями, приводили к интенсивному дроблению пород и отслоениям между различными по составу пластами карбонатной толщи. К зонам дробления, а также разрывам, приурочены проявления постмагматической минерализации.

Пестрый состав пород с разными физическими свойствами обусловил широкое развитие внутри- и межформационных зон окварцевания. Наиболее перспективные из них следующие проявления.

Рудопроявление Серая Скала. Сложено терригенно-карбонатными отложениями верхнего девона, прорванными кварцсодержащими диоритовыми порфиритами, возможно субвулканическими аналогами (андезито-дациты) акчинской свиты. В приконтактовых частях доломиты мраморизованы, окремнены и слабо скарнированы (*рис. 3*).

Наиболее интересные содержания золота установлены в терригенно-осадочных отложениях (кульатинский горизонт). Они приурочены к метасоматически переработанным кварцевым песчаникам на карбонатном цементе, залегающим в виде линзообразных прослоев. Простирание этих прослоев субширотное, падают они на север под углом 20-30^0, мощность их 1-10 *м*. Содержание золота с поверхности колеблется от 0,1 до 7,1 *г/т*.

Рудопроявление Карасай (северный). Расположено на правом борту ручья Карасай. Сложено кварцевыми порфирами D_2, перекрытыми осадочной толщей D_3, представленной конгломератами, песчаниками, мергелями, доломитами, прорванными субвулканическими телами гранодиорит-порфиров C_3P_1 и дайками диоритовых и диабазовых порфиритов. В южной части рудо проявления проходит региональный Бургундинский разлом (перекрытый четвертичными отложениями).

На рудопроявлении в кварцевых порфирах и гранодиорит-порфирах установлено 12 золотоносных зон, представленных кварц-серицитовыми метасоматитами с жилками, линзами и прожилками кварца. Протяженность зон от 30 до 50 *м*, мощность 0,5-20 *м*, содержание золота 0,6-2,4 *г\т* (в отдельных пробах достигает до 17 *г/т*). Большинство зон полого (20-40^0) падает на восток и северо-восток. Кроме того, золотое оруденение установлено в линзах монокварцитов, развитых по песчаникам, в низах карбонатной толщи (в алмалыкской ритмосвите). Они имеют субширотное простирание и падают к северу под углом 20-40^0. Мощность их колеблется от 0,5 до 5,5 *м*, содержание золота от 0,1 до 14 *г/т*, среднее содержание составляет 1-2 *г\т*.

Рудопроявление Карасай. К контакту кварцевых порфиров D_{I-2} и вулканитов C_2 приурочена межформационная зона окварцевания, прослеженная в субширотном направлении по простиранию на 1 *км*, в 600 *м* из которых канавами установлены практически интересные концентрации золота, от 4 до 13 *г/т*.

В целом, перспективы площади трудно переоценить. Помимо минерализации межформационных зон, практический интерес представляет зона окварцевания в кварцевых порфирах в осевой части антиклинальной структуры. Большая часть ее (около 70 %) перекрыта лёссами. В доступных изучению местах зона имеет шокверковое строение. Проведенное изучение зон окварцевания как флюсового сырья показало, что большинство из них отвечают этим требованиям [4].

Золотосодержащие формации связаны с выявлением перспективных территорий или с переоценкой металлогенического потенциала медно-порфировых, полиметаллических проявлений и месторождений, из которых могли бы попутно извлекаться золотые и золото-серебряные металлы [2].

Золотосодержащие скарново-полиметаллические и медно-порфировые формации, сложенные терригенно-карбонатными породами, а также на контакте с ними несущие основную полиметаллическую, медную минерализацию, в свою очередь, обладали рядом рудолокализующих свойств.

Автор считает, что карбонатные породы во-первых интенсивно обогащены органическим материалом, создающим благоприятные для осаждения сульфидов физико-химические условия, во-вторых карбонатные породы сложены наиболее зернистыми, а значит, и более пористыми разностями доломитов, в которых перегородки ячеек сложены органическим веществом и околокларковое содержание халькофильных элементов являлись катализаторами осаждения сульфидов.

Таким образом, становится очевидным, что в концентрации полиметаллических руд района участвовали рассеянные в карбонатах соединения свинца, возможно золота и в значительной степени привнос материла при воздействии магматических пород. В зависимости от геологического развития района, и территориального распределения полиметаллического, медного и другого оруденения, вслед за завершением цикла карбонатного осадконакопления район испытывал воздействие сильнейшей магматической деятельности, проявившейся во внедрении интрузивов и излиянии эффузий. В этот период осадочные породы претерпевают процессы всестороннего скарнирования, в дальнейшем, по мере затухания магматической деятельности, продолжается перераспределение рудного материала и вероятное образование золотосодержащих полиметаллических и золотосодержащих медно-порфировых формаций.

Эти формации на описываемой площади установлены на отработанных ныне: крупном полиметаллическом месторождении Кургашинкан, рудопроявлении Карахона, Акташ, Джаманкудук и серии других мелких рудопроявлений.

Результаты исследований позволили установить золотоносность терригенно-карбонатных толщ Алмалыкского рудного района. Золотая минерализация, возможно, образовалась совместно с осадконакоплением в застойных условиях (первичноосадочные), связанные с органическими остатками, несущие золотую минерализацию, либо осадочные породы обогатились минерализацией в период вулканической активности, что обусловлено высокой степенью трещиноватости пород и околорудных изменений (в карбонатах – мраморизация, скарнирование, серпентинизация, окварцевание, в сиенито-диоритах – пропилитизация, калишпатизация, эпидотизация, хлоритизация, пиритизация), повлиявшие на скопление рудной минерализации.

Карбонатные породы D_3-C_1 Алмалыкского рудного района (Центральный блок) представлены четырьмя свитами: алмалыкской, каратагатинской, кульатинской и кульчулакской, отложения которых развиты как на дневной поверхности, так и под покровом эффузивов C_2.

Установлено, что в толщах этих свит широко проявились сингенетично-диагенетические и эпигенетические процессы приведшие к перераспределению в них полезных компонентов, в том числе, золота в черных, темно-серых доломитах.

Рудовмещающие породы формировались, в основном, в застойных фациях карбонатных формаций, осадки верхне-каратагатинской ритмоподсвиты $D_3fm_2kr_2$ приурочены к окончанию крупного ритма в осадконакоплении и сформировались в застойных условиях мелкозаливного фациального динамического пояса.

Чаще всего оруденение располагается на контакте карбонатных пород с сиенито-диоритами. Минералами-концентраторами и носителями золота являются гидротермально измененные и черные битуминозные доломиты, в которых золото мелкое, тонкодисперсное, более крупные золотинки установлены в пирите, арсенопирите, халькопирите и в железе.

Библиографический список:

1. _Колотухина С.Е. Литология и фации карбонатной толщи девона и нижнего карбона. – ГИН СССР. Вып. 4, 1956. – С. 75-131._
2. _Мундузова М.А., Сулейманов М.О. и др. Золотоносность карбонатных толщ Алмалыкского рудного района. Основные проблемы геологии и развития минерально-сырьевой базы Республики Узбекистан. – Ташкент, 1997. – С. 64-65._
3. _Radtke A.S. Geology of the Carlin gold deposit, Nevada. US Geol. Surv. Profess. Paper., 1985, N 1267._
4. _Жохов В.Н., Мундузова М.А. Выявление потенциально промышленных объектов на флюсовое сырье для медного производства АГМК. – Ташкент, 1998. – С. 130._
5. _Кузнецов Ж.Н. Геологическое строение и рудоносность Алмалыкского рудного поля. – Ташкент, 1957. – 736 с._
6. _Плещенко И.В., Малахова Н.А. Детальное литолого-фациальное изучение рудовмещающих карбонатных формаций (D_2-C_1) северо-западной части Центрального блока и сопредельных районов. – Ташкент, 1980. – 170 с._

УДК 553.81

DOI:10.54073/GV.2022.2.89.013

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА АЛМАЗЫ В УЗБЕКИСТАНЕ

Ахмедов Н.А.,
директор ООО «Геолтехинвест», к.т.н.

Maqolada O'zbekistondagi yarim sanoat, kemberlit bo'lmagan, potentsial olmos konlari haqida ma'lumotlar keltirilgan. Hajmi, taxminiy zaxiralari va bashorat qilingan resurslar haqida ma'lumotlar tasvirlangan.

Tayanch iboralar: *olmos, Karashoxo, Tusun, Osmansoy, Madjerum, Kugitang, gabitus, karat, brekchi.*

В статье приводятся данные о полупромышленных, некемберлитовых, потенциальных месторождениях алмазов Узбекистана. Описаны данные о размерах, об оценочных запасах и прогнозных ресурсах.

Ключевые слова: *алмазы, Карашохо, Тусун, Асмансай, Маджерум, Кугитанг, габитус, карат, брекчия.*

Поисковые и геологоразведочные работы на алмазы ведутся в Узбекистане в течение нескольких десятилетий.

Алмазоносные породы и единичные алмазы в русловых отложениях рек установлены специализированными тематическими и поисковыми работами ГГП «Самаркандгеология» в Западном и Южном Узбекистане на территории Сурхандарьинской, Кашкадарьинской, Самаркандской и Навоийской областей (участки Кштут, Кугитанг (Кызылалма), Урядарья, Сангардак, Тусун, Маджерум, Асмансай, Коксай, Карашохо (*рис. 1*)). Они формируют группы тел размером от 30 до 500 *м* и характеризуются различной степенью изученности.

Наибольшие перспективы в ходе поисковых работ определены для пород, образующих трубки взрыва в горах Букантау (Кызылкумский регион) на участках Карашохо и Коксай. Здесь в 2003-2007 гг. проведена предварительная оценка алмазоносности, в ходе которой получены следующие результаты:

1. Определены количественные и качественные параметры алмазоносности. Алмазы на участке Карашохо установлены в 131 пробе (39 крупнообъёмных, 73 малообъемных, 19 специальных, 1 проба-протолочка) в количестве 556 знаков. К наиболее перспективным породам отнесены меланократовые ультраосновные лампроиты с коэффициентом алмазоносности 0,6 (*рис. 2*).

На участке Коксай в трубках взрыва Водороздельное (*рис. 3, 4*) алмазы установлены в 31 пробе характеризующие эруптивные брекчии (12 проб), анальцимовые (10 проб) и биотит-амфиболовые (8 проб), камптомончикиты, в одном случае ксенолит перидотита. Наиболее продуктивными, с коэффициентом алмазоносности 0,35 являются анальцимовые камптомончикиты.

2. Установлена эффективность применяемых методов отбора и обработки проб по их весу и способу обогащения. Статистически, на участке Карашохо наибольший процент проб с установленными

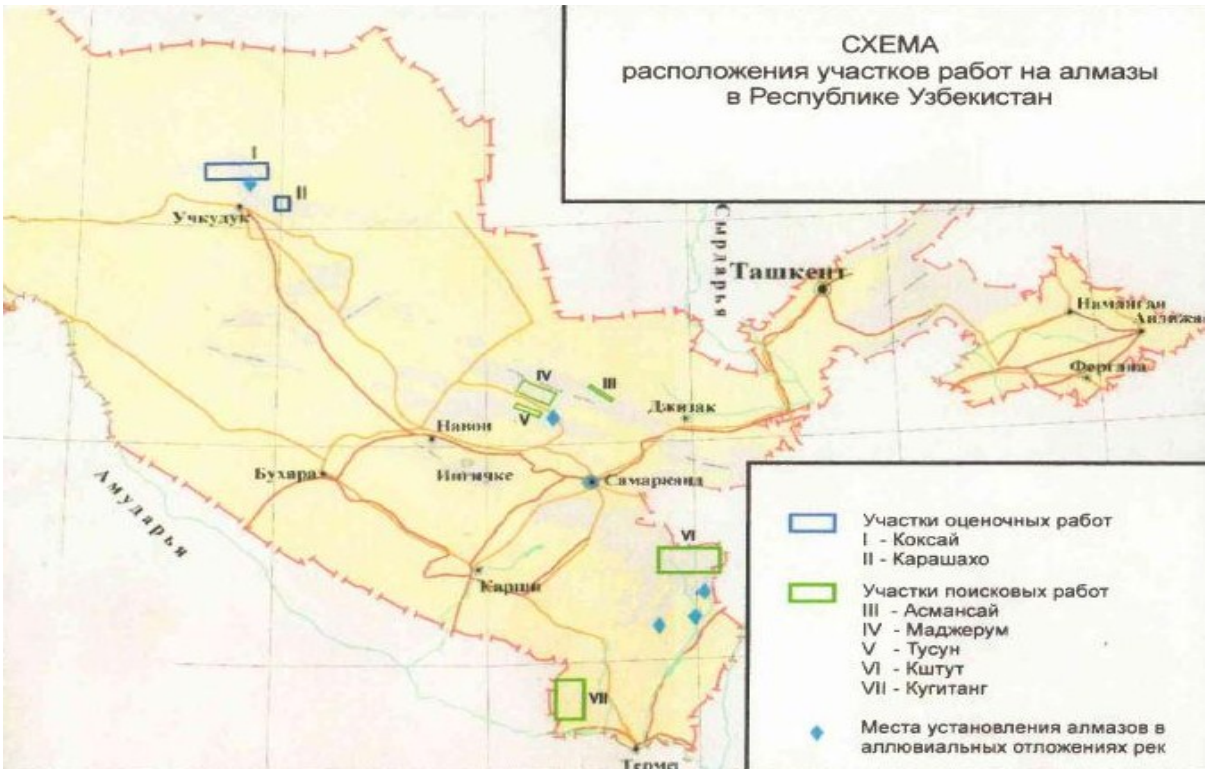


Рис. 1. Схема расположения участков работ на алмазы в Республике Узбекистан

алмазами (22%) приходится на крупнообъёмные пробы комплексного обогащения.

В пробах малого веса (АМН) результативность значительно ниже и составляет 12,6%. Среди специальных проб (СП) алмазоносные составляют лишь 4,5%. Из этих данных следует, что с учетом аналогичной методики обогащения (комплексное с термохимической доводкой) решающее значение при неравномерном и редком распределении полезного компонента в породе приобретает объем опробования. Близкие результаты получены для пород участка Коксай, где также установлена наибольшая результативность крупнообъёмных валовых проб (58,3%).

3. Определены морфологические особенности алмазов. Это преимущественно плоскогранные октаэдры, иногда имеющие удлинёно уплощенный облик. Большинство кристаллов бесцветные, и прозрачные. Первичные плоскогранные формы кристаллов часто изменены эпигенетическими процессами растворения и коррозии, что приводит к их матировке и округлению.

Величина кристаллов колеблется в пределах 0,02-2,5 *мм* , обломков 0,1- 1,0 *мм* (*рис. 4*). Алмазы мелких классов резко преобладают над количеством относительно крупных (1-2 *мм*). Осколки неясного габитуса составляют около 40%. Алмазы ювелирного класса на диатреме Карашохо составляют около 8%.

На участке Коксай алмазы встречаются в виде кристаллов октаэдрического габитуса (*рис. 5*) размером 0,05-2,15 *мм*, их обломков и сростков. Среди них относительно целые зерна составляют 9%, обломки с фрагментами граней около 30%. Большая часть кристаллов, обломков и осколков по размеру относится к классу 0,5-1,0 *мм* (46%), около 15% имеют размер более 1,5 *мм*. Подавляющее большинство коксайских алмазов бесцветны.

По размеру целостности зерен и внутреннему строению к ювелирным кристаллам относится не более 1-5% зерен. Судя по размеру обломков в трубке Водораздельная присутствуют кристаллы размером более 2-3 *мм* (*рис. 3*) .

4. С помощью специальных методов исследований, определены первичные типоморфные признаки алмазов, к которым относятся сингенетичные примеси и дефекты структуры, обусловленные концентрациями оптически активных центров, уровень которых отражает термодинамический режим образования алмазов и скорость их кристаллизации. По полученным характеристикам (концентрация азота, водорода, изотопный состав) установлено, что алмазы участков Карашохо и Коксай аналогичны кимберлитовым и по

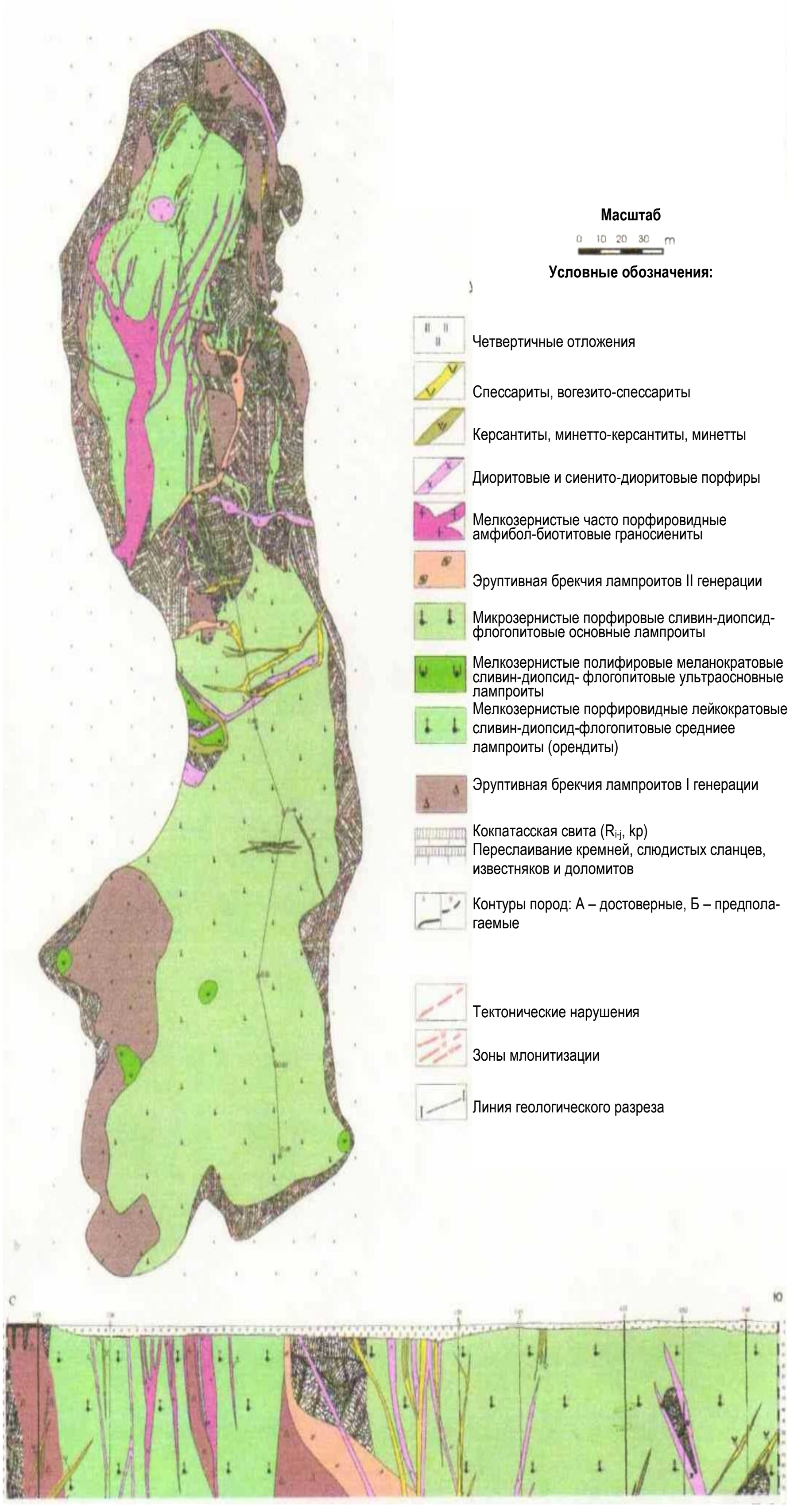


Рис. 2. Схема расположения участков работ на алмазы в Республике Узбекистан

типу формирования (медленная кристаллизация в мантии в условиях близких к равновесным) должна иметь крупные классы. Генетически они связаны с мантийным источником богатым алмазами, вероятно с алмазоносными эклогитами.

5. Выполнены подсчеты запасов и оценка прогнозных ресурсов алмазов. На участке Карашохо суммарные запасы по категории C_2 по брекчиям и лампроитам до глубины 20 *м* составляют 317682,2 *карат*, в локальных блоках 140381,8 *карат*. Суммарные ресурсы P_1 до глубины 50 *м* – 414677,7 *карат*. Они близки к запасам некрупных месторождений Африки и Индии и могут быть промышленно значимыми при содержании кристаллов среднего (более 2 *мм*) и крупного класса до 5-10%.

На участке Коксай запасы алмазов по категории C_2 выражаются величиной 9659,6 *карат*, ресурсы P_1 – 512741,3 *карат*, промышленное значение они могут получить при установлении кристаллов крупного и среднего класса, аналогичных выявленному в брекчии бесцветному октаэдру размером 2,15x2x1,0 *мм*.

Приведенные расчеты указывают на возможность промышленной алмазоносности участков Карашохо и Коксай при наблюдающемся повышении содержаний алмазов на глубину и установлении кристаллов ювелирного класса в объеме не менее 10% от общего количества.

Результаты проведенных работ указывают на имеющиеся перспективы промышленной алмазоносности участков Карашохо и Коксай в сочетании с попутной золотоносностью. На основании с имеющейся тенденцией повышения содержаний полезных компонентов на глубину было рекомендовано доизучение алмазоносности Карашохинского участка с помощью профильного бурения скважин крупного диаметра и представительного валового опробования керна на алмазы и золото.

Кроме участков Карашахо и Коксай выделяются другие перспективные площади проведения работ на алмазы:

1. *Участок Тусун* расположен на северо-западном окончании гор Каракчатау (Южный Нуратау). Здесь установлены три потенциально-алмазоносных тела – трубки взрыва Караташ, Тусун и Айлянгуз размером от 40x50 до и 360x40 *м*. Они сложены брекчиями щелочных базальтов и пикритов. Алмазы установлены в коренных породах и в русловых отложениях р. Тусун, на основании чего предполагается присутствие новых, перекрытых алмазоносных тел поблизости, на юго-западном фланге участка (бассейн ручья Айлянгуз), где установлены локальные магнитные аномалии свойственные трубкам взрыва и минералы спутники алмаза. Перспективна на обнаружение алмазоносных пород также площадь, прилегающая к участку Тусун в междуречье Тусун-Акдарья в связи с установлением здесь, на участке Чагатай, потенциально-алмазоносных даек и трубок карбонатитов. Прогнозные запасы по 5 телам средней площадью 15000 *м²* до глубины 100 *м* при содержании 0,1 *карат/т* составляют 1400000 *карат*.

2. *Участок Асмансай* расположен в горах Северный Нуратау. На его площади около 50 *км²* алмазосодержащие породы ультраосновного состава (пикриты) формируют свыше 30 линзовидных тел размером до 200 *м* в поперечнике и трубки взрыва пикрит-базальтового состава.

Алмазы установлены в нескольких телах по пробам малого веса. Ожидаемые прогнозные ресурсы алмазов по 15 телам средней площадью 10000 *м²* при полупромышленном содержании 0,1 *карат/т* составят около 2800000 *карат*.

3. *Участок Маджерум* находится в осевой части Северо-Нуратинского хребта. На его территории (60 *км²*) установлены дайки и глубоко эрродированные трубки взрыва лампрофиров. Размер тел по мощности, первые метры, по протяженности до 100-500 *м*. По составу индикаторных минералов они отнесены к потенциально алмазоносным. Ожидаемые прогнозные ресурсы алмазов по 10 телам средней площадью выхода 1000 *м* до глубины 100 *м* при полупромышленных кондициях 0,1 *карат/т* составят 280000 *карат*.

4. *Участок Кугитанг (Кызылалма)* расположен в северо-восточной части гор Кугитангтау. На его площади известны две трубки взрыва и дайки, содержащие алмазы. Размер трубок 55x115 и 150x45. Они сложены брекчиями щелочных базальтов. На поисковой стадии алмазы установлены в трубке взрыва Кызылалма II. Площадь перспективна на обнаружение новых тел алмазоносных пород в связи с благоприятным структурным положением

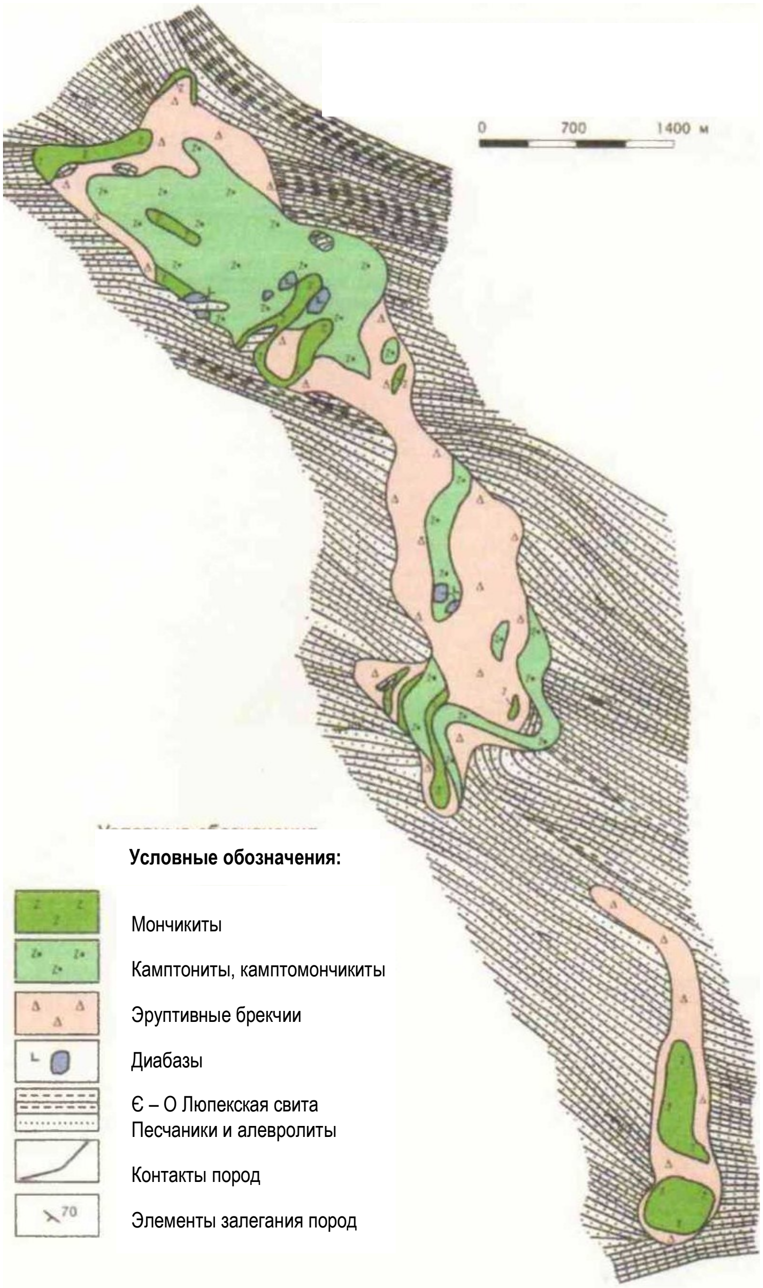


Рис. 3. Схема геологического строения трубки взрыва Водораздельная

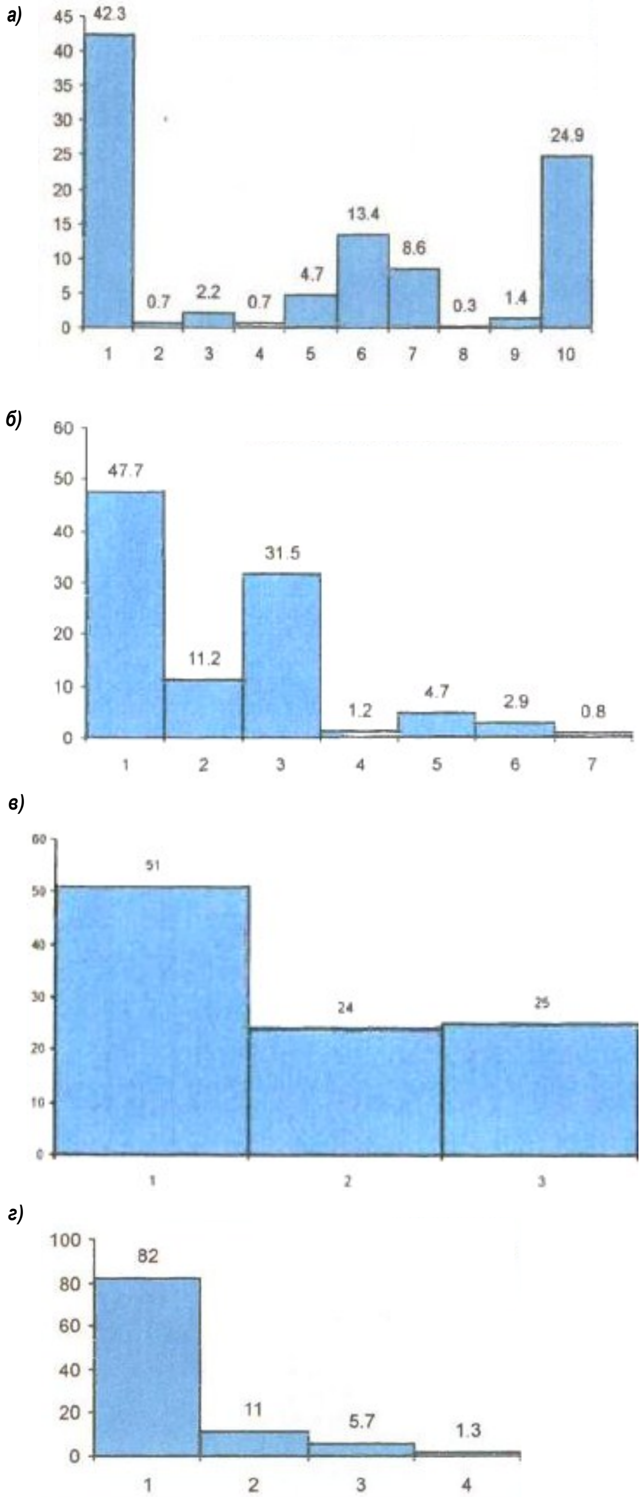


Рис. 4 Морфологические особенности алмазов диатремы Карашохо: *а* – гистограмма распределения по облику (1 – октаэдр; 2 – куб; 3 – кубооктаэдр; 4 – ромбододекаэдр; 5 – двойники; 6 – сростки; 7 – октаэдроид; 8 – кубооктаэдроид; 9 – додекаэдроид; 10 – осколки); *б* – гистограмма распределения по цвету (1 – бесцветный; 2 – жёлтый; 3 – зеленовато-жёлтый; 4 – серовато-жёлтый; 5 – серый; 6 – молочно-белый; 7 – чёрный); *в* – гистограмма целостности зёрен (1 – кристаллы; 2 – обломки; 3 – осколки); *г* – гистограмма распределения по размеру (1 – до 0,5 *мм*; 2 – 0,5-1,0 *мм*; 3 – 1,0-1,5 *мм*; 4 – от 1,5 *мм*)

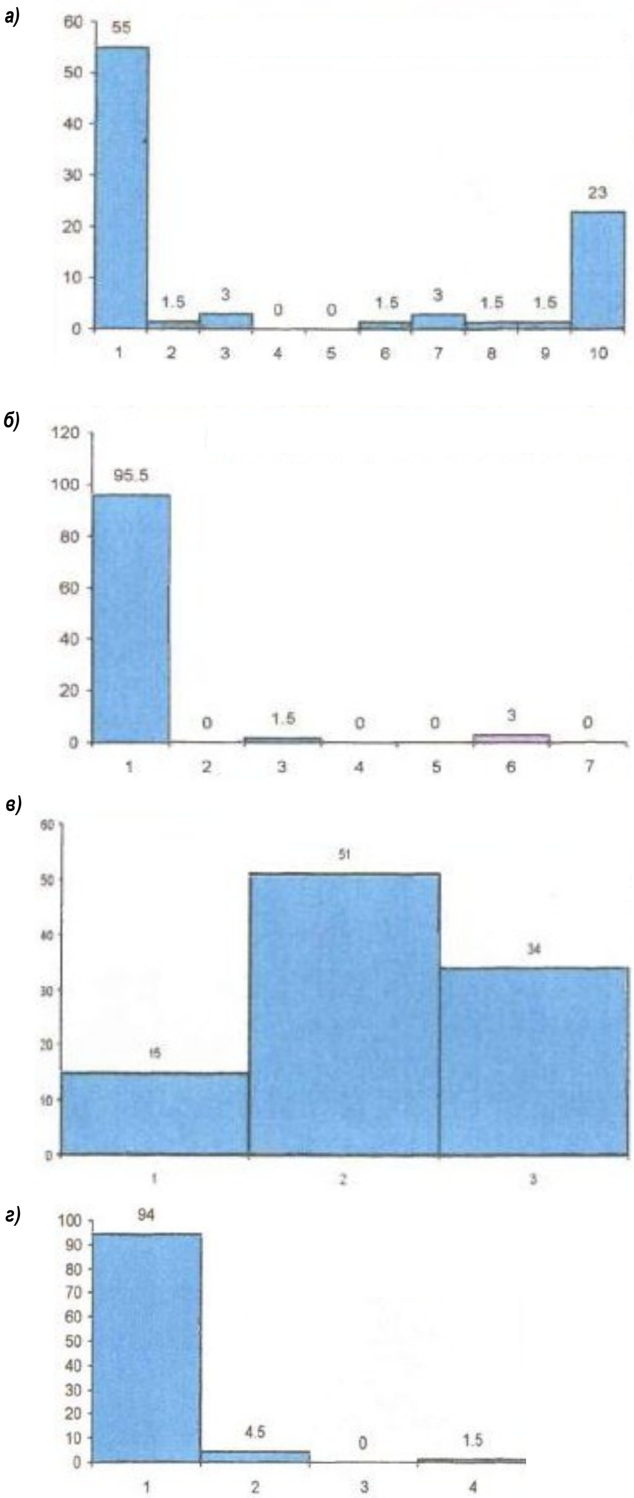


Рис. 5. Морфологические особенности алмазов диатремы Коксай: *а* – гистограмма распределения по облику (1 – октаэдр; 2 – куб; 3 – кубооктаэдр; 4 – ромбододекаэдр; 5 – двойники; 6 – сростки; 7 – октаэдроид; 8 – кубооктаэдроид; 9 – додекаэдроид; 10 – осколки); *б* – гистограмма распределения по цвету (1 – бесцветный; 2 – жёлтый; 3 – зеленовато-жёлтый; 4 – серовато-жёлтый; 5 – серый; 6 – молочно-белый; 7 – чёрный); *в* – гистограмма целостности зёрен (1 – кристаллы; 2 – обломки; 3 – осколки); *г* – гистограмма распределения по размеру (1 – до 0,5 *мм*; 2 – 0,5-1,0 *мм*; 3 – 1,0-1,5 *мм*; 4 – от 1,5 *мм*)

Таблица 1

Оценённые запасы и прогнозные ресурсы алмазов (*карат*)

№ п/п	Название перспективных площадей	Оценочные запасы (*карат/т*), C_2	Прогнозные ресурсы (*карат/т*), P_2
1.	Участок Карашохо	458 064	414 677,7
2.	Участок Коксай	9 659,6	512 741,3
3.	Участок Тусун		1 400 000
4.	Участок Асмансай		2 800 000
5	Участок Маджерум		280 000
6.	Участок Кугитанг		546 000
7.	Участок Сангардак		1 680 000
8.	Участок Кштут		560 000
	Итого:	**467 723,6**	**8 193 419**
	Всего:	**8 661 142,6**	

(расположение в зоне глубинных разломов отражающихся на уровне фундамента литосферы) и установлением минералов-спутников алмаза в русловых отложениях рек. Ожидаемые прогнозные ресурсы по трём алмазоносным трубкам средней площадью 6500 *м*^{2} до глубины 100 *м* при содержаниях 0,1 *карат/т* составят – 546000 *карат/т*.

5. *Участок Сангардак* расположен в юго-западных отрогах Гиссарского хребта на сочленении докембрийского Байсунского метаморфического блока с палеозойским вулканогенно-осадочным обрамлением. Здесь, в благоприятной для концентрации лампроитов структурной позиции, установлены участки распространения потенциально алмазоносных даек лампрофирового (камптонит-мончикитового) состава и высокометаморфических гнейсов. Есть прямые признаки алмазоносности в связи с находкой алмазов в русловых отложениях р. Сангардак и в коренных породах.

Ожидаемые прогнозные ресурсы (P_2) участка могут составить по дайкам (10 даек средней площадью 1000 *м*) 280000 *карат*, по гнейсам (50000 *м*) до глубины 100 *м* при полупромышленном содержании 0,1 *карат/т* 1400000 *карат*.

6. *Участок Кштут* расположен в Гиссарском хребте (Сурхандарьинская область). Алмазоносные породы на его площади формируют линейновытянутую зону с многочисленными (около 300) телами протяженностью до 1 *км* при мощности 1-7 *м* [1]. Известны также единичные трубки взрыва. Алмазы установлены в коренных породах (дайках лампрофиров) и русловых отложениях рек, составляющих бассейн р. Сурхандарья (Тупаланг). Ожидаемые прогнозные ресурсы по 10 телам средней площадью 2000 до глубины 100 *м* при содержании 0,1 *карат/т* составят 560000 *карат*.

Суммарные прогнозные ресурсы алмазов по 8 названным участкам составляют около 8 млн. *карат*, что сопоставимо с запасами некоторых алмазоносных провинций Африки (Кот-д᾽Ивуар, Танзания, Лесото), Индии и США (*табл. 1*).

Программой перспективного развития геологоразведочных работ на алмазы в Республике Узбекистан в 2004-2010 гг. и на период до 2020 гг. предполагалось:

– определение участков локализации алмазов и их минералов спутников в рыхлых и коренных отложениях;

– выявление потенциально-алмазоносных даек и трубок взрыва, выполненных породами базит-лампроитовой формации;

– выявление локальных перспективных площадей и участков для поисков алмазов с определением их прогнозных ресурсов;

– определение количественных и качественных параметров алмазоносных пород на основе распределения алмазов по классам крупности и ювелирным качествам;

– разработка и внедрение оптимальных способов обогащения алмазоносных пород, создание лабораторных и полупромышленных обогатительных установок;

– проведение полупромышленных испытаний алмазосодержащего сырья.

С 2008 г. геологоразведочные работы на алмазы проводятся в недостаточных объёмах, а минерально-сырьевая база проявлений алмазов осталась недоизученной.

По мнению Ф.В. Каминского [2], имеющиеся геологические данные позволяют говорить о наличии новой, Узбекской (или более широко – Центрально-Азиатской) алмазоносной провинции, в пределах которой имеются различные типы алмазоносных некимберлитовых пород.

Одно из выявленных проявлений, трубку Карашохо можно рассматривать как потенциальное полупромышленное месторождение алмазов.

При наличии высококачественных и достаточно крупных алмазов в брекчиях первой генерации, даже содержание алмазов около 0,2 *карат/т* может оказаться достаточным для экономической значимости этого месторождения. Как в горах Букантау, так и в других районах Республики Узбекистан возможно обнаружение новых алмазоносных тел.

Каминским Ф.В. рекомендуется продолжать ведение поисковых работ на алмазы в Республике Узбекистан, используя приобретенный опыт и созданную методику.

На наиболее перспективном из выявленных алмазоносных объектов, трубке Карашохо работы рекомендуется сосредоточить на наиболее обогащенной алмазами разновидности пород, брекчиях первой генерации, рассматривая их как возможное рудное тело.

Главной методической задачей следует считать оценку качества алмазов из брекчий первой генерации трубки Карашохо. Предварительную оценку можно будет сделать по пакету алмазов массой около 100 *карат*. Вспомогательными методами должны являться статистический анализ распределения крупности алмазов и ИК-спектрометрия.

Главным методом поисков новых алмазоносных объектов рекомендуется постановка на широкой площади валового опробования аллювиальных и пролювиальных отложений на алмазы, с объемом единичных проб 5-25 *м*^{3}. После обнаружения алмазов в валовых пробах, на локальных участках следует ставить детальные поиски алмазоносных объектов, включая шлиховое опробование, геофизические и горно-буровые методы.

В горах Букунтау следует проводить поиски новых алмазоносных объектов путем аэромагнитной съемки, с расстоянием между профилями 150- 200 *м*.

При возможности, следует модифицировать методику обогащения проб на алмазы, исключив возможность передробленья алмазов.

В дальнейшем следует приобрести специализированную обогатительную модульную установку, включающую блок самоизмельчения коренных пород, блок концентрации в тяжелых суспензиях (гидроциклон), и блок извлечения алмазов из концентрата путем рентгеновского облучения (типа Sortex). Последний блок также обеспечивает безопасную сохранность извлеченных алмазов.

Библиографический список:

3. Головко А.В., Яковенко Н.Е. и др. Отчет о проведении комплексных поисково-картировочных работ масштаба 1:25000 в пределах Гиссарского хребта и гор Нуратау с целью выделения поисковых участков развития потенциально алмазоносных пород. – Самарканд: ГГП «Самаркандгеология», 1997 г.

2. Ваганов В.И., Каминский Ф.В. Временные методические рекомендации по прогнозированию и поискам коренных месторождений алмазов лампроитового типа. – М.: ЦНИГРИ, 1988 г. – С. 60.

УДК 662:553.4 DOI:10.54073/GV.2022.2.89.014

КОКПАТАС-ОКЖЕТПЕССКИЙ ЗОЛОТОРУДНЫЙ ТРЕНД СЕВЕРНЫХ КЫЗЫЛКУМОВ



Ахмедов Н.А.,
директор ООО «Геолтехинвест»,
к.т.н.

Антонов А.Е.,
генеральный директор
ООО «B2GOLD CENTRAL ASIA», д.г.-м.н.

Орипов С.Г.,
базовый докторант
Национального университета Узбекистана

Oltin trendlari tendentsiyalari 20-asrning oxiridan boshlab tadqiqot ob'ekti bo'lib, uning standarti Karlin trendiga tenglashtiriladi. Bugungi kunda geologiyada oltin trendi tendentsiyalarini aniqlash katta ahamiyatga ega. O'zbekistonda oltin trendlari tendentsiyalari ham faol o'rganila boshlandi va yangi tendentsiyalarga e'tibor qaratila boshlandi. Ushbu maqolada Ko'kpatas-Okjetpes oltin trendi tendentsiyasi va uning tuzilmalarga, ma'dan tanalariga va boshqalarga nisbatan o'rni haqida ma'lumotlar keltirilgan.

Tayanch iboralar: *trend, oltin, Ko'kpatas, Oqjetpes, ma'dan, kvarts, sulfid, oltin trend.*

Золоторудные тренды стали объектом исследований начиная с конца 20 века, эталоном которого является Карлин тренд. Сегодня выявление золоторудных трендов имеет огромное значение в геологии. Также начали активно изучаться золоторудные тренды в Узбекистане и выделяются все новые тренды. В данной статье приводятся данные о Кокпатас-Окжетпесском золоторудном тренде и его положении относительно структур, рудных тел и др.

Ключевые слова: *тренд, золото, Кокпатас, Окжетпес, руда, кварц, сульфид, золоторудный тренд.*

Из десяти золоторудных трендов, намеченных в Кызылкумском рудном районе [1], Кокпатас-Окжетпесский тренд является крайним северным в пределах Южно-Тяньшанского складчатого пояса и закрывшегося Туркестанского океана, наиболее приближенным к окраине Казахского континента (Северо-Букантауская металлогеническая зона).

Структуры Южно-Букантауской металлогенической зоны, преимущественно северо-западного простирания, являются составляющими Кокпатас-Окжетпесского тренда (*рис. 1*).

Основными рудными полями тренда являются Кокпатасское и Окжетпесское. Как было ранее показано [2], Кокпатасское рудное поле объединяет более 20 перспективных участков, среди которых наиболее крупными являются Южный I, Ближний, Приконтактовый; расстояние между ними не превышает 2-3 *км*. Всего на месторождении разведаны и подсчитаны запасы по 78 рудным залежам.

Кокпатасское рудное поле сложено комплексом карбонатных, осадочно-вулканогенных и кремнисто-сланцевых образований, прорванных серией даек. Карбонатные отложения (джускудукская свита) нижнего карбона обнажены в ядерной части Кокпатасской антиклинали.

Карбонатные отложения несогласно перекрываются осадочно-вулканогенными образованиями (карашахская свита) среднего карбона. Последние подразделены на четыре литологические пачки. Первая пачка сложена преимущественно туфобрекчиями с линзами обломочных и халцедоновидных кремней, доломитов, органогенных известняков, плотных кварцевых песчаников и эффузивов основного состава. Мощность пачки – 60-80 *м*. Вторая пачка представлена рассланцованными туфоалевролитами с линзами и прослоями кремней, реже – известняков и доломитов. Мощность её изменяется от 40 до 110 *м*. Третья пачка сложена, главным образом, сланцами с прослоями вулканомиктовых песчаников и халцедоновидных и пилозитовых кремней. Мощность пачки 60-200 *м*. Четвертая пачка сложена песчаниками, алевролитами с маломощными прослоями углисто-глинистых сланцев и халцедоновидных кремней. Мощность пачки 130-150 *м*. Суммарная мощность вышеописанных пачек составляет 400-500 *м*. На осадочно-вулканогенные образования среднего карбона надвинуты отложения кокпатасской свиты (R_{2-3}), сложенной линзующимися горизонтами светлых, темно-серых и черных кремней и микрокварцитов, чередующихся с известняками, доломитами, сланцами различного состава, алевролитами и песчаниками. Мощность свиты в пределах месторождения 220 *м* (неполная).

Геолого-структурная позиция Кокпатасского рудного поля определяется приуроченностью к центральной части структурного изгиба Кокпатас-Бозтауской антиклинали и контролируется разломами глубокого заложения северо-западного простирания. Основные рудоконтролирующие элементы рудного поля – пересечения широтных разломов с разломом северо-восточного направления, приконтактовые части вулканогенно-осадочных образований карашахской свиты с кремнисто-карбонатными отложениями кокпатасской свиты.

Разрывы субширотного направления на участках являются основными структурами. Субширотные разломы, активно проявившиеся в заключительных стадиях магматической деятельности, вмещают подавляющее большинство даек среднего состава и рудных тел. Они подразделяются на пологие взбросы (надвиги) с южным падением и крутые сбросы и сбросо-сдвиги, падающие преимущественно на север. Смещение по ним не превышает первые десятки метров.

Почти все известные рудопроявления золота, представленные зонами окварцевания и тонкой вкрапленностью золотоносного пирита и арсенопирита в отложениях карашахской свиты, приурочены к субширотным разломам.

Окжетпесское рудное поле приурочено к юго-восточному погружению Букантауского антиклинория и, как и Кокпатасское, контролируется разломами глубинного заложения северо-западного направления. Структурный облик поля определяется крупной Окжетпесской антиклиналью, осложненной по периферии Северным (главным), Западным и Южным разломами. Месторождение локализовано в сложно построенной зоне разрывных нарушений (главный разлом) восток-северо-восточного простирания, в северо-западной части периклинальной части Окжетпесской антиклинальной складки.

В геологическом строении месторождения принимают участие карбонатные отложения нерасчленённого среднего и верхнего девона, турнейского яруса нижнего карбона и карбонатно-терригенные образования среднего карбона, суммарная мощность которых составляет примерно 2000 *м*.

Минеральный состав руд месторождения Окжетпес весьма разнообразен. Основные рудные минералы – пирит, арсенопирит, сульфосоли серебра; второстепенные – арсенопирит, пирротин, марказит, галенит, сфалерит, блеклая руда, сульфосоли свинца и сурьмы, касситерит. Главные нерудные минералы – кварц, карбонат; второстепенные – серицит, хлорит, мусковит, альбит, барит, целестин. Процесс минералообразования на месторождении происходил в три стадии: предрудной карбонат-золото-сульфидной; рудной карбонат-золото-серебро-сульфидной и пострудной карбонатной.

Открытие и разведка в последние годы в горах Букантау месторождений золото-кварцевой формации (Турбай, Булуткан, Барханное) наряду с ранее изученными месторождениями золото-сульфидной (Кокпатас), шеелит-сульфидной скарноидной (Саутбай) и шеелит-кварц-полевошпатовой штокверковой (Сарытау) позволяют дополнить представления о закономерностях размещения и перспективах золотого оруденения в Южно-Букантауской металлогенической зоне.

Гетерогенность структурно-вещественных комплексов, слагающих зону, и контрастность металлогенической специализации позволяют выделить в её объёме три подзоны: Западно-, Центрально- и Восточно-Букантаускую (*рис. 1*).

Первая и третья – консолидированные структуры, сложены сходными формациями (толеит-базальтовая и карбонатно-кремнистая R-V_1, терригенные V-? и O). Они различаются степенью эродированности интрузивов и, как следствие, металлогеническим профилем: Западно-Букантауская – Be, Sn, W, Au; Восточно-Букантауская – W, Au, Ag, Cu. Рифтогенная Центрально-Букантауская подзона халькофильного профиля (Au, Ag, Sb) включает дополнительно карбонатную формацию D-C_1, трахибазальтовую, терригенную и молассоидную – C_2.

По экстенсивности проявления оруденения, его признаков и индикаторов, морфогенетическим особенностям выделяются рудные пояса: Южно-Алтынтауский, Северо-Алтынтауский, Аякащинский в Западно-Букантауской подзоне, Турбай-Сарытауский и Саутбай-Булутканский в Восточно-Букантауской подзоне, Кокпатасское и Окжетпесское рудные поля в Центрально-Букантауской подзоне (по материалам Ушакова В.Н., Рубанова А.А. и др.).

Позиции месторождений золото-сульфидной формации (Кокпатасское рудное поле) определяются зоной Кокпатасского глубинного разлома в узле пересечения с субширотной магморудоконтролирующей структурой и Кокпатасской антиформой, в осложненных крыльях которой локализованы рудные тела широкого морфологического диапазона: согласные, секущие, контактовые, комбинированные.

Месторождения золото-кварцевой формации приобретают все более значимую промышленную ценность в рудно-магматической колонне (РМК) Южного Букантау (Турбай, Булуткан, Барханное и др.). Они локализованы в продольных поясах повышенной проницаемости на сочленении с поперечными разломами [3-6]. Основные морфологические типы: крутопадающие, кварцево-жильные системы (жилы, штокверки) с элементами субпластовых минерализованных зон (Барханное, Бозтау). Эти формации занимают центральный уровень РМК. Помимо рассмотренных объектов, в Южном Букантау широко проявлены месторождения вольфрама с попутным золотом – Сарытау, Саутбай и др. (нижний уровень РМК), и серебра с рассеянным золотом – Окжетпес, Западный Турбай (фронтальный уровень).

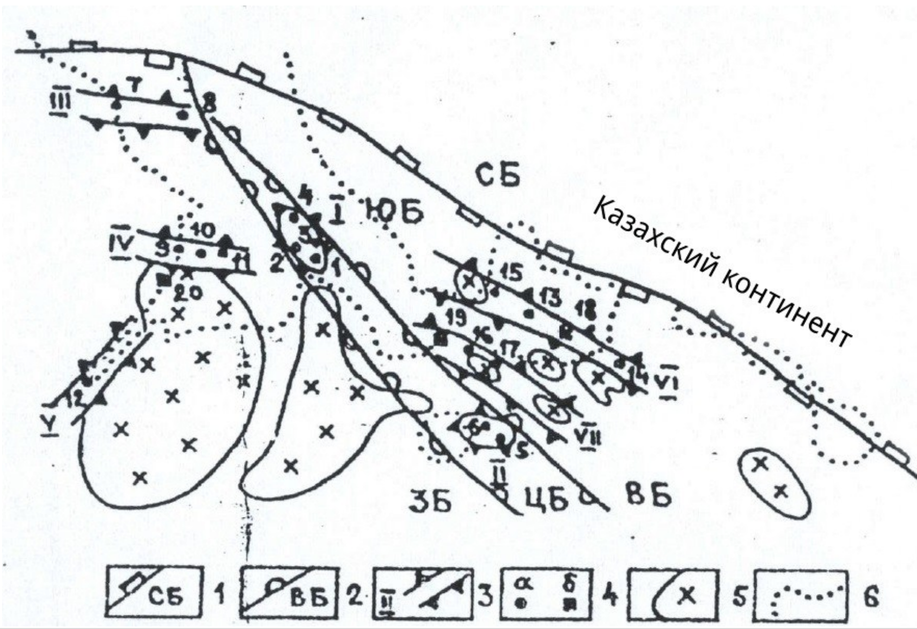


Рис. 1. Прогнозно-металлогеническая схема золотого оруденения Южного Букантау по Н.А. Ахмедову, В.И. Воронцову: 1 – границы металлогенических зон (СБ – Северо-Букантауской, ЮБ – Южно-Букантаусксй); 2 – границы мегаллоггенических подзон (ЗБ – Западно-Букангауской, ЦБ – Центрально-Букантауской, ВБ – Восточно-Букантауской); 3 – рудные поля (I – Кокпатасское, II – Окжетпесское), рудоносные пояса (III – Аякащинский, IV – Северо-Алтынтауский, V – Южно-Алтынтауский, VI – Турбай-Сарытауский, VII – Саутбай-Булутканский); 4 – месторождения и рудопроявления золота (а), вольфрама (б): 1 – Южное, 2 – Западное, 3 – Восточное, 4 – Бозтау, 5 – Барханное, 6 – Водораздельное, 7 – Айтым, 8 – Серкеказган, 9 – Чолчаратау I-III, 10 – Ходжаахмст, 11 – Кентокен, 12 – Алтынтау, 13 – Турбай, 14 – Катыртас, 15 – Приконтактовое, 16 – Булуткан, 17 – Саутбай, 18 – Сарытау, 19 – Саутбай, 20 – Чолчаратау; 5 - гранитоидные интрузивы; 6 – контур палеозоя

Пирназаровым М.М. с соавтором (2022 г.), были изучены рудоконтролирующие факторы Окжетпесского рудного поля [7]. Было установлено, что на всех эталонных объектах прослеживаются близкие характеристики основных рудоконтролирущих факторов: структурного (тектонически ослабленные зоны северо-восточного простирания); магматического (дайковые тела основного и среднего состава) и матесоматического – важного типа гидротермальных образований (кварце-жильные тела и прожилковые зоны). По результатам обработки материалов ДЗЗ и соотношения каналов космических снимков ASTER картографированы зоны распределения индекса минералов Кокпатас-Окжетпесского тренда [8]. Основные картированные зоны распространения минералов каолинита, индексов кварца и железа наблюдаются вблизи рудных месторождений и проявлений.

В результате комплексного анализа геолого-геофизической информации и сопоставления обработки материалов ДЗЗ выявлено два прогнозных участка вдоль западного погружения Кокпатасского глубинного разлома.

Библиографический список:

1. Антонов А.Е. Сверхкрупные месторождения золота России и Узбекистана: перспективы новых открытий // Золото и технологии, 2020. – № 4. – С. 30-38.

2. Рудные месторождения Узбекистана // отв. ред. Голованов И.М., гл. ред. Ахмедов Н.А., зам. гл. редактора Исаходжаев Б.А. – Ташкент: «ГИДРОИНГЕО», 2001. – С. 611.

3. Ахмедов Н.А. О некоторых особенностях размещения позиции, перспективных на месторождения благородных металлов в Центральных Кызылкумах // Геология и минеральные ресурсы. – Ташкент: ГГИЦ, ФАН АН РУз., 1999 г. – №6. – С. 24-26.

4. Ахмедов Н.А., Воронцов В.И. Закономерности размещения золота и задачи локального прогноза в Южном Букантау // Сборник «Маъданли конларни муаян бащоратлаш усулларининг холати ва такомиллаштириш муаммолари». – Ташкент: Университет, 1999 г. – С. 182-185.

5. Ахмедов Н.А., Голованов И.М., Лузановский И.Г. Масленникова И.А., Троицкий В.И. Геодинамика и металлогения Нуратау-Кызылкумского промышленно-экономического региона Узбекистана // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2003 г. – № 3. – С. 60-62.

6. Ахмедов Н.А., Парамонов Ю. И. Кызылкумская золоторудная провинция Южного Тянь-Шаня и потенциальные возможности расширения минерально-сырьевой базы Узбекистана // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2008 г. – № 2 (33). – С. 9-16.

7. Пирназаров М.М., Омонов О.Г., Абдуллаев Л.А. и др. Рудоконтролирующие факторы и значимые признаки оруденения Окжетпесского рудного поля (Центральные Кызылкумы) // Геология и минеральные ресурсы, 2022. – №1. – С. 51-58.

8. Гоипов А.Б., Турапов М.К., Ахмадов Ш.И. и др. Применение соотношения каналов космических снимков для картирования минералов на примере Кокпатас-Окжетпесского Тренда (Горы Букантау) // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2020 г. – № 3 (82). – С. 35-37.

УДК 669.53.01

DOI:10.54073/GV.2022.2.89.015

РЕДКОМЕТАЛЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ УЗБЕКИСТАНА (потенциал, рост, перспективы освоения)

Ахмедов Н.А.,
директор ООО «Геолтехинвест»,
к.т.н.

Ежков Ю.Б.,
начальник отдела
Прогнозирования редких металлов
и редкоземельных элементов
ГУ «Институт минеральных ресурсов», к.т.н.

Ushbu maqolada O'zbekistonning nodir metallar istiqboli, mineralogik xususiyatlari, jahon gipotezasi tahlili haqida ma'lumotlar berilgan. Sanoatda noyob metallar qobig'dagi shakllanishi muammolari ko'rib chiqiladi. Noyob kometalar mahsulotlarini qazib olish va eksport qilish istiqbollari.

Tayanch iboralar: *nodir metallar, talab, xomashyo, REE, tantal, mineral.*

В данной работе приводятся данные о редкометалльной перспективе Узбекистана, минералогические особенности, анализ мировой конъюктуры. Рассмотрены проблемы промышленного корообразования над редкометалльными. Перспективы добычи и экспорта редкометалльной продукции.

Ключевые слова: *редкие металлы, спрос, сырье, REE, тантал, минерал.*

В новых условиях рыночной экономики для стран СНГ и Узбекистана стало объективно необходимым коренное изменение политики собственного обеспечения существующим редкометалльным сырьем (*рис. 1*), в т.ч. для создания государственного резерва редких металлов и их внутреннего рынка. Интенсивное проведение геологоразведочных работ на комплекс редких элементов литофильного, халькофильного ряда и группы редких земель (REE), позволили в последние два десятилетия прошлого века, особенно в отношении REE, тантала и ниобия, заметно увеличить в мире их ресурсный потенциал. Это привело к реализации многих разработок в создании «advanced materials», ставших мировым индикатором прогресса науки и техники, создании новых отраслей производств и направлений исследований, что в свою очередь, вызвало в начале XXI века резкий дефицит танталовых (особенно), ниобиевых, бериллиевых, редкоземельных и др. материалов на рынках редкометалльного сырья.

Низкое содержание отдельных редких элементов в большинстве природных образований, чрезвычайная редкость крупных скоплений собственных минералов (хотя число их может быть больше 100) и нахождение основной массы металлов в виде примеси в главных рудообразующих минералах других полезных ископаемых определили попутный характер их добычи при комплексной переработке руд и отнесение в особую группу редких элементов - рассеянных (рений, селен, теллур, кадмий, индий, галлий, германий, таллий, скандий).

При этом следует принимать во внимание значительные масштабы попутной добычи рассеянных элементов – тысячи *т* кадмия и селена, сотни – десятки *т* теллура, германия, индия и галлия, единицы *т* рения, таллия и скандия.

В целом же отнесение элементов к группе редких во многом условно.

Так, например, свинец, цинк, вольфрам и молибден при низких содержаниях в земной коре образуют крупные месторождения и к редким не относятся. С другой стороны, существенно их превосходящие рубидий (0,015%) и скандий (0,0013%) являются типично редкими элементами, т.к. значительные их месторождения в природе не известны.

Важно, что с течением времени список редких элементов постоянно менялся (к ним ранее относились ртуть, вольфрам, сурьма, молибден и олово) и очевидно не будет оставаться постоянным. Если принять содержание всех редких элементов в земной коре за 100%, то доля циркония составит – 22,37%, рубидия – 19,74%, ванадия – 11,84, церия – 10,53, лантана – 6,58, неодима – 4,86, лития – 3,94, иттрия – 3,94, ниобия – 2,63, галлия – 2,63, т.е. 10 редких элементов составляют 90% их общей массы.

Как показало изучение распределений редких элементов в различных типах горных пород, каждому из них присуща своя парагенетическая (геохимическая) ассоциация. Наиболее характерными редкими элементами являются: для основных пород -ванадий, стронций, кадмий, скандий и элементы группы платины; гранитоидов – литий, рубидий, иттрий, группа редких земель, цезий, бериллий, ниобий и тантал, обладающие способностью к концентрированию (до промышленных масштабов); щелочных пород – цирконий, галлий, гафний, ниобий, бериллий, стронций и элементы цериевой группы.

Породы переходных рядов (от гранитных к щелочным и от основных к кислым) обладают ассоциациями редких элементов промежуточного характера – редкие земли иттриевой группы, цирконий, ниобий, тантал.

Среди осадочных пород наибольший фон редкометалльности в глинах и глинистых сланцах – бор, селен, цезий, литий, рубидий, галлий, германий, скандий. В фации глинисто-углистых сланцев – резкое обогащение органикой, ураном, ванадием, селеном, редкими землями, молибденом и др.

Для углей характерно обогащение германием, ванадием, молибденом, ураном, бором, литием, галлием, вольфрамом, редкими землями и висмутом. В фосфоритах накапливаются уран, редкие земли, бор, стронций, скандий, йод, цирконий, селен и др., в солях (сульфатолитах и галолитах) – стронций, рубидий, селен, в бокситах – галлий, ванадий, ниобий, цирконий, стронций, скандий и др., в гидрооксидных железных рудах – германий, ванадий, мышьяк, скандий, редкие земли и другие редкие элементы.

Особую группу образуют бор, литий и вольфрам, содержащиеся в высококонцентрированных рассолах сложного происхождения.

На сегодня известно свыше 400 собственных минералов редких элементов и их разновидностей, тогда как минералов-носителей насчитывается более 1000.

Наибольшее число минеральных видов характеризует: ниобий и тантал, редкие земли – 55, бериллий – 40, селен – 39, теллур – 42, цирконий – 27, а наименьшее: таллий и кадмий – 5, скандий и цезий – 2, галлий – 1 и т.д.

Несмотря на то, что редкие металлы стали входить в сферу промышленного применения только во второй половине XX века, их внедрение стало уже нарицательным символом роста научно-технического прогресса, принципиально новых ресурсосберегающих технологий, новых высококачественных материалов с заданными свойствами, обеспечивающих надежность и долговечность машин и механизмов, биоэнергетических характеристик медицинских разработок, генной инженерии и др.

Однако спрос на отдельные редкие металлы развивается неравномерно, в связи с чем, всегда сосуществуют два направления его решения: поиски новых сфер применения для каждого металла; поиски источников дефицитного сырья.

Нужно отметить, что в последние 5-10 лет оба направления в мировом масштабе развиваются достаточно успешно.

Хотя особенностью, отличающей сырьевой рынок редких элементов является многокомплексность минерального сырья, сложные технологии извлечения и получения товарной продукции при ограниченных объемах производства, высокая эффективность применения редких металлов делает его рентабельным.

Высокий спрос на редкие элементы привел к общемировому увеличению ассигнований на научные разработки и поисковые работы редкометалльного направления, что, к примеру, ознаменовалось увеличением вдвое за последнее десятилетие мировых запасов редкоземельных элементов (REE) при уже существовавшем обеспечении запасами в 1500 лет на нынешнем уровне потребления. Характерно, что в ряде месторождений REE их содержания достигают уже в руде 12,8% (Томтор, Россия) и даже 23,6% (Маунт-Уэлд, Австралия) при запасах более нескольких миллионов тонн, что объективно выводит REE из группы редких химических элементов.

Редкометалльно-литофильное минеральное сырье (тантал, ниобий, бериллий, рубидий, цезий, литий и др.) для территории Республики Узбекистан до недавнего времени было нетрадиционным. Причиной этого послужил распространенный тезис об экономической нецелесообразности капитальных вложений в создание собственной минерально-сырьевой базы и производства гранитофильных редких элементов (Ta, Nb, Li, Be, Rb, Cs) в Республике, представленных как малотоннажное сырье со сложной схемой переработки, которое при необходимости можно легко приобрести на зарубежных рынках.

Как показал анализ мировой конъюнктуры редкометалльных товаров, полагаться на их импорт совершенно не целесообразно, поскольку только за последние десять-двенадцать лет наблюдались необычайно активные всплески или падения цен даже таких относительно стабильных в потреблении элементов как Sb, Re, V, Ce, Y, Sc, Zr и др. Причина здесь в реально существующей ситуации, вызванной доминирующим положением на мировых рынках редких металлов крупных производителей, контролирующих их малотоннажное производство и возможности свободного приобретения. При этом, несмотря на стабильность и неограниченность поставок на внутренний рынок, например, ниобия, такие основные страны-потребители редких элементов (60-80%), как США и Япония, в рамках самообеспечения ведут не только разведку заведомо неконкурентоспособных на мировом уровне их месторождений, но и осуществляют активную инвестиционную политику в проведении

Источники редкометального сырья

1 группа	2 группа	3 группа	4 группа
Собственно редкометалльные месторождения	**Редкометалльные (гетерокомпонентные) месторождения**	**Месторождения разных полезных ископаемых с попутными редкими металлами**	**Техногенные месторождения**
Основные компоненты – только редкие металлы	Основные компоненты – редкие металлы и другие полезные ископаемые	Редкие металлы – попутные компоненты рудных месторождений, углей, гидроминерального сырья, нефтей и битумов	Остаточные продукты переработки руд
Редкометалльные монокомпонентные (монометалльные): Ta Nb Be REE Li Sr	Редкометалльно-титановые россыпные: Ti, Zr, кварц, (REE), (КПШ) и коренные: Ti, Ta, Nb, REE Редкометалльно-урановые: U, REE, Sc, Nb Редкометалльно- железорудные: Fe, P, Zr (Ta, Nb); Fe, REE, Sr, барит, флюорит Редкометалльно-угольные: Ge, уголь	REE, Sr – в апатитовых месторождениях Sc – в рудах урановых, редкоземельных, ильменитовых, цирконовых, касситеритовых, вольфрамитовых и других месторождений Ge – в углях, в Pb-Zn и Pb-Cu рудах Re – в рудах медно-молибденовых и урановых месторождений	Хвосты переработки бадделеит-апатит-магнетитовых руд (Ковдорское месторождение) – Zr Хвосты обогащения титано-циркониевых песков (Малышевское месторождение, Украина) – Zr, Ti Хвосты обогащения флюоритовых руд – Be, Li, Rb, Cs Шлаки плавки оловянных концентратов – Ta
Редкометалльные поликомпонентные (комплексные): Ta, Nb; Li,Ta; Ta, Cs, Li; Nb, REE; Zr,REE и др.	Редкометалльно-бром-йодное гидроминеральное сырье: Li, Br, J Редкометалльно-керамические (слюдяные) пегматиты, апограниты и карбонатиты: Ta, Be, КПШ; Nb, Li Редкометалльно-молибден-вольфрамовые: W, Mo, Be Редкометалльно-оловянные коренные и россыпные: Sn, Ta Редкометалльно-флюоритовые: Be, флюорит Урано-ванадиевые: U, V	Ta, Nb – в касситеритовых, вольфрамитовых (ильменитовых, рутиловых, лейкоксеновых, сфеновых) концентратах месторождений разных типов Li, Sr, Rb, Cs, Ge – в гидроминеральном сырье V, REE – в нефтях и продуктах их переработки Be, Li, Rb, Cs – во флюоритовых месторождениях Rb – в месторождениях карналлита и нефелина	Красные шламы от переработки бокситов – Sc, Zr, REE Хвосты обогащения (пироксеновые) титаномагнетитовых руд – Sc

Рис. 1. Группировка месторождений как источников редкометального сырья по компонентному составу

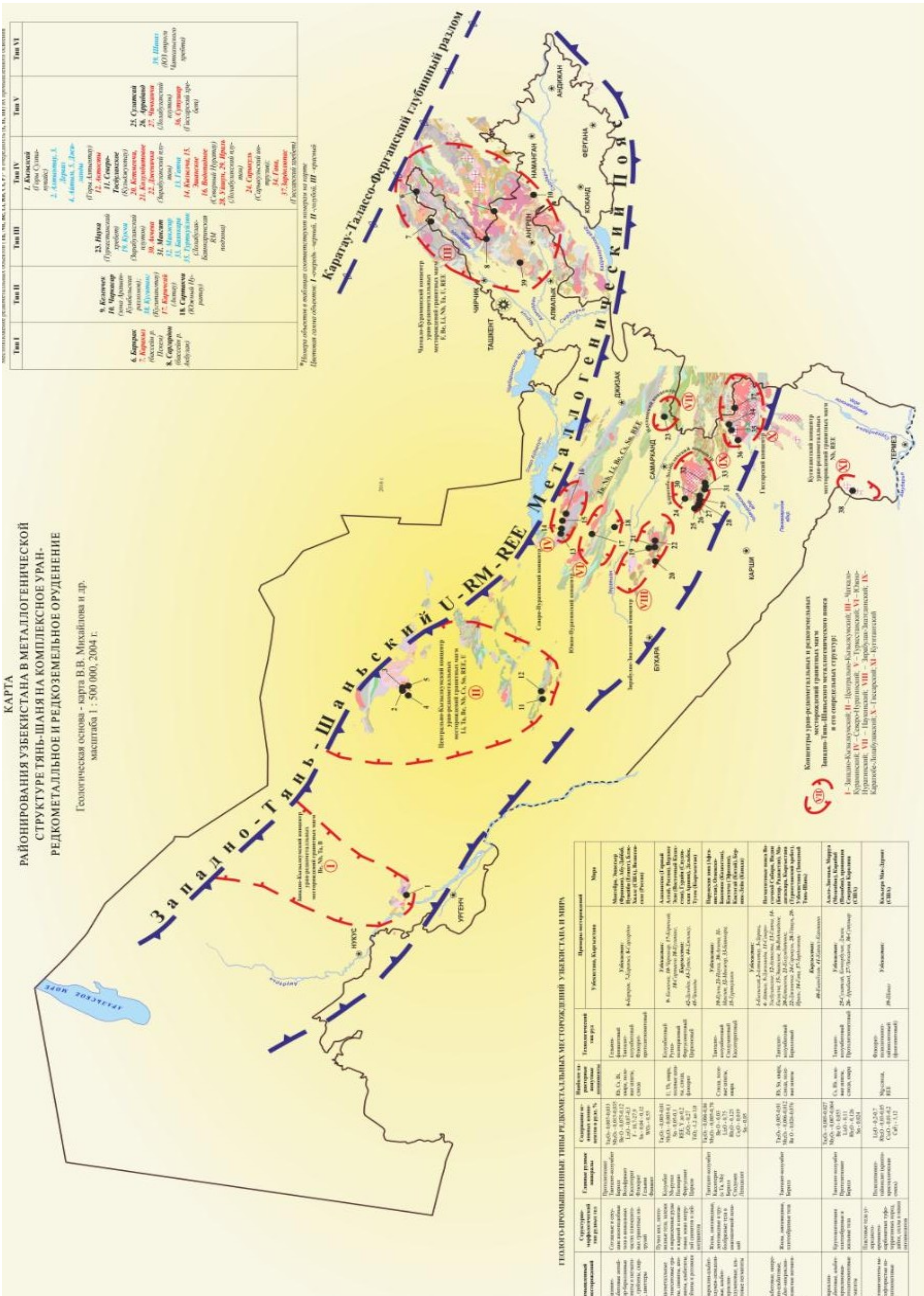


Рис. 2. Карта районирования Узбекистана на металлогенической структурне Тянь-Шаня на комплексное уран-редкометальное и редкоземельное оруденение

геологоразведочных работ на территории других государств. Как известно, в Узбекистане уже несколько десятилетий производится извлечение редких элементов (Se, Te, Cd, In, Re, Sc, Ga, Ge, Bi) при добыче урановых и сульфидных руд, в то время как редкометалльное оруденение (*рис. 2*) редкоземельного и литофильного профиля (Ta, Nb, Be, Li, Rb, Cs) до последнего времени остается в Республике невостребованно-нетрадиционным.

В последние годы геологической службой Госкомгеологии предприняты активные действия по проведению комплексной оценки редкометаллоносности Узбекистана и сопредельных территорий с переоценкой известных и выявлению новых проявлений редких элементов, к примеру, генетически связанных с литий-фтористыми гранитами и гранитными пегматитами. Их руды, в отличие от руд редкометальных щелочных гранитов и сиенитов (*рис. 3*), *выгодно отличаются превышениями концентраций более дефицитного тантала над ниобием и более простой технологией их извлечения, наряду с попутными Be, REE. Li, Cs, Sn и др.*

По имеющимся на сегодня материалам, суммарные активные прогнозные ресурсы пентоксидов тантала и ниобия в Узбекистане оцениваются в 21500 тонн. Прогнозные ресурсы лития и бериллия оцениваются в десятки тысяч тонн.

По результатам обобщения и анализа мирового опыта изучения и эксплуатации редкометалльных месторождений нами установлено [1, 2], что ряд объектов в Узбекистане (Сулатсай, Мангит, Саргардон, Устук, Алтынтау, Сартакчи) на существующем REE уровне изученности по параметрам оруденения и концентрации тантала, ниобия, REE, урана, бериллия и лития соответствуют мелким и средним месторождениям гранитной и перигранитной формации, известным в различных регионах мира (Россия, Казахстан, Египет, Намибия, Эфиопия, Зимбабве, Китай, регионы Центральной Азии, Афганистан, Австралия, Монголия, Индия, Мадагаскар и др.).

Необходимо отметить, что в настоящем мы приводим данные по коренным породам, оставляя в стороне проблему промышленного корообразования над редкометалльными объектами Узбекистана, у которых основную ценность коровых масс составляет танталит-колумбит.

Отличаясь высокой твердостью и хрупкостью, оксиды тантало-ниобатов с продвижением к более верхним зонам корового профиля становятся все более трещиноватыми, хрупкими, изъеденными кавернами, с углублениями выполненными гидроокислами железа, марганца, вторичными фосфатами лития. Это при общем мелкокристаллическом облике танталит-колумбита (0,2-0,9 *мм*) делает процесс его извлечения из кор выветривания гранитных пегматитов весьма трудоемким, требующим особого внимания, с тем, чтобы не снизить извлечение минерала как из-за передрабливания, так и из-за неоправданного грохочения. Содержания пентаксида тантала в подобных коровых массах, представляющих промышленный интерес, обычно ложатся в интервал от 0,02% (300 *г/т* минерала) – до минимально-промышленного 0,002-0,004% (50-80 *г/т* танталит-колумбита), в то время как минимально-промышленное содержание Ta_2O_5 в коренных пегматитах колеблется от 0,015 до 0,02%, Необходимо отметить, что при этом в промышленную переработку коровых продуктов богатых жил могут быть вовлечены и коры выветривания жил с содержанием пентаксида тантала в 0,006-0,010%, т.е. практически всех бедных жил обычных для редкометалльно-пегматитового поля, что резко повышает его промышленный потенциал.

Противоположным образом корообразование воздействует на литиевые руды, главным образом сподуменовые, особенно на участках локального интенсивного пострудного трещинного преобразования и обводнения. Проникновение на таких участках продуктов коровых изменений (каолинит, гидрослюды) в залежи сподуменовых руд, на примере Наукинского пегматитового поля, может достичь глубин 20 и более *м*, а в слабо обводненных – 1-6 *м*. При этом сподумен в зависимости от интенсивности замещения циматолитом (альбит+слюды), гидрослюдистыми массами и каолинитом может терять: до 80-90% оксида лития, удельную массу (с 3,2 до 2 *г/см³*) и твердость (с 6,8 до 2,5). В условиях умеренного преобразования сподумена (15-25%) парагенный с ним касситерит становится более хрупким, трещиноватым, с поверхности грязно-бурым и сажистым (мажет руки).

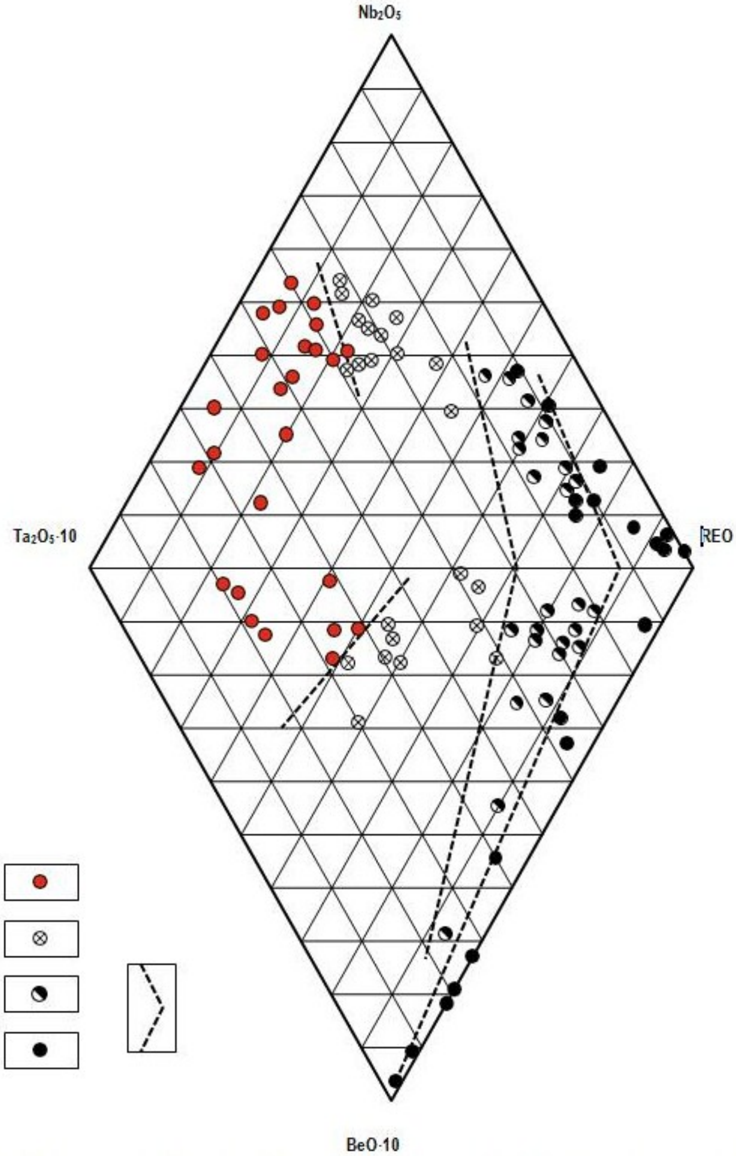


Рис. 3. Модель последовательного изменения количественных соотношений ведущих рудных компонентов в месторождениях Zr-REE-Be-Nb-Ta типа в ряду: кварцевые микроклиниты-альбититы-силекситы

Менее подвержен влиянию зоны окисления берилл, сохраняя, большей частью, первичную огранку и чистоту поверхности. Однако, по данным микроисследований бериллов Сулатсая, в теле его кристаллов повсеместно проявлена плотная микросеточка лейстовидных выделений мусковитовых слюд.

Из сказанного нетрудно сделать вывод о том, что проблема снятия воздействия коровых процессов на редкометалльные руды литофильного профиля в Республике исключительно важна, т.к. их изучение проходило 30-50 лет назад, что вполне достаточно для полной, начиная с поверхности, физико-химической дезинтеграции руд. Поэтому необходимо вскрытие их первичных неизмененных уровней для проведения достоверного опробования.

Это особенно важно при поисках редкометалльных руд литофильных элементов на перекрытых площадях с погребенными корами выветривания домезозойских пород.

Очень важно, что подавляющая часть объектов Узбекистана находится в условиях хорошо развитой инфраструктуры (энергия, транспортные магистрали, вода, стройматериалы, кадровые ресурсы), что очевидно должно активно стимулировать инвестиции и привлечение современных обрабатывающих технологий в геологоразведочную и горнодобывающую отрасли Республики. Благоприятное обстоятельство в развитой инфраструктуре Узбекистана – это блоки горнорудной промышленности, могущей обеспечить, при необходимости, получение конечной (металл) тантало-ниобиевой и другой продукции – металлургические предприятия Навоийского и Алмалыкского ГМК, фарфоровые заводы Ташкента, Самарканда и др.

Организация редкометалльного импортозамещения имеет свою специфику и поэтому должна проводиться системно, с учетом мировых тенденций, возможностей и перспектив создания сбалансированных и эффективных производств редких и редкоземельных металлов полного технологического цикла (горная добыча-обогащение-химико металлургические переделы-промышленное использование).

Применительно к профилирующим и попутным редким металлам на государственном уровне должны решаться вопросы выбора объектов для оперативного промышленного освоения, которое может осуществляется привлечением частных специализированных компаний и предприятий, оценки приоритетности спроса и предложений на редкометалльную и сопутствующую продукцию, создания стратегического резерва товарной редкометалльной продукции и экспорта её излишков. Специалистам известно, что *именно в редкометалльной отрасли предложение формирует спрос.*

Для нашей страны производство редких металлов является стратегически важной задачей.

Как и в любом бизнесе здесь должны быть определены источники инвестирования и система компенсации превышения предложений над спросом.

В этом случае следует иметь в виду необходимость создания государственного стратегического резерва литиевой, бериллиевой, редкоземельной и другой редкометалльной продукции в товарном виде, т.е. минеральных и химических концентратов.

Как известно, в кризисных ситуациях США и другие промышленно развитые страны практикуют не только использование таких резервов, но и их распродажи.

Кроме того, излишки конечной редкометалльной продукции могут и должны служить предметом экспорта.

Структура и все необходимые пропорции внутреннего и внешнего рынков должны определяться государственной службой предложения и спроса.

Библиографический список:

1. Ахмедов Н.А., Ежков Ю.Б., Панасюченко В.К. Редкометальное направление в геологоразведочных работах Узбекистана – веление XXI века // Геология и минеральные ресурсы, 2002. – №4. – С. 15-19.

2. Ежков Ю.Б., Рахимов Р.Р., Панасюченко В.К. и др. Редкие элементы Узбекистана. – Ташкент: «SE «SMIR»», 2013. – С. 150.

УДК 552.24

DOI:10.54073/GV.2022.2.89.016

РЕГИОНАЛЬНЫЕ АВТОНОМНЫЕ КОМПЛЕКСЫ БАЗИТОВЫХ ДАЕК И РУДОНОСНОСТЬ



Ахмедов Н.А.,
директор ООО «Геолтехинвест», к.т.н.

Джабаров Р.А.,
начальник отдела Внедрения инновационных технологий и развития минерально-сырьевой базы АО «Узбек геология кидирув»

Тесленко Г.С.,
главный специалист отдела Внедрения инновационных технологий и развития минерально-сырьевой базы АО «Узбек геология кидирув»

Ushbu maqolada vulqon-plutonik shakllanishlar bilan bevosita bog'liq bo'lmagan asosiy va orta tarkibli avtonom daykalarni o'rganish imkoniyati va istiqbollari – ma'dan-metasomatik zonalar, ma'dan paydo bo'lishi va konlarni bashorat qilish va aniqlash ko'rsatkichlaridan biri sifatida. uzoq muddatli yoriqlarning fluid oqimlari, g'ijimlanish zonalari va asosiy magmalarning magmatik kameralari.

Tayanch iboralar: *magma, migratsiya, mafik, kamar, sistema, daykalar, kvarts, tomirlar, oltin, volfram.*

В настоящей статье рассматривается возможность и перспективы изучения автономных дайковых поясов основного и среднего состава, не имеющих прямой связи с вулкано-плутоническими формациями – как одного из индикаторов прогнозирования и обнаружения рудно-метасоматических зон, рудопроявлений и месторождений, связанных с флюидными потоками долго живущих разломов, зон смятия и магматических очагов базитовых магм.

Ключевые слова: *магма, миграция, базит, пояс, система, дайки, кварц, жилы, золото, вольфрам.*

История изучения генезиса рудных месторождений имеет множество примеров прямой генетической связи сложных, глубокодифференцированных магматических комплексов с гидротермальными (жильными и штокверковыми) месторождениями золота, вольфрама, молибдена и полиметаллов.

1. В Узбекистане, к таким наиболее ярким примерам, относятся медно-порфировый комплекс Алмалыкского рудного района, или, например, глубоко дифференцированный Кошрабадский магматический комплекс в Северном Нуратау, формирующий рудномагматическую систему глубинного заложения, с троекратным повторением серии дифференцированных магматических импульсов, от ультраосновных до ультракислых интрузий щелочного профиля и протяженных золотоносных гидротермальных жил и штокверков.

Наряду с этим, в мире существует множество примеров пространственной связи рудных зон и месторождений с дайками основного и среднего состава, которые не имеют четкой генетической связи с вулканическими или интрузивными комплексами.

В литературе и в нашей геологической работе существует большое множество примеров закономерной пространственной, структурной связи таких даек с гидротермальным оруденением. При этом, существенную роль играют тектонические и литологические факторы, влияющие на локализацию даек и рудных зон.

По заключению профессора Абдуллаева Х.М., такие дайки и связанные с ними рудопроявления, относятся к постмагматической стадии, когда между изверженными породами и рудными месторождениями существует родственная или парагенетическая связь – в смысле единого источника как для магмы, так и для рудоносных растворов [1]. Эта связь устанавливается по косвенным данным.

По данным Чернышова Н.М. [2], изучавшего роль даек сульфидных платино-медно-никелевых рудно-магматических систем, в формировании рудно-магматической системы (РМС) участвуют три типа даек и малых интрузий:

– подводящие каналы (проводники) РМС с образованием самостоятельных петрорудосистем и месторождений;

– апофизы интрузивных эквивалентов РМС во вмещающих породах;

– внутриинтрузивные жильные отщепления интеркумулусного расплава и производные новых неоднократно поступающих «свежих» порций магмы с образованием автономно кристаллизующихся петрорудосистем.

В совокупности эти группы определяют высокий металлогенический потенциал РМС.

Билибин Ю.А. [3] выделял автономную группу, или комплекс в малые интрузии (штоки и дайки) диоритовых пород, с которыми связана золоторудная минерализация.

Он установил самостоятельность этих образований, их независимость в пространственном размещении от положения гранитовых батолитов и связь их с самостоятельными очагами диоритовой магмы. Отмечалось, что специфическими чертами этих своеобразных малых интрузий являются: а) небольшие размеры дайко- и штокообразных тел; б) резко выраженный гипабиссальный характер; в) порфировая структура и часто брекчиевидное строение; г) ясно выраженный гибридизм пород; д) содержание в составе самого распространенного породообразующего минерала – роговой обманки.

Приведем несколько примеров подобных систем, основанных на наших полевых работах и данных других исследователей.

1. Характерным примером пространственной связи гидротермальных золотоносных зон с диабазовыми дайками автономного комплекса (возможно Канимансурского дайкового P_2 - T_1), является участок Карасай Алмалыкского рудного района (Узбекистан), где проводились поисково-разведочные работы с проходкой канав и бурением скважин (*рис. 1*).

На участке Карасай установлен межформационный характер локализации оруденения, на контакте кварцевых порфиров с гранодиорит-порфирами, и на контакте кварцевых порфиров с карбонатными породами, а так же внутри формационная локализация в кварцевых порфирах, гранодиорит порфирах и в карбонатных породах.

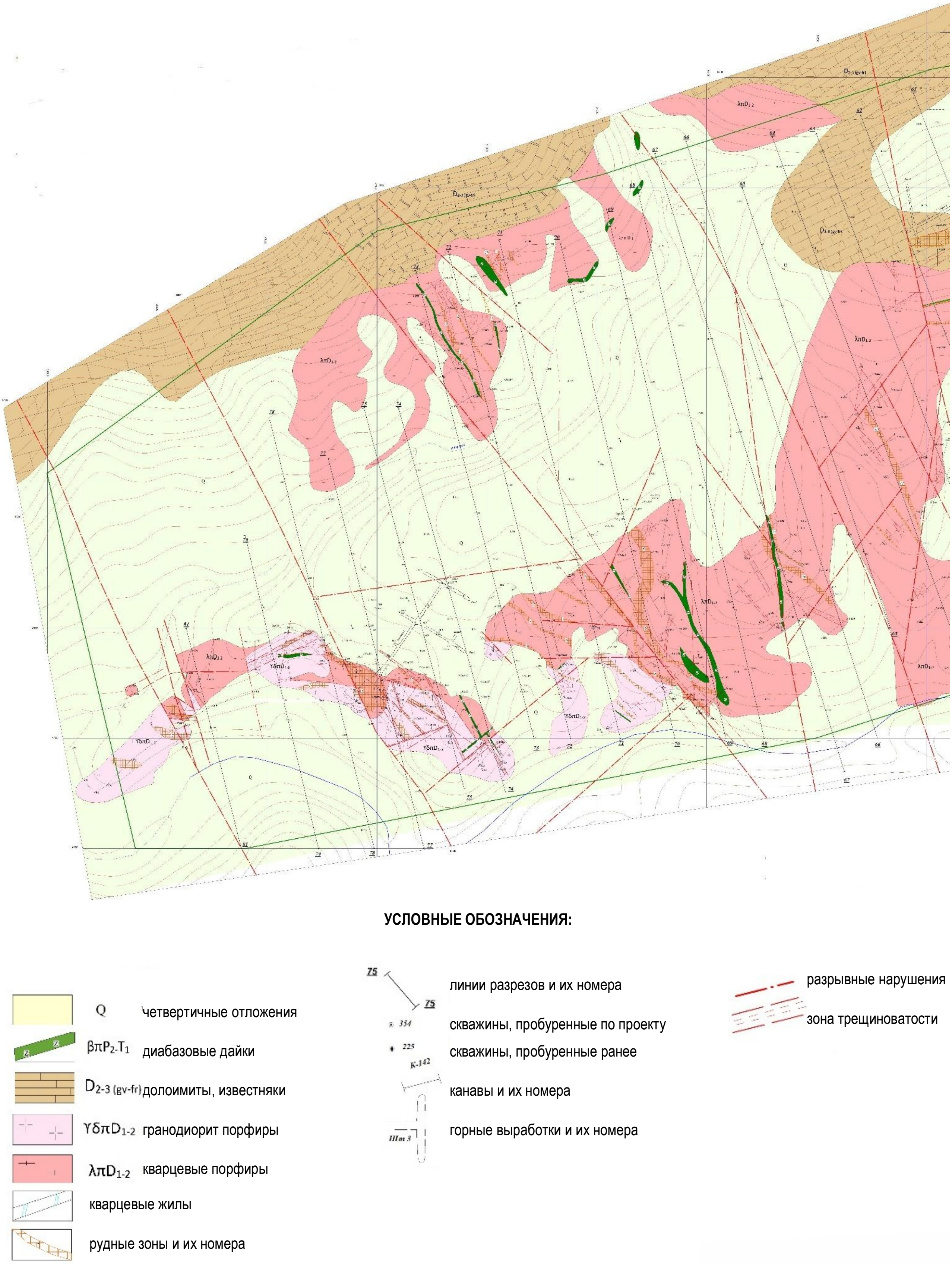


Рис. 1. Фрагмент геологической карты участка Карасай

Рис. 2. Пучки субпараллельных кварцевых жил с диабазовыми дайками. Фото с дрона

Рис. 3. Шлиховое золото из золотоносных кварцевых жил глубинного генезиса парагенетически связанных с полями диабазовых даек (Нигерия 2017 г., 2019 г.).

2. В Судане, в районе развития вулкано-плутонических комплексов изучены жильные рудопроявления золото-кварц-малосульфидного типа, которые ассоциируют с пучком диабазовых даек, со следами наложения рудной минерализации. Дайки диабазов повсеместно ассоциируют с кварцево-рудными жилами и рассматриваются как поисковый признак (*рис. 2*).

3. В Нигерии, штатКогу, наблюдалась уникальная геологическая ситуация. В редкометальных гранитоидах крупного батолита, абсолютно бесперспективных на золото, были обнаружены протяженные – до 500 *м,* золотоносные кварцевые жилы (сейчас разрабатываются местными старателями). При более детальном обследовании рудного поля здесь были обнаружены пучки диабазовых даек, параллельных кварцевым жилам, которые обнаруживают четкую пространственную связь с рудным полем и являются поисковым признаком обнаружения золоторудных жил. Формирование ассоциации весьма протяженных кварцево-рудных жил и диабазовых даек в батолите отчетливо редкометальной специализации свидетельствуют о высокой миграционной способности базальтовой магмы и гидротермальных флюидов, привнесших кварц-золото-сульфидную минерализацию фактически в пустые интрузивные гранитоиды очень большой мощности через многокилометровые рудно-магматические каналы (*рис. 3*).

4. По данным глубинного моделирования, выполненных нами в Южном Узбекистане, выделенный тип даек трассирует глубинные долго живущие разломы – тектонические зоны смятия, имеющие двухярусное строение. Нижний ярус представлен тектонизированными, метаморфизованными метавулканитами преимущественно основного состава, преобразованными в амфибол-хлорит – полевошпатовые сланцы и и амфиболиты. Верхний ярус представлен метатерригенными, метавулканогенными породами, смятыми в складки и имеющие характерный кливаж. Оба яруса прорывают многочисленные базитовые дайки разного возраста, более древние из которых, интенсивно будинированы и смяты. Проявления многоимпульсного дайкового магматизма в таких зонах является индикатором древних зеленокаменных поясов, и долгоживущих разломов – зон смятия, имеющих магмо- и рудогенерирующую и рудоподводящую роль. При этом рудопроявления и месторождения локализуются главным образом на пересечении краевых зон глубинных разломов и поперечных – более молодых глубинных секущих разломов.

Подтверждением результатов и выводов, сделанных нами в процессе глубинного моделирования долгоживущих разломов – зеленокаменных поясов, является например, монография Михалевой Л.А. [4], которая, сделала следующие выводы. Обосновано выделение самостоятельной лампрофир-диабазовой формации, которая имеет сложное строение и объединяет варьирующие дайковые комплексы – субформации, образующие латеральные ряды субформаций: гранит-порфир-спессартит-диабазовая; камптонитовая и слюдяных лампрофиров.

Она характеризует особый период трещиноватости в мезозое, которая способствовала формированию региональных дайковых поясов самостоятельных малых интрузий.

Такие специфические тектонические условия возникали в зонах тектономагматической активизации в предрифтовую стадию развития рифтогенных систем, еще до грабенообразования, и в зонах тектонических растяжений.

Одна из главных особенностей размещения самостоятельных малых интрузий – сопряженность с крутопадающими длительно существующими глубинными разломами, нередко поперечными по отношению к основному направлению складчатых структур. Эти разломы рассекают разнородные структурно-формационные блоки и относятся к категории сквозных структур, связанных со скрытыми разломами фундамента.

Безусловно, зарождение магмы таких образований и ее внедрение с больших глубин имеет особенные механизмы.

Таким образом, комплексы самостоятельных базитовых даек часто являются индикаторами долго живущих, много импульсных колонн, по которым происходит многократная миграция и магмы, и гидротермальных растворов. Независимо от количества таких даек на поверхности, такие зоны могут генерировать как мелкие и средние, так и крупные штокверковые месторождения золота, вольфрама, цветных металлов.

Библиографический список:

1. Абдулаев Х.М. Дайки и оруденение. – М.: Госгеолтехиздат, 1957. – 232 с.

2. Чернышов Н.М., Чернышова М.Н. Рудонесущая роль даек сульфидных платиноидно-медно-никелевых рудно-магматических систем. Воронежский государственный университет. ВЕСТНИК ВГУ, СЕРИЯ: ГЕОЛОГИЯ, 2008. – № 2.

3. Билибин Ю.А. О некоторых чертах металлогении золота // Зап. ВМО. – 1947. – Ч. 76, вып. 1. – С. 77-91.

4. Михалева Л.А. Мезозойская лампрофир-диабазовая формация юга Сибири. – Новосибирск: «Наука» Сибирское отделение, 1989. – 167 с.

УДК 622.7

DOI:10.54073/GV.2022.2.89.017

QORAUZYAK KONI VERMIKULIT RUDASINI BOYITISH TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH




Aripov A.R.,
Navoiy davlat konchilik instituti «Metallurgiya» kafedrasi katta o'qituvchisi

Xoliqulov D.B.,
I. Karimov nomidagi TDTU Olmaliq filiali direktor o'rinbosari, t.f.d., dotsent

Saidaxmedov A.A.,
NDKI «Metallurgiya» kafedrasi dotsenti, PhD

Vohidov B.R.,
NDKI «Metallurgiya» kafedrasi dotsenti, PhD

Maqolada vermikulit xomashyosining mineralogik va texnologik xususiyatlari tahlil qilingan, tabiiy vermikulitning asosiy xususiyatlari o'rganilgan. O'tkazilgan sinovlar natijasida vermikulit rudalarini quruq boyitish texnologik sxemasi ishlab chiqildi. Fraksiyalar bo'yicha vermikulit konsentratining chiqishi 11,47% ni, konsentratdagi miqdori 85% ni, vermikulitni konsentratga ajralishi 95,95% ni tashkil qiladi.

Tayanch iboralar: *minerallar, vermikulit, separator, maydalash, saralash, quritish, issiqlik izolyatsiyasi, harorat, konsentrat, fraksiyalar, texnologik sxema.*

В статье анализированы минералого-технологические свойства вермикулитового сырья, изучены основные свойства природного вермикулита. В результате проведенных испытаний разработана технологическая схема сухого обогащения вермикулитовых руд. Выход вермикулитового концентрата по фракциям составляет 11,47%, содержание в концентрате 85%, выход вермикулита на концентрат 95,95%.

Ключевые слова*: минералы, вермикулит, сепаратор, измельчение, сортировка, сушка, теплоизоляция, температура, концентрат, фракция, технологическая схема.*

O'zbekiston Respublikasida vermikulit va uning asosidagi materiallar ishlab chiqarish endigina rivojlana boshladi. Yuqori g'ovaklilik, zichligini va issiqlik o'tkazuvchanligini pastligi, shuningdek, yuqori yong'inga chidamlilik va biostabillikni ta'minlaydigan mineral tarkibi uni boshqa issiqlik izolyatsiyalovchi materiallar orasida keng ishlatilishiga sabab bo'ldi. Undan quruq qurilish aralashmalari tayyorlanadi, yong'inga chidamli taxtalar va bo'yoqlar ishlab chiqariladi, isitish moslamalarini izolyatsiyalashda va xonalarni ovoz o'tkazmaydigan holga keltirishda, po'lat quyishda keng qo'llanilmoqda [1].

Hozirgi vaqtda dunyo bo'yicha yiliga 500-600 ming *t* vermikulit ishlab chiqarilib, uning qariyb 80% ni AQSH va Janubiy Afrika Respublikasida, qolgani Braziliya, Argentina, Xitoy, Hindiston, Misr, Keniya va Rossiyada qazib olinadi [2-3]. Iqtisodiy rivojlangan mamlakatlarda vermikulitdan yuzdan ortiq turdagi mahsulotlarni ishlab chiqariladi [4-6]. Ko'pchilik davlatlarda qurilish materiallari ishlab chiqarish sanoati zamonaviy energiya va resurs tejovchi texnologiyalar bilan jihozlanmaganligi sababli vermikulitdan foydalanish hali ham cheklangan [7-8]. Kengaytirilgan vermikulit samarali issiqlik va ovoz o'tkazmaydigan material, yengil beton va suvoqda qo'llaniladigan qorishmalar uchun g'ovakli to'ldiruvchi va boshqa maqsadlarda keng qo'llanilmoqda [9-11].

Vermikulitdan po'lat quyishda, suvni filtrlashda, tutun va zaharli gazlarning adsorbenti, radiatsiyaga qarshi material sifatida, oqova suvlarni tozalashda, neft maxsulotlari to'kilganda ularni yig'ib olishda, tuproqning nitrat bilan ifloslanishini kamaytirishda keng foydalanilmoqda [12-15]. Dehqonchilik madaniyati yuqori bo'lgan rivojlangan mamlakatlarida agrovermikulit bog'dorchilik va gulchilikda keng qo'llaniladi [16-19].

Po'lat va temir asosida qotishmalarni quyish sanoatida har qanday metalning erishi har doim ham yuqori harorat bilan bog'liqligi sababli texnologik jarayonlarni ishga yaroqliligini ta'minlash va jihozlarni himoya qilish uchun ishonchli o'tga chidamli material talab qilinadi. Vermikulit 1300^0S darajadan yuqori haroratga bardosh bera oladi va past issiqlik o'tkazuvchanlikni ta'minlaydi. Kimyoviy reaktivlar, ishqor va kislotalar ishlab chiqarishda texnologik jarayonlarning buzilish xolatlarida vermukilitni mukammal adsorbsionlik xususiyatlaridan foydalaniladi.

Energetika sanoatida vermikulitdan foydalanish haqida gap ketganda, birinchi navbatda uni gamma-nurlanishni qaytarish va stronsiy, seziy, kobalt va boshqalarni o'z ichiga olgan radioaktiv izotoplarning halokatli nurlanishni yutish xususiyati tufayli atom energiyasida ishlatilishi nazarda tutiladi. Shuningdek, kuchlanish yuqori bo'lgan elektr kabellari va tarqatish qutilari uchun yong'inga chidamli himoya yaratish, energetika majmuasi obyektlarida yong'inga qarshi to'siqlarni tashkil qilishda foydalaniladi. Mashinasozlik sanoatining ko'plab tarmoqlariga vermikulitni qo'llash jarayoni boshlandi: avtomobil sanoatida tormoz prokladkalari va boshqa ishqalanish mahsulotlarini ishlab chiqarishdagi asosiy komponentlardan biri hisoblanadi, yuqori tezlikda ishqalanish paytida yuzaga keladigan haroratni samarali kamaytirish imkonini beradi (yuqori fizik va mexanik xususiyatlarga ega), natijada xizmat muddati ortadi [20].

Samolyotsozlikda vermikulitning o'tga chidamli xususiyatlariga asoslanib tormozlash paytida haroratni tezda o'chirish (kamaytirish) imkoniyatiga ega bo'lgan uchish-qo'nish yo'laklari uchun maxsus qoplamalar yaratilgan. Kemasozlikda vermikulit dengiz kemalarining suv osti qismi uchun ishlatiladigan qoplamalar tarkibiga kiritilgan. Bu kema korpusida mollyuskalar o'sishining oldini oladi. Kema va avtomobillardagi olovga chidamli qismlar va issiqlik izolatsiyasi ham vermikulit asosida ishlab chiqariladi [21].

Vermikulitni adsorbsion xususiyatlari uni oziq-ovqat sanoatida foydalanish uchun keng yo'l ochadi. Ushbu material tabiiy kelib chiqishi uni suv va barcha turdagi suspenziyalarni (shakar siropi, kraxmal va shinni asosidagi mahsulotlar, o'simlik moylari, alkagol mahsulotlari va pivo, meva va sabzavot sharbatlari) filtrlash uchun ishlatish imkoniyatini beradi. Bundan tashqari vermikulit oziq-ovqat mahsulotlarini sanoat sovutgichlarida saqlashda izolyatsiya sifatida xizmat qiladi. Kengaytirilgan vermikulit devor, pol, poydevorlarni issiqlik izolatsiyasi hamda binolarni ovozdan izolatsiyalash uchun ishlatiladi.

Boyitish vazifasi – vermikulitni bo'sh kengaymaydigan tog' jinslaridan va zaif kengayagan slyudalardan ajratishdir. Ushbu jarayon kengayadigan vermikulit ishlab chiqarishda eng murakkab va qimmat hisoblanadi. Xomashyoni qayta ishlashning keyingi bosqichlari – maydalash va kuydirish kamroq mehnat va xarajatlar bilan amalga oshiriladi. Boyitish jarayonida vermikulitni chiqindi jinslardan butunlay ajratish ko'p hollarda mumkin emas, shuning uchun ular yakuniy mahsulot – vermikulit boyitmasi tarkibida qoladi. Zaif kengayagan slyudalarning xossalari vermikulitnikiga yaqin bo'lgani uchun ular deyarli to'liq boyitma tarkibiga o'tadi. Ularning yakuniy mahsulotda mavjudligi kengayadigan vermikulitning sifatiga deyarli ta’sir qilmaydi, chunki hozirgi vaqtda kuydirish jarayoni natijasida to'g'ridan to'g'ri biotit va flogopit zarralarini ham to'liq ajratish imkonini beradigan chiqindi va boyitmalarni qayta ishlash usullari mavjud [22-23].

O'zbekistonda vermikulit va uning asosida materiallar ishlab chiqarish oxirgi besh yilda rivojlana boshladi. Dunyo amaliyotida keng qo'llanilayotgan kuydirishga asoslangan boyitish texnologiyasining o'rniga bugungi neft va gaz mahsulotlarining narhini doimiy oshib borishi va tanqisligi sharoitida, shuningdek, ekologik talablarning ortishi, uning sifatiga qo'yilayotgan talablarning ortishi, energiya va resurslarni tejash va sanoat xavfsizligi sharoitida ishlab chiqarishni yangi yo'nalishlarda rivojlantirish zarurati tug'ildi, vermikulit konsentratlari va konglomerat (lotincha conglomeratus – govjum, siqilgan ma’nolarini anglatib, turli xil bir-biriga o'xshamaydigan narsalarning aralashmasi, tartibsiz qo'shimcha, assorti)larini qayta ishlashning texnologik tizimlarini yangi konsepsiyasini yaratish vazifasini qo'ymoqda [1].

Vermikulit rudalarini boyitishda shakli bo'yicha ajratish (tasmali separatorda), cho'ktirish va quruq magnitli separatsiya jarayonlari qo'llaniladi. Kovdor boyitish zavodida (Rossiya) ruda maydalash, saralash, tasmali separatorda o'tkazish orqali ketma-ketlikda boyitilib, tayyor mahsulot (vermikulit), chiqindi va oraliq mahsulotlarga ajratiladi [24]. To'liq boyitilmagan vermikulit rudasidan ixtisoslashtirilgan elektr modulli pechda kuydirish va inert materialni bir vaqtning o'zida ajratish jarayoni yordamida kengayadigan vermikulitni olish texnologiyasi ishlab chiqilgan [25].

Kovdor vermikulit konidan flogopitning gidratlanish mahsuloti hisoblanadigan eng yuqori sifatli vermikulit boyitmasi olinadi. Potanin, Oltintas, Karatas, Barchin, Sholak-Kayraktan konlarini (Rossiya) boyitish texnologiyalari ham ishlab chiqilgan. Bir qator konlarning rudalari tajriba-sanoat sharoitida sinovdan o'tkazilib, ularni qayta ishlash bo'yicha taklif etilgan yechimlar asosida davlat zaxirasiga kiritilgan [26].

Vermikulitni turli xil pechlarda (gazsimon yoki suyuq yoqilg'ida ishlaydigan minorali, aylanma quvurli va boshqalar) kuyirish mumkin. Vermikulitni kuydirishning eng samarali usuli qaynovchi qatlam pechida kuydirishdir. Minorali pechlar bu shartni qanotlantiradi, vermikulit donalarining intensiv qizishini va ularning yuqori haroratli zonada qisqa muddatda bo'lishini ta’minlaydi. Chiqindi jinslarni ajratishning imkoni yo'qligi – kuydirish jarayonining muhim kamchiligi hisoblanadi [27].

Vermikulit ishlab chiqarishda asosiy jarayon kuydirish hisoblansada, tajribalar shuni ko'rsatadiki, yuqori sifatli mahsulotlarni olish uchun materialni kuydirishdan oldin va keyingi qayta ishlash jarayonlarini o'z ichiga oladigan texnologiyalar majmuasini qo'llash eng samarali hisoblanadi [8, 28-29].

Zamonaviy vermikulitni qayta ishlash majmualari vermikulit va vermikulit asosida mahsulotlar ishlab chiqarishga ixtisoslashgan zamonaviy korxonalar (sexlar, uchastkalar) tarkibidagi asosiy elementga

1-jadval

Karauzyak koni rudalarining granulometrik tarkibi

Namuna raqamlari	Fraksiyalar, *mm*, %					
	+10	-10+5	+5	-5+0	Shu jumladan	
					-5+0,6	-0,6+0
N-01t	31,2	24,8	56,0	44,0	39,5	4,5
N-02t	0,7	1,2	1,9	98,1	42,9	55,2
N-03t	2,0	2,8	4,8	95,2	45,9	49,3
N-04t	2,2	4,0	6,2	93,8	52,8	41,0
N-35	–	–	33,6	66,4	41,6	24,8
N-36	–	–	2,2	97,8	62,1	35,7
N-41	–	–	14,9	85,1	58,2	26,9
N-49	–	–	45,0	55,0	40,7	14,3
N-48	–	–	22,5	77,5	42,1	35,4
N-50	3,3	2,3	56	94,4	46,1	48,3

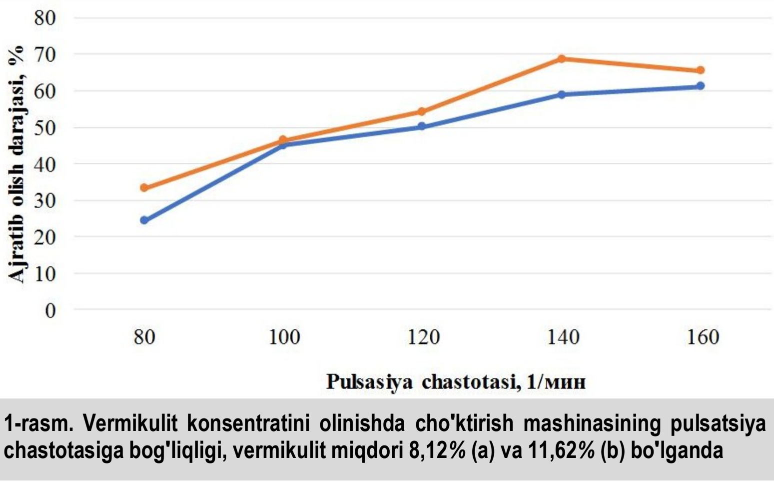
aylanishi kerak. Yangi konsepsiyani amalga oshirish uchun katta xalq xo'jaligi ahamiyatiga ega bo'lgan yirik ilmiy-texnikaviy muammolarni yechishga qaratilgan energiya va resurslarni tejovchi texnologiyalarni, texnologik qayta ishlash tizimlarini modellashtirish va sintez qilish zarur. Vermikulitni qazib olish, qayta ishlash va boyitish jarayonida ko'p miqdorda vermikulit chiqindilari hosil bo'lishi resurslarni tejash vazifasini yanada dolzarblashtirdi. Bunday chiqindilar orasida turli minerallar zarralarining mexanik aralashmasi bo'lgan vermikulit konglomeratlari [24, 25] tarkibida 52% gacha bo'lgan vermikulitlar mavjud. [10, 18].

Qayta ishlangan materialni havo oqimi va elektr maydoniga ta’sir qilish orqali kuydirilgan vermikulit rudalarini qayta ishlash usuli [30] ning kamchiligi ajratish jarayonining nisbatan past samaradorligi hisoblanadi. Mualliflar slyuda va jins o'rtasidagi zaryadlarning farqini ko'paytirish orqali ajratish jarayonining samaradorligini oshirishni maqsad qilishgan: ruda 50-300^{0}*S* haroratda qizdiriladi (bunda slyuda va jins o'rtasidagi zaryadlarning farqini ortadi), so'ngra elektr maydonida va havo oqimida ajratiladi [31].

Karauzyak konining vermikulit rudalarining granulometrik tarkibi o'zgaruvchan (*1-jadval*) bo'lib, o'lchami 5 *mm* dan kichik bo'lgan zarrachalar ulushi ustunlik qiladi (55 dan 98% gacha, o'rtacha 83%).

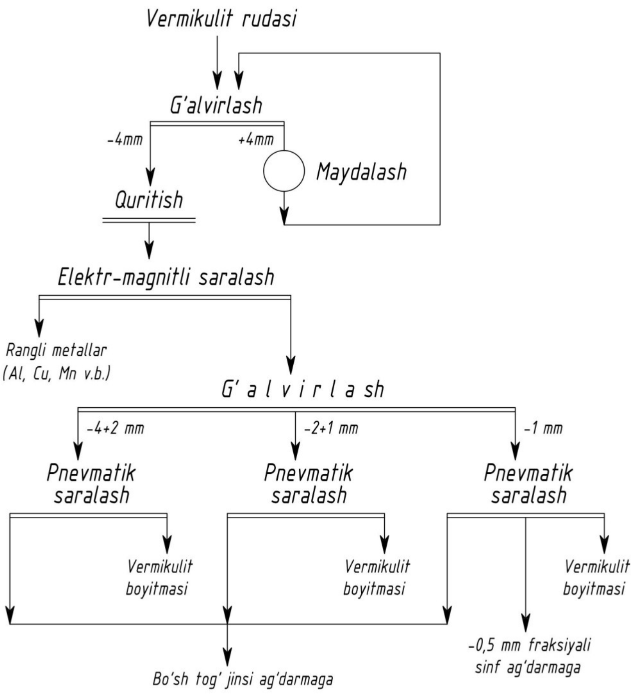
Rudaning tarkibidagi asosiy mineral - vermikulit hisoblanadi, shuningdek uning tarkibida piroksen, amfibol, karbonat, titanomagnetit, iddingsit, gidroxlorit, montmorillonit, xrizotil, asbest, gips, temir oksidlari mavjud [32]. Rudaning kimyoviy tarkibi asosan ma'dan hosil qiluvchi tabiiy jinslarning iborat, %: SuO_2 – 41,13; TiO_2 – 1,11; Al_2O_3 – 6,25; Fe_2O_3 – 7,36; Feo – 3,76; MnO – 15,04; CaO – 17,7; Na_2O – 1,0; K_2O – 0,62; P_2O_5 – 0,03; SO_3 – 0,29; H_2O – 1,31; CO_2 – 2,55.

Vermikulit tarkibiga ko'ra rudalarni shartli ravishda 3 turga: tarkibida 5-10% vermikulit bo'lgan kambag'al, o'rtacha (10-20%) va boy rudalar (20% dan ortiq) bo'lish mumkin. Rudadagi vermikulit miqdorining nis-



1-rasm. Vermikulit konsentratini olinishda cho'ktirish mashinasining pulsatsiya chastotasiga bog'liqligi, vermikulit miqdori 8,12% (a) va 11,62% (b) bo'lganda

batan pastligini hisobga olib, ularni cho'ktirish mashinasida dastlabki boyitish imkoniyatini aniqlash uchun laboratoriya sinovlari o'tkazildi. Sinovlar vermikulit miqdori 8,12% va 11,62% bo'lgan, 7,1 va 8,1 *kg* og'irlikdagi ikkita namunada o'tkazildi. Olingan konsentratlarda (yengil fraksiyalarda) vermikulitning miqdori mos ravishda 18,49% va 28,35% ni tashkil etdi, boyitmani chiqishi 25,7 va 27,6% ni tashkil etdi. Vermikulitni boyitmaga ajratib olish darajasi 58-67% ni, kengaytirilgan vermikulitning hajmiy massaviy zichligi 166-178 *kg/m*^{3} ni tashkil qiladi (*1-rasm*).



2-rasm. Vermikulit rudalarini quruq boyitish texnologik sxemasi

2-jadval

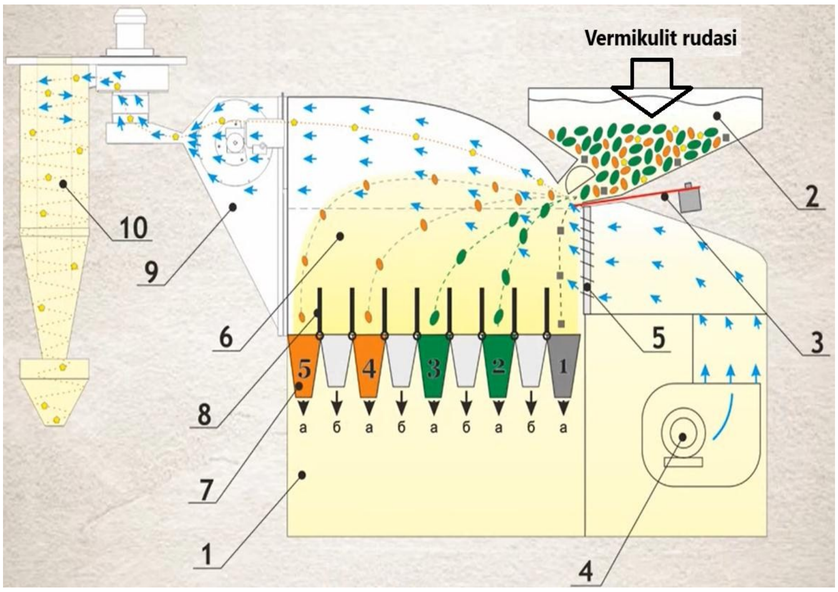
Vermikulit konsentratining fraksiyalar bo'yicha taqsimlanishi

Fraksiya	Konsentrat chiqishi, %	Konsentratdagi vermikulit miqdori, %	Vermikulitni konsentratga jralishi, %
-4+2 *mm*	4,0	85,0	33,46
-2+1 *mm*	3,97	85,0	33,21
-1+0 *mm*	3,50	85,0	29,28
Jami:	11,47	85,0	95,95

Rudalarda titanomagnetit miqdorining ko'pligi texnologik jarayonning boshlang'ich bosqichida magnitli ajratish yo'li bilan boyitma olish imkonini beradi, laboratoriya tekshiruvlariga ko'ra magnetit Fe_2O_3 miqdori 24,7-50% ni tashkil qiladi va ular sement ishlab chiqarishda temir qo'shimchasi sifatida ishlatilishi mumkin. CHo'ktirish mashinalarida boyitish jarayonida boyitish ko'rsatkichlari past bo'ladi. Karauzyak konining vermikulitli rudasini optimal boyitish sxemasini ishlab chiqish uchun tarkibida 10,16% vermikulit bo'lgan ruda sinovdan o'tkazildi. Temir, rangli metallar va boshqa qimmatli komponentlarni ajratib olishga asoslangan bir bosqichli texnologik sxemaga maydalash, g'alvirda saralab fraksiyalarga ajratish va havoli saralash jarayonlari kiradi (*2-rasm*).

+4 *mm* fraksiyani ajratish uchun ruda g'alvirlanadi, 4 *mm* dan yirik fraksiya maydalash uchun maydalagichga beriladi, so'ngra maydalangan mahsulot g'alvirlashga qaytariladi. Vermikulit donalari mexanik ta'sir ostida parchalanish tekisliklari bo'ylab yoriqlar bo'ylab osongina ochilib, juda mayin, zaif shishgan qavatlarni hosil qiladi. Shuning uchun maydalash paytida vermikulitning haddan tashqari parchalanishini oldini olish kerak.

O'zining tuzilishi va xususiyatlariga ko'ra vermikulit boshqa tabiiy tog' jinslardan sezilarli darajada farq qiladi, ularni maydalash bolg'ali, jag'li va juvali maydalagichlarda samarali amalga oshirilishi mumkin. Vermikulitning yupqa qatlamlarga ajralish qobiliyati va yuqori yopishqoqlik xususiyati ba'zi hollarda uni maydalash uchun mavjud maydalagichlardan foydalanishga imkon bermaydi. Vermikulitning fizik xususiyatlari, maydalangan materialga qo'yiladigan yuqoridagi talablar vermikulitni zarba yoki maydalash harakati bilan emas, balki kesish yoki bir vaqtning o'zida kesish va zarba berish orqali maydalashni talab qiladi. Karauzyak konining vermikulit rudasini maydalash jarayonida maydalash ko'rsatkichlarini o'rganish maqsadida jag'li, juvali va bolg'ali maydalagichlarda o'tkazildi.



3-rasm. Saralagich ichkarisida solishtirma og'irlik bo'yicha minerallar harakatining traektoriyasi: 1 – asosiy modul; 2 – bunker; 3 – tebranish chuqurligini rostlagich; 4 – asosiy havo haydagich; 5 – reaktiv generator; 6 – ishchi kamera; 7 – fraksiyalar bo'yicha to'plovchi (1 – og'ir; 2, 3 – oraliq; 4, 5 – yengil fraksiyalar uchun); 8 – aylanma to'siqlar; 9 – aspiratsiya blogi; 10 – siklon; a – asosiy fraksiyalar to'plami; b – oraliq fraksiyalar to'plami

Vermikulitni maydalash bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar, kesish pichoqlari bo'lgan bolg'ali maydalagichlardan foydalanganda yaxshi natijalarga erishildi [1]. Ulardan foydalanish ezilish darajasini pasaytirishga, maydalangan vermikulit donalarining qalinligini oshirishga va ishni kamaytirishga imkon beradi va shu bilan o'ziga xos maydalash samaradorligini oshiradi.

Namlikni yo'qotish uchun elektromagnit ajratishdan oldin -4 + 1 *mm* fraksiya 150ºC haroratda siklonli quritish barobanlarida quritiladi. Rangli metallarni chiqarib tashlash elektromagnit maydonda separator-saralagich yordamida amalga oshiriladi, u yerdan vermikulit mahsuloti -4 + 2 *m*m, -2 + 1 *mm* va -1 *mm* fraksiyalarga saralash uchun g'alvirlarda tasniflanadi.

Bundan tashqari vermikulit konsentratini quruq saralash orqali havo separatorlarida olindi. Boyitish ko'rsatkichlarini va separatorning samaradorligini oshirish uchun har bir o'lcham sinfi alohida ajratilgan.

Tajribalar havo oqimi tezligining o'zgarishi bilan CAD-4 havo separatorida o'tkazildi. Vermikulit rudalarini ajratishda minerallar solishtirma og'irligi bilan ajratib olinadi. O'ziga xos katta og'irlikdagi minerallar birinchi qabul qiluvchi bunkerga tushadi, vermikulit esa o'ziga xos kichik zichlikka ega (*3-rasm*). Rudadagi boshqa minerallar bilan solishtirganda havo oqimi bilan olib ketiladi va uzoqdagi qabul qiluvchiga kiradi.

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, vermikulit zarrachalarini chiqindi jinslardan ajratish uchun asosiy havo oqimining dastlabki tezligi 25-30 *m/s* oralig'ida bo'lishi kerak. Fraksiyalar bo'yicha vermikulit konsentratining chiqishi 3,5-4% tashkil qiladi.

Vermikulit konsentrati ishlab chiqilgan sxema bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar natijasida fraksiyalar -4 + 2 *mm*, -2 + 1 *mm* va -1 *mm* bo'yicha konsentratga ajralish 95,95%, konsentrat chiqishi 11,47% va vermikulitni konsentratdagi miqdori 85% bo'ladi (*2-jadval*).

O'tkazilgan sinovlar natijasida vermikulit rudalarini quruq boyitish texnologik sxemasi ishlab chiqildi.

Fraksiyalar bo'yicha vermikulit konsentratining chiqishi 11,47% ni, konsentratdagi miqdori 85% ni, vermikulitni konsentratga ajralishi 95,95% ni tashkil qiladi.

Bibliografik ro'yxat:

1. Aripov A.R. va boshq. Qoraqalpog'iston Respublikasi Karauzyak konining vermikulit rudalarini boyitish. Universum: Texnicheckie nauki, 2021. – №. 3-1. 78-81 betlar.

2. Mizuno M., Fukaya A., JImbo G. Mayin kukunlarni markazdan qochiruvchi siqilishda zarrachalarni qadoqlash xarakteristikasi. Funtai Kogaku Kaishi of the Soc. of Powder Technology. – Japan, 1989. – Vol. 26. – № 9, pp. 632-637.

3. Vermikulit: ishlab chiqarish va bandlik. VITCAS LIMITED. Great Britain. Elektron resurs. kirish rejimi: http: // shop, vitcas. com // vermicu-lite-fire-board-fire-prof-insulation-72-p. asp (12. 04. 2010).

4. AQSH VERMICULIT ASSOCIATSIASI. Elektron resurs, http: www. vermiculite. Org.

5. Vermikulitni tozalash jarayonlari. Torfteh. – Canada, http: // www. torfteh. com // pdf // Application. Description-vermiculite exfoliation, pdf (31. 08. 2011).

6. Vermikulitni tozalash jarayonlari. Elektron resurs, http:: www. madehow. com / Volume-6 / Vermiculite. html (31. 08. 2011).

7. Ostrovskiy G.M. Kimyo sanoatida quyma materiallarni pnevmatik tashish. – Leningrad: Ximiya, 1984. – 104 b.

8. Zedgenizov V.G. Vermikulitni yoqish uchun elektr pechlarining ko'p modulli modifikatsiyalaridan foydalanish samaradorligi. Zedgenizov V.G., Nizhegorodov A.I. Stroitelniye materiali, 2009. – № 12. 51-53 betlar.

9. Huseynov F.G. Elektr energetikasi muammolari bo'yicha eksperimentni rejalashtirish. F.G. Huseynov, O.S. Mamedyarov. – M.: Energoatomizdat, 1988. – 151 b.

10. Issiqlik texnikasining nazariy asoslari. Termotexnik tajriba: Qo'llanma, kitob. 2 // A.B. Klimenko va V.M. Zorin red. ost. – M.: MEI, 2001. – 564 b.

11. Mizuno M., Fukaya A., JImbo G. Mayin kukunlarni markazdan qochiruvchi siqilishda zarrachalarni qadoqlash xarakteristikasi. Funtai Kogaku Kaishi of the Soc. of Powder Technology. – Japan, 1989. – Vol. 26. – № 9, pp. 632-637.

12. Pat. 101791, Rossiya Federatsiyasi, МРК В 27 V 15/00. Vermikulitni yoqish uchun pech // A.I. Nizhegorodov. Talabnoma beruvchi va patent egasi GOU IrGTU. – Irkutsk.

13. Ribiyev I.A. Qurilish materiallari. universitetlarning qurilish mutaxassisliklari uchun o'quv qo'llanma. – Moskva: Vissh. shk., 2003. – 701 b.

14. Goncharevich I.F. Qurilishdagi vibratsiyali mashinalar // I.F. Goncha-revich, P.A. Sergeev. – Moskva: Nauka, 1981. – 319 b.

15. Ivanova J.A. Vermikulit mineralining o'simliklarni o'stirish uchun substratga fizik-kimyoviy o'zgarishi // Vestnik MGTU ГТУ. T. 9. 2006. – № 5. 283-289 betlar.

16. Trubetskoy K.N., Umanets V.N., Nikitin M.B. Texnogen konlarning tasnifi, asosiy toifalari va tushunchalari // Gorniy jurnal, 1989. – № 1.

17. Xoxulya M.S., Gershenkop A.Sh. Vermikulit rudalarining texnologik xususiyatlari va ularni boyitish sxemalarini takomillashtirish // Optimizatsiya protsessov obogasheniya mineralnogo sirya. – Apatiti: KNS RAN, 2001.

6. Krasheninnikov O.N., Zhurbenko G.V., Bastrygina S.V. Alyuminiy elektrolizatorlarning vannalarini qoplash uchun issiqlikka chidamli vermikulit-kul beton // Svetnie metalli, 2000. – № 5.

19. Krasheninnikov O.N. Isitish uskunalarini yuqori haroratli issiqlik izolatsiyasi uchun vermikulit kulli beton // Novie ogneupori, 2006. – № 2.

20. http://vekha.ru/vermikulit-v-promyshlennosti.

21. http://vekha.ru/vermikulit-v-promyshlennosti.

22. Goryainov K.E., Goryainov S.K. «Izolyatsion materiallar va mahsulotlar texnologiyasi», – Moskva, 1982 y.

23. Bobrov Yu.L., Ovcharenko E.G., Shoyxet B.M., Petuxova E.Yu. Issiqlik izolyatsiyalash materiallari va inshootlari. – Moskva, 2003 y.

25. Plakuschiy A.V. Dag'al boyitilgan vermikulit rudalarini ixtisoslashtirilgan elektr pechlarida qayta ishlash // Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta, 2015. – № 1 (96). – 41 b.

27. Gorlov Yu.P. Issiqlik izolyatsiyalovchi va akustik materiallar va mahsulotlar texnologiyasi. – Moskva, 1989 y. https://cyberpedia.su/13x12fdd.html.

28. Telegin A.S. Issiqlik va massa uzatish / A.C. Telegin, miloddan avvalgi. Shvydkiy, Yu.G. Yaroshenko. M.: IKS «Akademkniga», 2002 y. – 455 b.

29. Гершенкоп А.Ш. Эффективное использование сырья Ковдорского вермикулитового месторождения. Sever promyshlenny, 2008. – № 6-7. https:// helion-ltd.ru/using-kovdor-vermikulit.

30. A. c. 187605, SU C 04 c, Kl. 80 b, 12. Vermikulit tipidagi mineral granüler zaryadni qovurish uchun o'rnatish // Ya.A. Axtyamov (RF). № 833085/29-14; zay. 25.04.63; opub. 11.10.66, Byul. – № 20. – 3 b.

31. A. c. SU724202A1. Kuygan vermikulit rudalarini qayta ishlash usuli // B.A.Bronskiy. № SU782574958A; zay. 31.01.78; opub. 30.03.80, Byul. – № 20. – 3 b.

32. Ismailov F.I. Qoraqalpog'iston Respublikasi Qorauzyak tumanidagi Tebinbuloq vermikulit konini baholash va qidiruv ishlari. 1-kitob. Hisobot matni. – Toshkent, 2001 y.

33. Aripov A.R., Xoliqulov D.B., Axtamov F.E., O'rinov Sh.R., Xo'jaqulov N.B., Mamaraimov G'.F. Vermikulit rudasini havo yordamida saralashning texnologik parametrlarini aniqlash. O'zbekiston Respublikasi adliya vazirligi huzuridagi intellektual mulk agentligi № DGU 13267. Talabnoma kelib tushgan sana: 20.10.2021 Talabnoma raqami: DGU 2021 3162. O'zbekiston Respublikasining Dasturiy mahsulotlar davlat reestrida 25.11.2021 y. ro'yxatdan o'tkazilgan.

УДК 622.751 DOI:10.54073/GV.2022.2.89.018

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕРАБОТКИ ХВОСТОВ ЦКВЗ НА ГМЗ-7



Чулиев Ф.Г.,
директор ГМЗ-7 ЦРУ АО «НГМК»

Шмакина М.Г.,
ведущий инженер-технолог
ИЦ по ВНТ АО «НГМК»

Кароматов С.С.,
главный инженер ГМЗ-7
ЦРУ АО «НГМК»

Maqolada OUESning texnogen chiqindilarini qayta ishlash bo'yicha tahlillar va sanoat sinovlari natijalari, texnogen chiqindilarning kimyoviy tarkibi, shuningdek, dastlabki va sorbsion siyanidlanishning texnologik sxemasi va kinetikasi keltirilgan.

Tayanch iboralar: *siyanidlanish, kinetika, qayta ishlash, ekstraktsiya, konsentratsiya, pulpa zichligi, optimal ish rejimi, oltin tarkibi.*

В статье представлены результаты анализов и промышленных испытаний по переработке техногенных отходов ЦКВЗ, химического состава техногенных отходов, а так же показана технологическая схема и приведена кинетика предварительного и сорбционного цианирования.

Ключевые слова: *цианирование, кинетика, переработка, извлечение, концентрация, плотность пульпы, оптимальный режим работы, содержание золота.*

Целью испытаний является определение кинетики предварительного и сорбционного цианирования хвостов ЦКВЗ в зависимости от концентрации NaCN и влияния содержания песков в пульпе на показатели извлечения золота.

Характеристика исходного сырья.

Рудный материал, используемый при переработке, является техногенными отходами кварцевых руд прошедших цикл кучного выщелачивания.

Вещественный состав, техногенные отходы ЦКВЗ.

Вещественный анализ пробы хвостов ЦКВЗ выполнялся исследовательской лабораторией ЦНИЛ АО «НГМК». Результаты химического и спектрального полуколичественного анализов, приведённые в *табл. 1* и *2*, показали, что ценным компонентом в хвостах ЦКВЗ является золото. Содержание золота по данным пробирного анализа находится на уровне ~ 0,7 *г/т*.

По результатам минерального анализа рудный материал является гетерогенной силикатно-алюмосиликатно-оксидно-карбонатно-сульфатно-органогенной геохимической системой. Массовая доля основных породообразующих минералов кварца (40,8%) и альбита (20,0%) составляет 60,8% от общей массы руды. Массовая доля глинистых минералов составляет 30,8%, среди них: биотит (9,3%), гидробиотит (2,2%), хлорит (19,3%). Содержание кальцита 2,8% и др.

На ГМЗ-7 для получения ценного компонента (золота) применяются технологические процессы в виде операций грохочения, измельчения и сгущения; и основные процессы цианирования и десорбции с последующим получением катодных осадков.

Данная технологическая схема была разработана специалистами ОАО «ИРГИРЕДМЕТ».

Основными технологическими параметрами сорбционного процесса являются:

– продолжительность процесса сорбции (время сорбционного выщелачивания);
– единовременная загрузка активированного угля в процесс;
– время сорбционного цикла угля;
– рабочая емкость угля по ОЭ;
– количество аппаратов сорбции, величины потоков угля и пульпы.

Таблица 1

Химический состав хвостов ЦКВЗ

Элемент	Содержание, %	Элемент	Содержание, %
SiO_2	66,80	$S_{общ}$	1,06
Al_2O_3	9,70	S_s	0,54
TiO_2	0,60	SO_3	1,3
FeO	2,57	$Fe_{общ}$	3,20
Fe_2O_3	1,71	Fe^{2+}	2,00
CaO	3,00	Fe^{3+}	1,20
MgO	1,70	$C_{общ}$	0,57
Na_2O	0,94	$C_{орг}$	0,28
K_2O	3,30	CO_2	1,06
MnO	0,05	Au, *г/т*	0,65
P_2O_5	н/о	Ag, *г/т*	0,4
As	<0,087		

Примечание: н/о – не обнаружено

Таблица 2

Результаты спектрального полуколичественного анализа хвостов ЦКВЗ

Элемент	Содержание, %	Элемент	Содержание, %	Элемент	Содержание, %
Cu	0,005	V	0,02	Sr	0,02
Pb	0,0005	Ti	0,5	Zr	0,02
Zn	<0,01	Mo	0,01	Ta	н/о
Cd	н/о	W	н/о	Hf	н/о
Bi	н/о	Sn	н/о	Nb	н/о
Ge	н/о	In	н/о	Sc	0,001
Ce	0,001	As	н/о	Be	0,0002
Ni	0,01	Yb	0,0003	Ba	0,1
Tl	н/о	Li	н/о	Mn	0,05
Sb	н/о	P	н/о	Y	0,003
Cr	0,5	Ga	0,003		

Примечание: н/о – не обнаружено

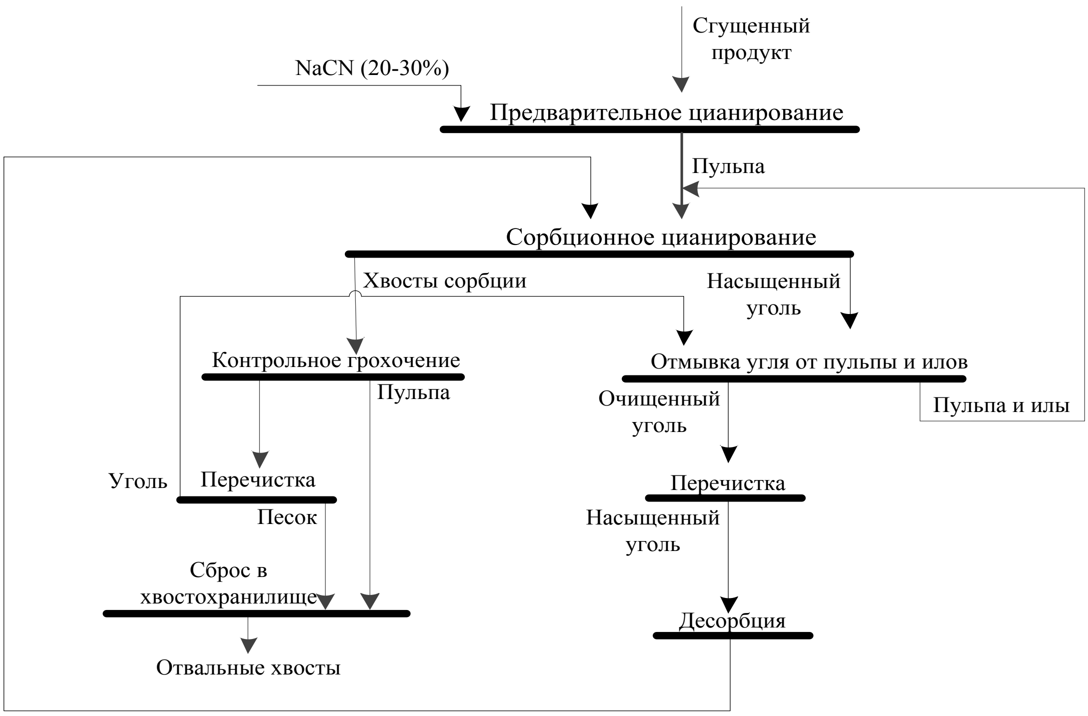


Рис. 1. Технологическая схема сорбционного выщелачивания хвостов ЦКВЗ

Все эти параметры в той или иной степени взаимосвязаны.

Для выбора оптимальных технологических параметров ведения процесса сорбционного цианирования, в мае и июне 2020 г. работниками ГМЗ-7 совместно со специалистами ЦНИЛ и ЦЗЛ ГМЗ-2 проведены промышленные исследования рудного материала и продуктов переработки ГМЗ-7.

Определение кинетики сорбционного цианирования.

Определение кинетики сорбционного цианирования было проведено в лаборатории ЦКВЗ и ЦЗЛ ГМЗ-2.

Для выполнения исследований была отобрана проба пульпы «Разгрузка сгустителя» от 19.05.20 г. (выход готового класса 73,6%, содержание песков 26 *г/л* (сухой вес), плотность пульпы 1400 *г/л*). Определение кинетики сорбционного цианирования проводили при 3% загрузке угля, при исходной концентрации NaCN 250 и 500 *мг/*л, с корректировкой 1 раз в два часа. Результаты исследований представлены в *табл. 3* и на *рис 2.*

Из *табл. 3* и *рис. 2* видно, что при концентрации NaCN – 500 *мг/л*, максимальное извлечение для данной пробы пульпы (выход готового класса 73,6%), в лабораторных условиях получено за 12 *ч* сорбционного цианирования и составило для лаборатории ЦКВЗ и ЦЗЛ ГМЗ-2: 78,9 и 80,7% соответственно. Снижение концентрации NaCN до 250 *мг/л*, увеличивает продолжительность ведения процесса сорбционного цианирования и снижает показатели извлечения золота.

Таблица 3

Кинетика сорбционного цианирования

Место проведения работ	Концентрация NaCN, *г/л*		Время, ч	Содержание золота, *г/т*		Извлечение, %
	Исх.	Кон.		Исх.	Хвост	
Лаборатория ЦКВЗ (бутылочный тест)	500	350	3	0,57	0,30	47,4
		455	6		0,15	73,7
		478	9		0,13	77,2
		463	12		0,12	78,9
		438	18		0,12	78,9
ЦЗЛ ГМЗ-2 (перемешивание в пачуке)	500	333	2	0,57	0,30	47,4
		431	4		0,26	54,4
		421	6		0,15	73,7
		312	8		0,13	77,2
		451	12		0,11	80,7
		461	18		0,11	80,7
		441	24		0,11	80,7
	250	157	2	0,57	0,35	38,6
		206	4		0,27	52,6
		196	6		0,21	63,2
		235	8		0,18	68,4
		225	12		0,16	71,9
		167	18		0,14	75,4
		245	24		0,12	78,9

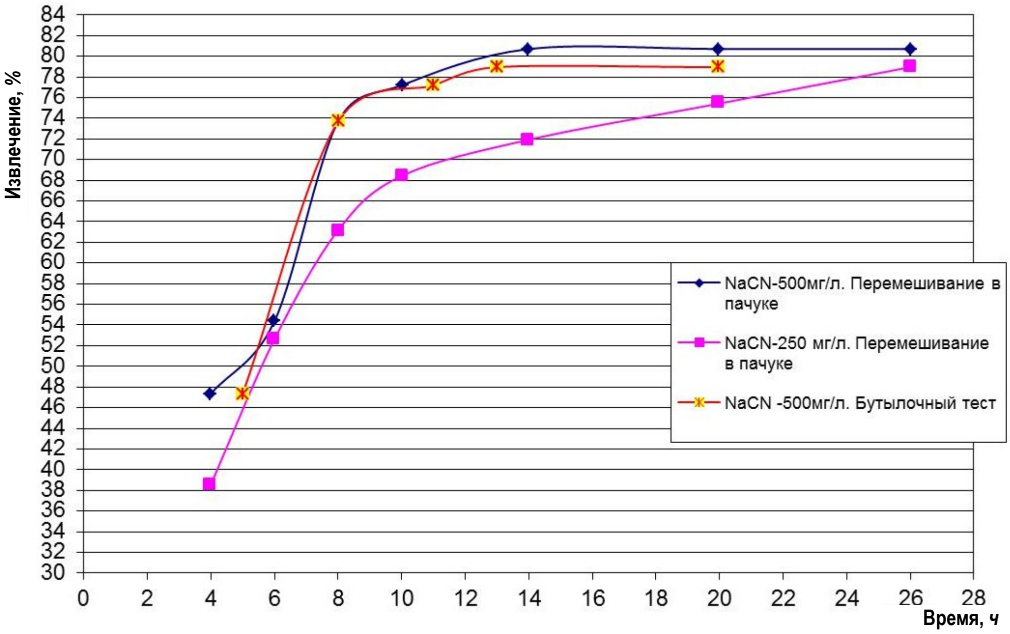


Рис. 2. Кинетика сорбционного цианирования

В связи с планировавшимся запуском на ГМЗ-7 пачуков предварительного цианирования, в лаборатории ЦЗЛ ГМЗ-2 была определена кинетика цианирования хвостов ЦКВЗ. Опыты проводили только при концентрации NaCN -500 *мг/л*, результаты представлены в *табл. 4.*

Из *табл.* 4 следует, что за 4 *ч* извлечение золота составило 57,9%, увеличение продолжительности предварительного цианирования до 6 *ч*, повышает извлечение золота до 72,9%. Дальнейшее ведение процесса без загрузки сорбента нецелесообразно.

Таблица 4

Кинетика предварительного цианирования (опыты проводили с корректировкой по NaCN 1 раз в два часа)

Время цианирования, ч	Концентрация NaCN, *мг/л*		Содержание Au, *г/т*		Извлечение Au, %
	Исх.	Кон.	Исх.	Хвост	
4	500	372	0,665	0,28	57,9
6	500	490		0,18	72,9
8	500	470		0,14	78,9
10	500	460		0,13	80,4

На основании полученных результатов, в лаборатории ЦКВЗ были поставлены тестовые опыты по определению извлечения золота в режиме ГМЗ-7 (6 *ч* предварительное цианирование + 10 *ч* сорбционное цианирование, при 3% загрузке угля) с одновременным определением кинетики предварительного цианирования в зависимости от начальной концентрации NaCN без корректировки (разовая подача NaCN). Исследования проводили на пробе пульпы «Разгрузка сгустителя» от 29.05.20 г. и от 03.06.2020 г. Результаты исследований представлены в *табл. 5*

Из *табл. 5* видна прямая зависимость извлечения золота из данной пробы хвостов ЦКВЗ, от концентрации NaCN. Увеличение исходной концентрации NaCN с 250 до 750 *мг/л* за 6 *ч* предварительного цианирования (остаточная концентрация NaCN 163 и 622 *мг/л* соответственно), повышает извлечение золота на стадии предварительного цианирования с 61,8 до 72,7%, при этом, содержание золота в хвостах цианирования снижается с 0,21 до 0,15 *г/т*

Таблица 5

Определение извлечения золота в зависимости от начальной концентрации NaCN

Содержание в жидкой фазе, *мг/л*									Содержание Au в твердой фазе, *г/т*					Извлечение Au, %			
NaCN					Au				Хвост								
Исх.	Время предварительного цианирования, ч			6 ч п/ц + 10 ч с/ц	Время предварительного цианирования, ч			6 ч п/ц + 10 ч с/ц	Исх.	Время предварительного цианирования, ч			6 ч п/ц + 10 ч с/ц	Время предварительного цианирования, ч			6 ч п/ц + 10 ч с/ц
	2	4	6		2	4	6			2	4	6		2	4	6	
Плотность пульпы 1402 *г/л*, выход готового класса -80,0%																	
250	195	166	163	120	0,205	0,257	0,291	0,011	0,55	0,34	0,26	0,21	**0,16**	***38,2***	***52,7***	***61,8***	***70,9***
350	309	270	252	197	0,227	0,26	0,332	0,011	0,55	0,34	0,24	0,19	**0,14**	***38,2***	***56,4***	***65,5***	***74,5***
500	423	390	380	328	0,228	0,291	0,331	0,012	0,55	0,28	0,24	0,17	**0,12**	***49,1***	***56,4***	***69,1***	***78,2***
650	566	555	540	–	0,23	0,295	0,331	–	0,55	0,26	0,23	–	–	***52,7***	***58,2***	–	–
750	678	644	622	540	0,23	0,288	0,334	0,013	0,55	0,26	0,23	0,15	**0,12**	***52,7***	***58,2***	***72,7***	***78,2***
900	828	–	–	–	0,24	–	–	–	0,55	0,25	–	–	–	***54,5***	–	–	–
Плотность пульпы 1420 *г/л*, выход готового класса -73,0%																	
500	–	–	370	288	–	–	0,36	0,014	0,57	–	–	–	**0,12**	–	–	–	***78,9***
670	–	–	529	445	–	–	0,34	0,016	0,57	–	–	–	**0,12**	–	–	–	***78,9***

Примечание: п/ц – предварительное цианирование; с/ц – сорбционное цианирование

Таблица 6

Гранулометрический состав продуктов переработки ГМЗ-7 с определением извлечения золота по классам крупности

Характеристика исходной пробы пульпы	Класс крупности, *мм*	Выход , %		Содержание Au, *г/т*		Извлечение Au, %
		Питание сорбции	Хвосты сорбции	Питание сорбции	Хвосты сорбции	
Опробование от 19.05.2020 г., в питании 26 *г/л* песков по сухому весу, плотность пульпы -1400 *г/л*; NACN в первом пачуке сорбции- 518 *мг/л*; время сорбции 10,2 *ч*.	+0,16	4,0	3,9	0,67	0,26	61,3
	-0,16+0,071	22,4	22,3	0,63	0,24	61,9
	-0,071	73,6	73,8	0,55	0,17	68,7
Итого:		***100,0***	***100,0***	***0,57***	***0,19***	***66,7***
Опробование от 21.05.2020 г., в питании 20,7 *г/л* песков по сухому весу, плотность пульпы -1410 *г/л*; NACN в первом пачуке сорбции 445 *мг/л*; время сорбции 10,4 *ч*	+0,16	3,1	3,3	0,5	0,26	48,0
	-0,16+0,071	22,4	22,8	0,46	0,23	50,0
	-0,071	74,5	73,9	0,45	0,16	64,4
Итого:		***100,0***	***100,0***	***0,454***	***0,179***	***60,6***

Таблица 7

Гранулометрический состав проб с определением извлечения золота по классам крупности

Параметры ведения опыта	Класс крупности, *мм*	Выход, %	Содержание Au, *г/т*		Извлечение Au,%	Прирост извлечения Au за 4 ч, %
		Исходная проба	Исходная	Хвосты		
Бутылочный тест ***12 ч***, конечная концентрация NaCN – 300	+0,16	17,2	0,67	0,2	70,15	–
	-0,16+0,071	17,9	0,63	0,21	66,67	–
	-0,071	64,9	0,55	0,13	76,36	–
Итого:		*100,0*	*0,582*	*0,156*	*73,2*	–
Бутылочный тест ***16 ч***, конечная концентрация NaCN – 270	+0,16	17,2	0,67	0,15	77,61	**7,46**
	-0,16+0,071	17,9	0,63	0,16	74,60	**7.93**
	-0,071	64,9	0,55	0,11	80,0	**3,64**
Итого:		*100,0*	*0,582*	*0,126*	*78,35*	*5,15*

соответственно. При дальнейшем ведении процесса, за 10 *ч* сорбционного цианирования, увеличение остаточной концентрации NaCN с 120 до 328 *мг/л*, также повышает общее извлечение золота с 70,9 до 78,2%. Повышение остаточной концентрации NaCN до 540 *мг/л*, в данном случае (общее время цианирования) не влияет на показатели извлечения золота.

2. Определение влияние содержания песков в пульпе на показатели извлечения золота.

Определение влияние содержания песков в пульпе на показатели извлечения золота, можно проводить двумя методами:

1. Расчетным, зная извлечение золота из каждого класса крупности, теоретически можно рассчитать критическое количество песков, влияющих на показатели извлечения золота.

2. Методом добавок разного количества песков в исходную пробу пульпы с дальнейшим определением коэффициента извлечения золота после сорбционного цианирования подготовленных проб. Второй метод несколько некорректен, т. к. при добавлении песков меняется плотность пульпы, исходное содержание золота и т.д. Тем не менее, в лаборатории ЦКВЗ были проверены оба метода.

При расчетном методе достаточно было определить гранулометрический состав исходного питания сорбции и общих хвостов сорбции, с определением содержания золота по классам крупности.

В *табл. 6* приведен гранулометрический состав исходного питания сорбции и общих хвостов сорбции, отобранных из процесса 19.05. и 21.05.2020 г.

Из *табл. 6* видно, что извлечение золота из классов крупности +0,16 *мм* и -0,16+0,071 *мм* примерно равное: 61,3 и 61,9 % за 19.05. и 48,0 и 50,0% за 21.05. Из готового класса извлечение золота получено несколько выше: 68,7% за 19.05 и 64,4% за 21.05.2020 г.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что основной показатель, влияющий на извлечение золота, будет не количество песков, а выход готового класса.

Для подтверждения данных выводов, в лаборатории ЦКВЗ был поставлен опыт по сорбционному цианированию пробы «Разгрузка сгустителя» от 19.05.2020 г. с добавлением в пульпу предварительно отсеянной песковой фракции класса +0,16 *мм* (пески пробы

Таблица 8

Извлечение золота в зависимости от количества добавляемых песков

Вес сухих песков в 1 *л* пульпы	Расчетное кол-во твердого в 1 *л* пульпы, *г*	Расчетное содержание золота в исх. пробе, *г/т*	Содержание золота в хвостах сорбции, *г/т*	Извлечение золота, %
26	650	0,5700	0,13	77,19
45	670	0,5724	0,14	75,54
66	690	0,5746	0,13	77,38
86	710	0,5768	0,14	75,73

«Разгрузка сгустителя» от 19.05.2020 г.). Параметры постановки опыта: плотность пульпы 1480 *г/л*; *количество песков в пульпе – 125 г/л по сухому весу или 190 г/л по влажному весу*; загрузка угля – 3%; исходная концентрация NaCN – 500 *мг/л*, с корректировкой первые 4 *ч*, время сорбционного цианирования 12 и 16 *ч*. Гранулометрический анализ исходной пробы и хвостов сорбционного цианирования с определением извлечения золота по классам крупности приведен в *табл. 7*.

Из *табл. 7* видно, что при сорбционном цианировании в лабораторных условиях, для данной пробы пульпы, извлечение золота из песковой фракции (+0,16 *мм*) получено даже несколько выше, чем из класса крупности -0,16+0,074 *мм*.

Извлечение золота из песковой фракции (+0,16 *мм*) составило 70,15% за 12 *ч* и 77,61% за 16 *ч* ведения процесса; для класса крупности -0,16+0,074 *мм* 66,67% и 74,60% соответственно.

При анализе данных графы таблицы – «Прирост извлечения золота за 4 ч» стоит отметить, что мелкие классы (-0,071 *мм*) при равнозначных условиях ведения процесса цианируются быстрее. Прирост извлечения золота при увеличении времени сорбционного цианирования с 12 до 16 *ч* для классов крупности +0,16 *мм* и -0,16+0,071 *мм* составил 7,46 и 7,93 % соответственно, для класса -0,071 *мм* 3,64%.

Эти данные также говорят о том, что основными показателями, влияющими на извлечение золота, являются: выход готового класса (-0,071 *мм*) и время сорбционного цианирования.

Таблица 9

Гранулометрический состав песковой фракции (+0,16 *мм*)

Класс крупности, *мм*	Выход, %	Содержание Au, *г/т*
+0,5	0,22	0,92
-0,5+0,315	0,58	0,92
-0,315+0,16	3,2	0,61
Итого:	*4,0*	*0,67*

Сравнивая результаты исследований, указанных в *табл. 3* и в *табл. 7*, видно, что снижение остаточной концентрации NaCN с 463 (*табл. 3)* до 300 *мг/л* (*табл. 7*) для одной и той же пробы пульпы, увеличивает необходимое время сорбционного цианирования с 12 до 16 *ч*.

В *табл. 8* приведены результаты опытов, выполненных при добавлении в пульпу исходного питания сорбции различного количества подсушенных на воздухе и предварительно отсеянных песков, по классу +0,16 *мм*. Процесс сорбционного цианирования подготовленных проб проводили в течение 16 *ч*, при концентрации NaCN -500 *мг/л*, с корректировкой первые 4 *ч* и 3% загрузкой угля.

Выполненные исследования показали, что увеличение количества песков в 1 *л* пульпы, практически не влияет на показатели извлечения золота, однако повышенное содержание песковой фракции мешает стабильной работе технологического оборудования.

Стоит отметить, что песковая фракция содержит достаточное количество класса крупности +0,315 *мм*, по результатам гранулометрического анализа исходного питания сорбции от 19.05.2020 г., при выходе готового класса 73,6%, выход класса +0,16 *мм* составил 4% (*табл. 9*).

На основании проведённых работ сделаны следующие выводы:

Исходная концентрация NaCN оказывает значительное влияние на время ведения процесса сорбционного цианирования (*табл. 3, рис. 1*).

Увеличение количества песков в 1 *л* пульпы, практически не влияет на показатели извлечения золота, основными показателями, влияющими на извлечение золота, являются: выход готового класса (-0,071 *мм*) и время сорбционного цианирования (*табл. 7*).

УДК 669.21:622.236.722.

DOI:10.54073/GV.2022.2.89.019

СПОСОБ ДЕЗИНТЕГРАЦИИ МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ И ВСКРЫТИЯ ЗОЛОТА ИЗ ОСОБО УПОРНЫХ СУЛЬФИДНО-ЗОЛОТОМЫШЬЯКОВЫХ РУД И КОНЦЕНТРАТОВ РЕЗОНАНСНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВЧ ЭМВ

Yuqori chastotali elektromagnit to'lqinning oltinli rudalar va uning kontsentratlariga ta'siri nazariyasi va amaliyoti masalalariga qaratilgan, EMT manbasining asosiy parametrlarini tanlashga etibor beriladi. Minerallarda mikro yoriqlar va kanallarni shakllantirish bilan interfaza chegaralari bo'ylab mineral komponentlarning parchalanishining amaliy natijalari keltirilgan.

Tayanch iboralar: *yuqori chastotali elektromagnit to'lqin, murrakab oltin rudalar va kontsentratlari, minerallarni dezintegratsiya qilish va parchalash, erkin tsianlanuvchi oltin.*

Рассматриваются вопросы теории и практики осуществления воздействия высокочастотной электромагнитной волны на золотоносные руды и его концентраты, уделяется внимание выбору основных параметров источника излучателя ЭМВ. Приводятся практические результаты дезинтеграции минеральных компонентов по межфазным границам с образованием микротрещин и каналов.

Ключевые слова: *высокочастотная электромагнитная волна, упорные золотоносные руды и концентраты, разрушение и дезинтеграция минералов, свободно цианируемое золото.*

Усманов Р.И.,
руководитель группы
ИЦ по ВНТ АО «НГМК»,
к.ф-м.н.

В данной статье, рассматриваются вопросы теории и практики осуществления воздействия высокочастотной электромагнитной волны (ВЧ ЭМВ) на золотоносные руды и их концентраты, уделяется внимание выбору основных параметров источника излучателя ЭМВ [1, 2] (в том числе, тангенс угла диэлектрических потерь, комплексная диэлектрическая проницаемость и чувствительность минералов к резонансному импульсному воздействию) для практической реализации в опытно-промышленных масштабах.

В настоящее время всё больше в обработку вовлекаются упорные сульфидные золотомышьяковые руды, в которых ультратонкие частицы золота диспергированы в сульфидных минералах, представленных в основном пиритом, арсенопиритом, пирротином, а также антимонитом, с незначительным количеством галенита, сфалерита, халькопирита, сфалерита, тетраэдрита, марказита и др.

Известные технологии переработки таких руд (добыча, дробление, измельчение, флотация, биоокисление, обжиг и т.д.) сопряжены с преодолением трудностей, связанных с физической и химической упорностью руд.

В последние годы все большую популярность для обеспечения дезинтеграции минеральных компонентов по межфазным границам за счет образования микротрещин и каналов, приобретают технологии переработки, основанные на использовании в качестве источника энергии высокочастотной электромагнитной волны (ВЧ ЭМВ).

На разрушение породы при обычном механическом измельчении идёт только 1% затрачиваемой энергии, а остальные 99% переходят в тепло и звук. Поэтому по сравнению с другими физическими методами разупрочнения пород (электрогидравлический удар, ультразвук, ИК-облучение, электрический разряд и т.д.) СВЧ-метод имеет ряд преимуществ. В данной работе отмечается, что при СВЧ обработке на границах раздела фаз возникают сильные термомеханические напряжения, превышающие предел прочности и приводящие к микро растрескиванию породы.

Распределение тепловых источников q(e), возникающих за счет поглощения энергии ВЧ ЭМП, определяется из уравнения Умова-Пойнтинга и закона Бугера-Ламберта для монохроматической волны:

$$\nabla\vec{R} = \frac{\vec{R}}{L^{(e)}}, \quad q^{(e)} = -\nabla\vec{R}, \quad \frac{1}{L^{(e)}} = \frac{1}{2}\omega\sqrt{\varepsilon_0\mu_0\varepsilon'(T,P,\omega)\,tg\delta}$$

где, *R* – вектор интенсивности излучения;

$L^{(e)}$ – длина поглощения, характеризующая степень поглощения энергии ЭМВ рассматриваемой средой;

ω – частота излучения ЭМВ;

ε_0, μ_0 – диэлектрическая и магнитная проницаемость вакуума;

$\varepsilon' tg\delta$ – диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь среды.

В качестве исходного материала были выбраны сульфидные рудные пробы месторождения «Кокпатас». Вещественный состав минералов и химических элементов определён рентгеноструктурным фазовым анализом с использованием рентгеноструктурного фазового анализа на дифрактометре «Empyrean» (Panalytical), сканирующего электронного микроскопа «SEM EVO MA 10» (Carl Zeiss) и минералого-петрографических методов. Результаты рентгеноструктурного фазового анализа: кварц, пирит, глаукопирит (леллингит), арсенопирит, кальцит, пирротин, калиевый полевой шпат (КПШ), плагиоклаз, доломит, фосфат, хлорит, цеолит, гипс, монтмориллонит, гидрослюда, каолинит, гематит, сфалерит, молибденит, магнетит, галенит, кобальтин, муллит, халькозин, ильменит, делафоссит, роговая обманка, глауконит, халькофиллит, халькопирит, кубанит, сульванит, хромит, ципрусит (синоним ярозит). В исследуемой руде постоянно присутствуют срастания золотосодержащих сульфидов (пирит, арсенопирит) с халькопиритом, сфалеритом, тетраэдритом, марказитом и др. Спектральный анализ показал наличие следующих элементов: Cu, Pb, Zn, As, Ag, Sb, Ga, In, Mo, W, Ni, Co, Cr, V, Ti, Bi, Sn, Cd, Ge, Tl, Be, Li, Mn.

Содержание минералов: пирит – 3,4%, арсенопирит – 3,14%, углистого вещества и органического углерода 0,3%. Плотность – 2600 *кг/м*^{3}, теплопроводность – 2,6 *Вт/(м·К)*. Диэлектрическая проницаемость, *Ф/м*: вода – 81; кальцит – 8; сера – 4,1; кварц – 3,8; пирит – 40; арсенопирит – 85. Тангенс угла диэлектрических потерь: вода – 0,15; кальцит – 0,09; сера – 0,08; кварцит – 0,05; пирит – 0,2; арсенопирит – 0,2. Пористость – 0,06. Глубина скважины 5 *м*, диаметр 0,25 *м*. Мощность излучателя 1-3 *кВт*. Магнитная проницаемость вакуума μ_0 = 1,2566E-06 *Гн/м*, диэлектрическая проницаемость вакуума ε_0 = 8,85E-12 *Ф/м*. Сера: температура плавления равна 119,5^0*С*, температура кипения 444,67^0*С*, удельная теплота плавления равна 53,6 *кДж/кг*, удельная теплоёмкость 712 *дж/(кг·град)*, коэффициент теплопроводности 2,6 *Вт/(м·К)*.

Таблица 1

К вопросу выбора резонансной частоты ВЧ ЭМВ от глубины залегания минералов

Глубина воздействия ЭМИ, *м*	Резонансная частота для минералов от глубины воздействия ЭМИ, *ГГц*					
	вода (3%), *ГГц*	кальцит (5%), *ГГц*	глина (3%), *ГГц*	кварцит (60%), *ГГц*	пирит (3,4%), *ГГц*	арсенопирит (3,14%), *ГГц*
0,25	3,5539	16,9628	21,2035	44,2613	3,7930	2,6020
0,50	1,7770	8,4814	10,6018	22,1307	1,8965	1,3010
0,75	0,8885	4,2407	5,3009	11,0653	0,9483	0,6505
1,00	0,5923	2,8271	3,5339	7,3769	0,6322	0,4337
1,25	0,4442	2,1204	2,6504	5,5327	0,4741	0,3252
1,50	0,3554	1,6963	2,1204	4,4261	0,3793	0,2602
1,75	0,2962	1,4136	1,7670	3,6884	0,3161	0,2168
2,00	0,2539	1,2116	1,5145	3,1615	0,2709	0,1859
2,25	0,2221	1,0602	1,3252	2,7663	0,2371	0,1626
2,50	0,1974	0,9424	1,1780	2,4590	0,2107	0,1446
3,00	0,1777	0,8481	1,0602	2,2131	0,1897	0,1301
3,25	0,1481	0,7068	0,8835	1,8442	0,1580	0,1084
3,50	0,1367	0,6524	0,8155	1,7024	0,1459	0,1001
3,75	0,1269	0,6058	0,7573	1,5808	0,1355	0,0929
4,00	0,1185	0,5654	0,7068	1,4754	0,1264	0,0867
4,25	0,1111	0,5301	0,6626	1,3832	0,1185	0,0813
4,50	0,1045	0,4989	0,6236	1,3018	0,1116	0,0765
4,75	0,0987	0,4712	0,5890	1,2295	0,1054	0,0723
5,00	0,0935	0,4464	0,5580	1,1648	0,0998	0,0685
5,25	0,0888	0,4241	0,5301	1,1065	0,0948	0,0650

На основе численных исследований с использованием исходных данных образцов руд месторождения «Кокпатас», рассчитаны резонансные частоты ВЧ ЭМВ на определённый минерал, от глубины пространственного залегания минералов, в котором тонко вкраплено золото (*табл. 1, рис. 1*).

Следует, отметить, что выбор резонансной частоты ВЧ ЭМВ на определённый минерал существенно зависит от состава и содержания в нём химических элементов, температуры и глубины проникновения ЭМВ.

Экспериментальные исследования.

Проведённые лабораторные исследования показывают, что при воздействии электромагнитным импульсом СВЧ генератора мощностью 0,8-3 *кВт* происходит объёмное энергопоглощение и нагрев породы, кипение и испарение содержащейся в ней влаги.

Из-за разной диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь и степенью поглощения ЭМП минералами в каждом элементарном объёме происходит неоднородный нагрев минералов от нормальной температуры до сотен градусов (*рис. 2, 3*).

В частности, на исследуемых поверхностях минералов, как пирит и арсенопирит за счет ЭМИ температура может достигать от 400 до 800^0*С*. Железо (мгновенно), мышьяк взаимодействуют с СВЧ полем сначала на молекулярном, и серой на элементарном уровне**.**

На границах раздела фаз минералов возникают сильные термомеханические напряжения σ превышающие предел прочности σп, порода растрескивается и разрушается. Способствует этому неоднородный нагрев за счёт разной поглощательной способности электромагнитной энергией химических элементов минерала, при котором вследствие перепада температуры ΔT в минерале возникают напряжения, равные σ = αΔTE, где E – модуль Юнга, α – коэффициент термического расширения.

Таким образом, создание в минерале перепада температуры ΔT > σп/ αE, обеспечивает разрушение минерала.

Происходит дезинтеграция минеральных компонентов по межфазным границам с образованием микротрещин и каналов (*рис. 4*).

Происходит перераспределение концентрации влаги по объёму, локализация зон интенсивного поглощения энергии поля на участках повышенной влажности, резкая интенсификация испаре-

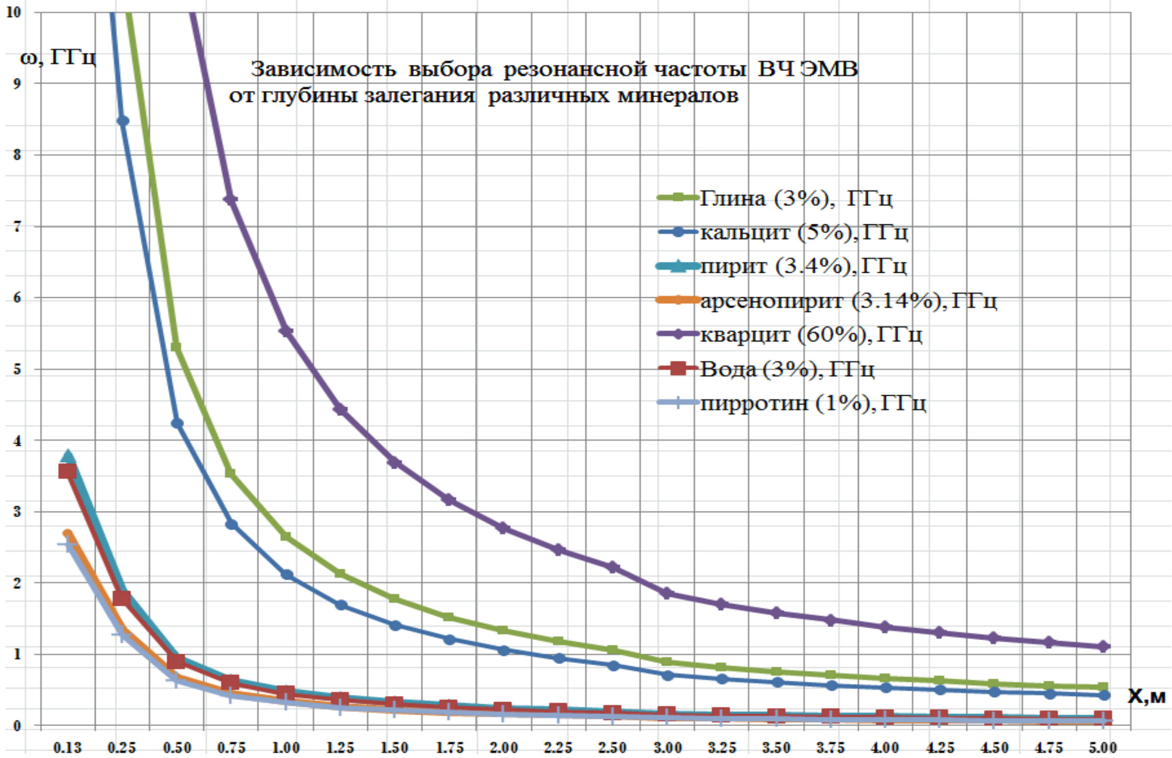


Рис. 1. К вопросу выбора резонансной частоты ВЧ ЭМВ от глубины залегания минералов

ния и возникновение разрушающих давлений пара, которые совместно с термическими напряжениями, приводят к росту микротрещин.

Со временем температура в каждом элементарном объёме выравнивается.

Горная порода нагревается и расслаивается «взрывным» разрушением горных пород с образованием и развитием трещин за счёт совместного действия термических напряжений и парового давления паров, возникающих при фазовом переходе содержащейся в породе влаги вследствие поглощения ею ЭМ энергии, упрощается дальнейшее отделение металлических включений от пустой породы (*рис. 5*).

Исходная руда представляла собой темно-серую окраску, содержание углистого вещества и органического углерода 0,3%. Исходный кальцит представляет собой синевато-зеленотемноватый цвет, из-за наличия в нём пирита и углистого вещества, и в процессе воздействия ЭМИ приобретает серо-белый цвет. Происходит отделение пирита от кальцита и выгорание углерода.

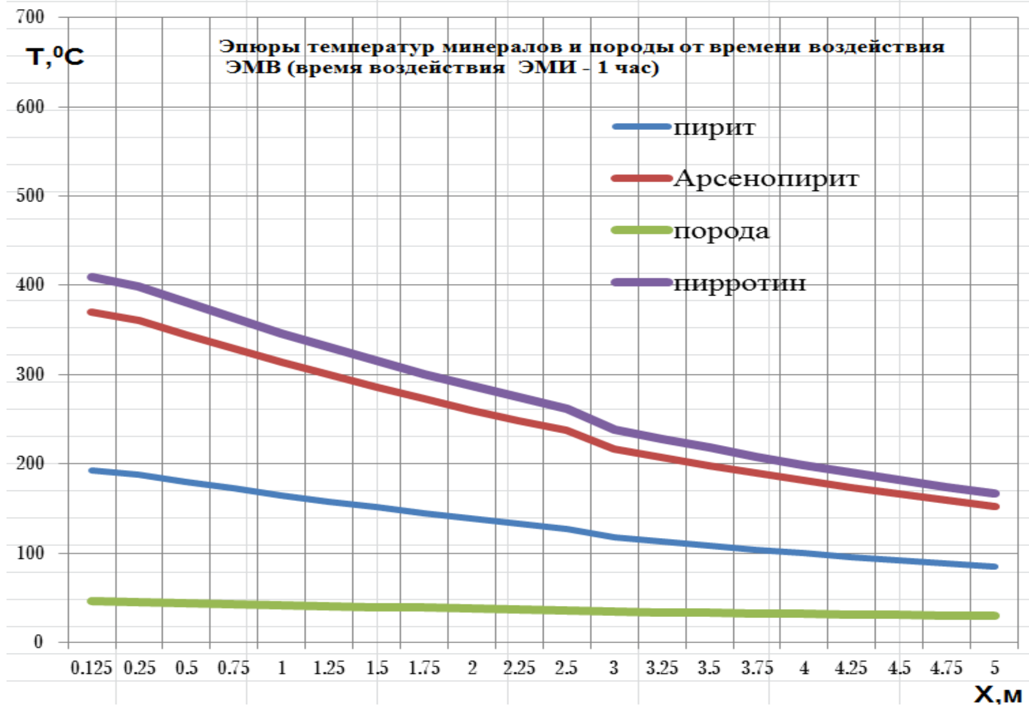


Рис. 2. Эпюры температур минералов от воздействия ВЧ ЭМВ в течение 1 ч

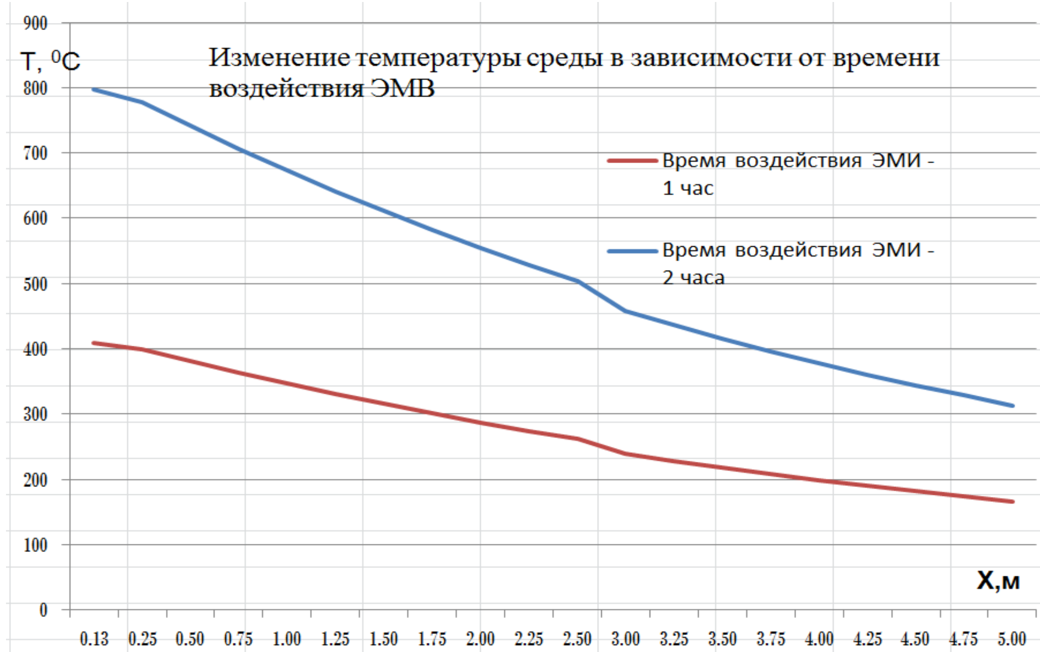


Рис. 3. Эпюры температур минералов от воздействия ВЧ ЭМВ в течение 2 ч

Рис. 4. Вид куска руды месторождения «Кокпатас» после 30 минутной обработки ВЧ ЭВМ: *1* – арсенопирит; *2* – пирит

Рис. 5. Вид пробы флотоконцентрата руд ”Кокпатас”, после 60 минутной обработки ВЧ ЭМВ

Кварцит почти не меняет окраску. Мышьяк от минералов освобождается, возможно, часть вступает во взаимодействие с окислами железа, образуя арсенаты двух- и трехвалентного железа $Fe_3(AsO_4)_2$ и $FeAsO_4$. Либо переходит в твёрдое состояние в виде кристаллов серовато-зелёного скородита $FeAsO_4$. Сера и часть мышьяка также отделяется от сульфидных минералов, испаряются

Рис. 6. Вид части расплавленной, испаренной и кристаллизованной на поверхности серы и мышьяка в соединении с окислами железа после 90 *мин* обработки ВЧ ЭМВ руды «Кокпатас»

и возможно образуют моносульфид мышьяка AsS или сульфид мышьяка As_2S_2 (*рис. 6*).

Экспериментальные лабораторные исследования с облучением в высокочастотном электро-магнитном поле были проведены в условиях ЦЛ КИПиА РУ ГМЗ-1.

Для проведения исследований были отобраны 27 образцов проб, которые были облучены в ВЧ ЭМВ в разных временных интервалах и переданы для химического и минералогического анализа в ЦНИЛ АО «НГМК» (*табл. 2*). До передачи в ЦНИЛ информация о пробах (месторождение, обработка и время облучения) было зашифрована. По результатам химического анализа ЦНИЛ можно сделать вывод о том, что номера и состав проб соответствует исходным продуктам и концентратам обогащения. Пробы № 1, 2 и 8-12 имеют в составе значительное количество мышьяка, сурьмы, карбоната, углистых веществ – относится к рудам месторождения «Кокпатас» и «Даугызтау». Результаты химического анализа представлены в *табл.* Пробы № 1, 2 и 8-12 имеют в составе значительное количество мышьяка, сурьмы, карбоната, углистых веществ – относится к рудам месторождения «Кокпатас» и «Даугызтау».

Таблица 2

Перечень и номера проб переданные для анализа в ЦНИЛ

Номер пробы	Месторождение	Наименование проб	Время облучения, *мин*	Вес, *кг*
IS № 1	Кокпатас	руда исходная	0	1,39
IS № 2	Даугызтау	руда обработанная	20	1,415
IS № 3	Кокпатас	концентрат исходный	0	1,3
IS № 4	Даугызтау	концентрат обработанный	30	1,31
IS № 5	Кокпатас + Даугызтау	концентрат исходный	0	1,62
IS № 6	Амантайтау	концентрат исходный	0	1,875
IS № 7	Каракутан	концентрат обработанный	60	1,835
IS № 8	Кокпатас	руда обработанная	30	2,71
IS № 9	Кокпатас	руда обработанная	50	2,39
IS № 10	Даугызтау	руда обработанная	30	2,75
IS № 11	Даугызтау	руда исходная	0	2,495
IS № 12	Даугызтау	руда обработанная	50	2,17
IS № 13	Даугызтау	концентрат исходный	0	1,44
IS № 14	Даугызтау	концентрат обработанный	20	1,57
IS № 15	Даугызтау	концентрат обработанный	10	1,4
IS № 16	Кокпатас	концентрат обработанный	30	3,44
IS № 17	Кокпатас	концентрат обработанный	40	1,575
IS № 18	Кокпатас + Даугызтау	концентрат обработанный	30	1,74
IS № 19	Кокпатас + Даугызтау	концентрат обработанный	90	1,595
IS № 20	Кокпатас + Даугызтау	концентрат обработанный	60	2,24
IS № 21	Амантайтау	концентрат обработанный	60	1,475
IS № 22	Амантайтау	концентрат обработанный	120	1,7
IS № 23	Каракутан	концентрат обработанный	120	1,64

Результаты химического анализа представлены в *табл. 3*

При изучении минерального состава основное внимание было уделено главным рудным минералам, соотношениям между рудными и другими минералами, в частности, продуктам преобразования сульфидов окислам и гидроокислам железа, пирротином, магнетитом и гематитом.

Минералогический анализ проб (рис. 7):

Проба № 2. Руда «Даугызтау». Обработка СВЧ – 20 *мин*. Количество сульфидов составляет: арсенопирит ~ 0,2%, пирит – 1,4%, антимонит, халькопирит – ед. зерна. Количество карбонатов ~ 15%. Степень окисления сульфидных минералов железа в среднем составляет ~ 30%.

Таблица 3

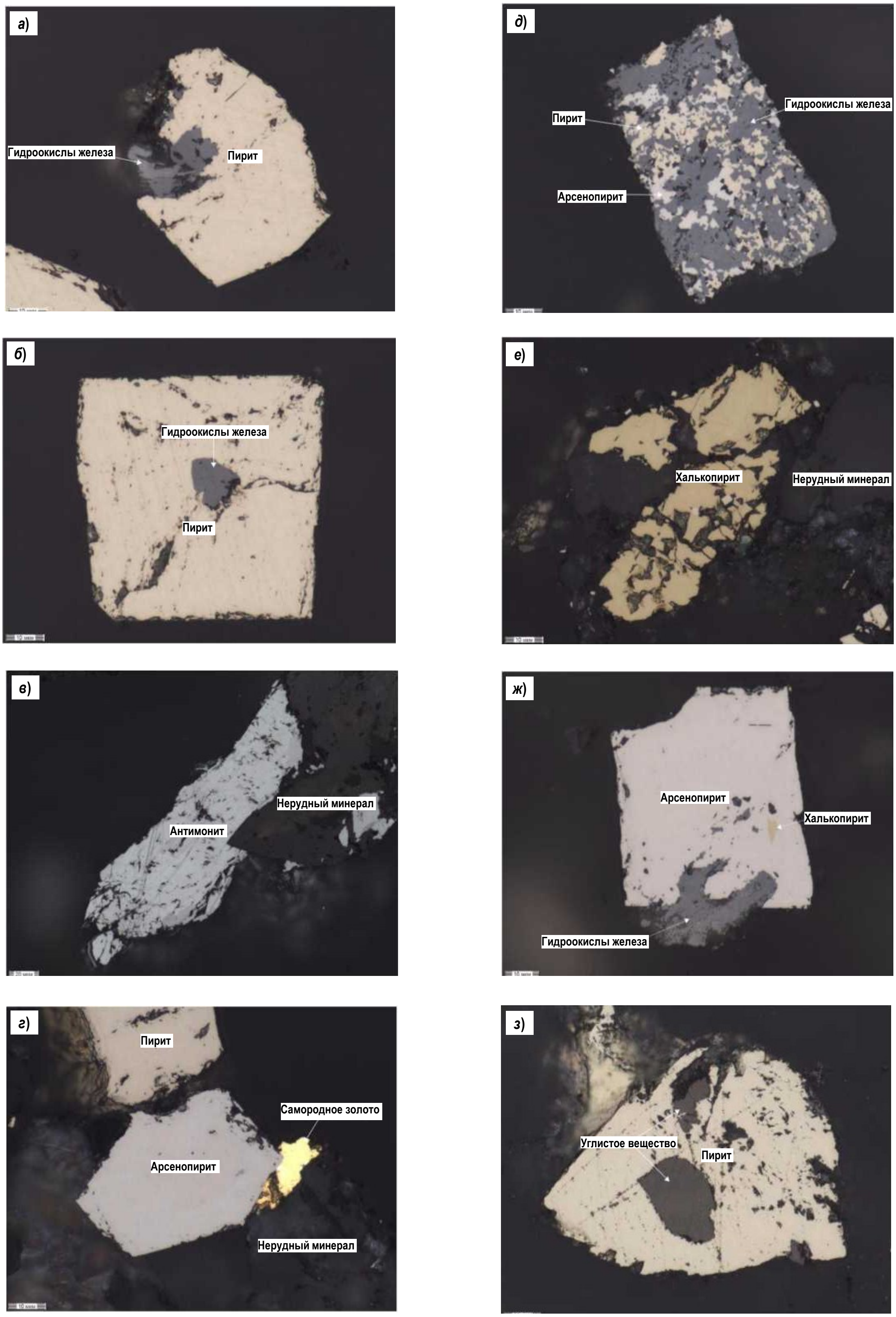
Химический анализ исходных проб

№ проб	Месторождение	Наименование проб	Содержание, %								
			Au, *г/т*	$S_{общ}$	Ss	$C_{общ}$	$C_{орг}$	Co_2	As	Sb	$Fe_{общ}$
IS № 1	Кокпатас	руда исходная	1,34	1,5	1,2	1,8	<0,1	6,3	0,3	<0,005	5,6
IS № 2	Даугызтау	руда обработанная	1,04	1,1	0,8	1,3	0,2	4	<0,09	0,1	3,3
IS № 3	Кокпатас	концентрат исходный	16,2	19,5	15	2,8	1,9	3,3	>1,0	0,35	14,2
IS № 4	Даугызтау	концентрат обработанный	17,66	16,7	14	3,6	3,1	1,8	0,9	0,61	11,5
IS № 5	Кокпатас +Даугызтау	концентрат исходный	18,92	20,2	17	2,7	2,1	2,2	>1,0	0,67	14,3
IS № 6	Амантайтау	концентрат исходный	16,34	10,1	8,4	1,4	1,2	0,7	0,6	0,06	8,2
IS № 7	Каракутан	концентрат обработанный	188,98	19,4	16	3,6	3	2,2	>1,0	0,17	14,1
IS № 8	Кокпатас	руда обработанная	0,89	6,5	5,6	1,6	<0,1	5,5	0,2	0,03	4,8
IS № 9	Кокпатас	руда обработанная	4,39	5,1	1,7	1,6	0,3	4,9	0,4	0,02	4,4
IS № 10	Даугызтау	руда обработанная	2,35	1,3	0,7	1,3	0,2	3,9	0,2	0,63	2,7
IS № 11	Даугызтау	руда исходная	1,24	0,94	0,6	1,2	0,2	3,7	0,2	0,01	3,5
IS № 12	Даугызтау	руда обработанная	0,54	0,75	0,5	1,1	0,2	3,5	0,1	0,01	3,8
IS № 13	Даугызтау	концентрат исходный	15,78	15,2	13	3,5	3,2	1,1	0,8	0,55	11,6
IS № 14	Даугызтау	концентрат обработанный	17,18	15,9	14	3,6	3,2	1,5	0,9	0,68	11,4
IS № 15	Даугызтау	концентрат обработанный	18	16,4	14	3,5	3,2	1,1	1	0,88	12,1
IS № 16	Кокпатас	концентрат обработанный	17,10	19,1	15	2,7	1,8	3,3	>1,0	0,33	14,3
IS № 17	Кокпатас	концентрат обработанный	16,98	18,7	16	2,6	1,7	3,3	>1,0	0,31	14
IS № 18	Кокпатас +Даугызтау	концентрат обработанный	20,26	20,6	16	2,6	2,1	1,8	>1,0	0,66	13,8
IS № 19	Кокпатас +Даугызтау	концентрат обработанный	22,34	20,2	15	2,6	2,2	1,5	>1,0	0,66	14,6
IS № 20	Кокпатас +Даугызтау	концентрат обработанный	20,81	20.2	17	2,6	2,1	1,8	>1,0	0,66	14,7
IS № 21	Амантайтау	концентрат обработанный	16,18	11,4	8,3	1,1	1	0,4	0,7	0,06	8,6
IS № 22	Амантайтау	концентрат обработанный	18,01	10,8	8,1	1,2	1,1	0,4	0,7	0,06	9
IS № 23	Каракутан	концентрат обработанный	184,81	19,1	15	2,9	2,7	0,7	>1,0	0,17	13,9
IS № 24	Амантайтау	концентрат обработанный	19,77	11,8	9,2	1,3	1,2	0,4	0,8	0,07	9,6

Таблица 4

Результаты сорбционного цианирования направленных проб (время цианирования – 24 ч)

№ пробы	Месторождение	Наименование пробы	Концентрация NaCN, *мг/л*		pH	Содержание Au, *г/т*		Извлечение Au, %	Время облучения, *мин* в ВЧ ЭМП	Расход реагентов, *кг/т*	
			нач.	кон.		Au, *г/т*	в хвостах сорбции, *г/т*			NaCN	CaO
IS № 1	Кокпатас	руда исходная	1000	800	10,6	1,34	0,89	33,4	0	4,65	2,27
IS № 8	Кокпатас	руда обработанная	1000	1000	10,5	0,89	0,58	34,8	30	4,31	1,81
IS № 9	Кокпатас	руда обработанная	1000	1000	10,7	4,39	1,17	73,3	50	5,44	2,75
IS № 11	Даугызтау	руда исходная	1000	1000	10,6	1,24	1,22	1,61	0	4,2	3,91
IS № 2	Даугызтау	руда обработанная	1000	900	10,7	1,04	0,86	17,3	20	4,91	2,44
IS № 10	Даугызтау	руда обработанная	1000	1000	10,5	2,35	1,54	34,5	30	5,7	2,98
IS № 12	Даугызтау	руда обработанная	1000	800	10,8	0,54	0,27	50,0	50	4,72	3,22
IS № 3	Кокпатас	концентрат исходный	1000	800	10,8	16,2	13,46	16,9	0	6,43	4,3
IS № 16	Кокпатас	концентрат обработанный	1000	1000	10,6	17,10	14,19	17,02	30	5,6	3,12
IS № 17	Кокпатас	концентрат обработанный	1000	1000	10,6	16,98	13,75	19,02	40	5,44	3,84
IS № 13	Даугызтау	концентрат исходный	1000	800	10,8	15,78	13,7	13,18	0	6,91	7,95
IS № 15	Даугызтау	концентрат обработанный	1000	1000	10,6	18	14.97	14.55	10	6,78	7,31
IS № 14	Даугызтау	концентрат обработанный	1000	1000	10,6	17,18	14,5	15,6	20	6,88	5,16
IS № 4	Даугызтау	концентрат обработанный	1000	800	10,8	17,66	14,86	15,9	30	6,91	4,8
IS № 5	Кокпатас +Даугызтау	концентрат исходный	1000	900	10,5	18,92	18,10	4,3	0	7,36	4,01
IS № 18	Кокпатас +Даугызтау	концентрат обработанный	1000	1000	10,6	20,26	18,35	9,43	30	7,82	4,9
IS № 20	Кокпатас +Даугызтау	концентрат обработанный	1000	1000	10,5	20,81	18,59	10,67	60	7,1	3,18
IS № 19	Кокпатас +Даугызтау	концентрат обработанный	1000	1000	10,6	22,34	19,37	13,29	90	5,51	4,9
IS № 6	Амантайтау	концентрат исходный	1000	1000	10,5	16,34	8,48	48,1	0	7,76	8,1
IS № 21	Амантайтау	концентрат обработанный	1000	900	10,6	16,18	8,04	50,31	60	7,82	10
IS № 24	Амантайтау	концентрат обработанный	1000	1000	10,7	19,77	9,74	50,73	90	8,6	7,6
IS № 22	Амантайтау	концентрат обработанный	1000	1000	10,8	18,01	8,28	54,02	120	7,94	8,3
IS № 7	Каракутан	концентрат обработанный	1000	1000	10,5	188,98	5,26	97,2	60	5,38	2,5
IS № 23	Каракутан	концентрат обработанный	1000	1000	10,7	184,81	3,57	98,07	120	9,38	3,62


а)
Гидроокислы железа
Пирит
б)
Гидроокислы железа
Пирит
в)
Нерудный минерал
Антимонит
г)
Пирит
Самородное золото
Арсенопирит
Нерудный минерал
д)
Пирит
Гидроокислы железа
Арсенопирит
е)
Халькопирит
Нерудный минерал
ж)
Арсенопирит
Халькопирит
Гидроокислы железа
з)
Углистое вещество
Пирит

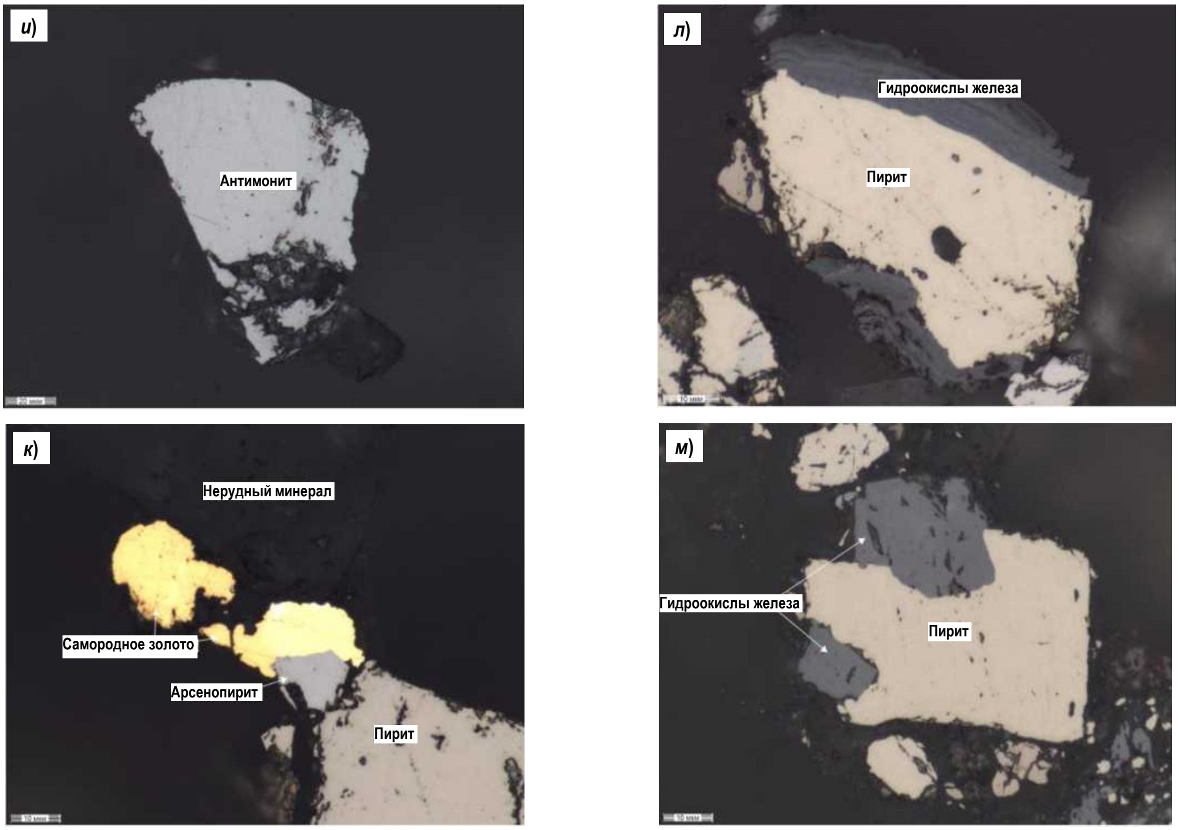


Рис. 7. Минералогический анализ проб: *а, б, в, г* – руда «Даугызтау» (проба № 2); *д, е* – концентрат «Кокпатас» (проба № 3); *ж, з* – концентрат «Даугызтау» (проба № 4); *и, к* – концентрат шихта «Кокпатас» и «Даугызтау» (проба № 19); *л, м* – концентрат «Каракутан» (проба № 23)

Проба № 3. Концентрат «Кокпатас». Без обработки. Количество сульфидов составляет: арсенопирит ~ 3,2%, пирит ~ 26%, антимонит, халькопирит – ед. зерна. Количество карбонатов – 12%. Количество углистого вещества составляет – 3,1%. Степень окисления сульфидных минералов железа в среднем составляет – 55%. Интенсивное развитие гидроокислов железа зерно халькопирита в срастании с нерудным по сростку пирита и арсенопирита минералом.

Проба № 4. Концентрат «Даугызтау». Обработка СВЧ – 30 *мин*. Количество сульфидов составляет: арсенопирита ~ 1,9%, пирита ~ 25%, халькопирит, сфалерит антимонит и др. ед. зерна. Количество карбонатов ~ 6,5%. Количество углистого вещества составляет ~ 3,1%. Степень окисления сульфидных минералов железа в среднем составляет ~ 15-20%. Проба № 19. Концентрат – шихта «Кокпатас» и «Даугызтау». Обработка СВЧ – 90 *мин*. Количество сульфидов составляет: арсенопирита ~ 3,5%, пирита ~ 28%, блеклые руды, антимонит, халькопирит и др. – ед. зерна. Количество карбонатов ~ 5,5%. Количество углистого вещества составляет ~ 2,2%. Степень окисления сульфидных минералов железа составляет ~ 40-45%. Проба № 23. Концентрат – «Каракутан». Обработка СВЧ- 120 *мин*. Количество сульфидов составляет: арсенопирита ~ 3,0%, пирита ~ 27%, антимонит, халькопирит и др. - ед. зерна. Количество карбонатов ~ 8%. Количество углистого вещества составляет ~ 2,7%. Степень окисления сульфидных минералов железа составляет ~ 20%.

Далее материал, был направлен на определение доли свободного цианируемого золота при прямом сорбционном цианировании, в режиме рационального анализа: время цианирования – 24 *ч*, загрузка смолы – 3%, концентрация цианида равна 1 *г/л*. Так как, материал подвергался СВЧ обработке, то вскрытие золота можно было наблюдать по изменению доли свободного цианируемого золота (*см. табл. 4 (IS № 1, IS № 8, IS № 9*). По результатам исследований можно сделать вывод, что доля свободного цианируемого золота изменяется в широком пределе от 1,61% (проба № 11) до 98,07% (проба № 23).

Основные выводы.

1. При СВЧ обработке руды происходит объёмное энергопоглощение и нагрев породы, происходит неоднородный нагрев минералов от нормальной температуры до сотен градусов (*рис. 2 и 3*). В частности, на исследуемых поверхностях минералов, как пирит и арсенопирит за счет ЭМИ температура может достигать от 400 до 800ºС.

2. На границах раздела фаз минералов возникают сильные термомеханические напряжения, что обеспечивает разрушение минерала. Происходит дезинтеграция минеральных компонентов по межфазным границам с образованием микротрещин и каналов. Упрощается дальнейшее отделение металлических включений от пустой породы.

3. По результатам исследований можно сделать вывод, что после СВЧ обработки доля свободного цианируемого золота увеличивается.

Библиографический список:

1. Усманов Р.И. К вопросу вскрытия золота из особо упорных сульфидных золотомышьяковых руд на месте его естественного залегания резонансным воздействием ВЧ ЭМВ // Горный вестник Узбекистана, 2020, №1(80). – С. 41-46.

2. Усманов Р.И. К вопросу вскрытия золота из особо упорных золотомышьяковых руд резонансным воздействием ВЧ ЭМВ на месте его естественного залегания // Многофазные системы. – Москва, 2020 – Т. № 1-2. – С. 101.

УДК 669.138.8 DOI:10.54073/GV.2022.2.89.020

ULTRA DISPERS TIC ZARRACHALAR MIQDORINING VOLFRAM KARBID KOBALTLI QATTIQ QOTISHMA STRUKTURASI VA FIZIK-MEXANIK XOSSALARIGA TA'SIRINI ANIQLASH




Parmonov S.T.,
TDTU «Materialshunoslik» kafedrasi tayanch doktoranti

Kulmurodov Z.S.,
«NKMK» AJ Markaziy loyihalash byurosi loyiha bosh muhandisi

Parmonov G'.M.,
«OKMK» AJ Ilmiy-texnologik markazi laboratoriya bo'limi boshlig'i

Xujakulov N.B.,
NDKI «Metallurgiya» kafedrasi dotsenti, PhD

Ushbu maqolada mamlakatimizdagi ruda maydalash jarayonida qo'llaniladigan abraziv yeyilishga bardoshli qattiq qotishmalar strukturasi va fizik-mexanik xossalarining yakunlovchi qizdirib pishirish harorati va qattiq qotishma tarkibidagi ultra dispers TiC zarrachalar miqdoriga bog'liq holda o'zgarishi xususida ma'lumotlar keltirilgan.

Olib borilgan ilmiy va amaliy izlanishlar shuni ko'rsatadiki qizdirib pishirish haroratining oshishi qattiq qotishma namunalarini zichlanish darajasi ortishiga va qoldiq g'ovaklik miqdorining kamayishiga olib keladi. Qattiq qotishma tarkibidagi ultra dispers TiC kukun miqdorining namunalar zichligiga va qattiqligiga ta'sirini aniqlash bo'yicha o'tkazilgan tadqiqot natijalariga ko'ra barcha yakunlovchi qizdirib pishirish jarayonidan o'tgan namunalarning zichligi tarkibidagi TiC kukunining miqdori ortishi bilan kamaygan. Aksincha namunalar qattiqligi undagi ultra dispers TiC miqdori ortishi bilan ortgan.

Maqolada yoritilgan laboratoriya tahlillari TDTU, Olmaliq KMK AJ qoshidagi Nodir metallar va qotishmalar ishlab chiqarish bo'yicha IICHB, NDKI va Ilg'or texnologiyalar markazining zamonaviy qurilmalaridan foydalangan holda amalga oshirilgan.

Tayanch iboralar: *qoldik g'ovaklik miqdori, zichlanish darajasi, ultra dispers TiC, presslash bosimi, harorat, pechdagi muhit, egilishdagi mustahkamlik chegarasi, oquvchanlik chegarasi, chegaraviy deformatsiya, qattiqlik, mikroqattiqlik, zichlik.*

В данной статье приведены сведения о структуре и физико-механических свойствах износостойких твердых сплавов, используемых в процессе дробления руд в стране, в зависимости от конечной температуры нагрева и количества ультрадисперсных частиц TiC в твердом сплаве.

Научные и практические исследования показывают, что повышение температуры нагрева приводит к увеличению плотности образцов твердого сплава и уменьшению величины остаточной пористости. Согласно исследованию по определению влияния количества ультрадисперсного порошка TiC в твердом сплаве на плотность и твердость образцов, плотность всех конечных термообработанных образцов уменьшалась с увеличением количества порошка TiC. А также, твердость образцов увеличивалась с увеличением количества в них ультрадисперсного TiC.

Лабораторные анализы, описанные в статье, проводились на ТГТУ, НПО по производству редких металлов и сплавов на базе АО «Алмалыкский ГМК», НГГИ и на современном оборудовании Центра передовых технологий.

Ключевые слова: *остаточная пористость, степень уплотнения, ультрадисперсный TiC, давление сжатия, температура, печная среда, предел прочности при изгибе, предел пластичности, граничная деформация, твердость, микротвёрдость, плотность.*

Qattiq qotishmalarning ekspluatatsion qobiliyati materialning: strukturaviy va mexanik xossalari bilan aniqlanadi. Materialning strukturaviy xossalari: ζ – qoldik g'ovaklik miqdori; p_m – material zichligi; karbid va bog'lovchi fazalarni material hajmi bo'yicha teng taqsimlanganligi kabi ko'rsatgichlar bilan baholanadi. Qattiq qotishmalarning fizik-mexanik xossalari esa materialning: ρ_u – umumiy zichligi; σ_{egl} – egilishdagi mustahkamlik chegarasi; *HRA*– qattiqligi (mikroqattiqligi *HV*); σ_{oku} – oquvchanlik chegarasi; ε_{ch} – chegaraviy deformatsiya; A_p – plastik deformatsiyalanishining solishtirma ishi kabi ko'rsatkichlar bilan aniqlandi [1, 5-6].

Volfram karbid kobaltli qattiq qotishmalar xossalariga ultra dispers TiC – titan karbid zarrachalarning ta'sirini aniqlash uchun tadqiqot namunalarini tayyorlashda ВК6 markali qattiq qotishmadan foydalanildi.

Tadqiqot natijalari. Ultra dispers TiC kukun zarrachalarni volfram karbid kobaltli (BK) qattiq qotishmaning strukturaviy xossalariga ta'sirini aniqlash. Ultra dispers TiC kukun zarrachalarni BK Pqattiq qotishmaning strukturaviy xossalariga ta'sirini aniqlash uchun tarkibi 90% WC + 6% Co + 4% ultra dispers TiC – titan karbid kukunlaridan tashkil topgan qattiq qotishma shixtasi keltirilgan tartibda tayyorlandi. Tayyor bo'lgan shixta kukunidan diametr o'lchami 20 *mm*, balandligi 7 *mm* bo'lgan press-zagotovkalarini «YI-20-1600» (Yaponiya) markali vakuumli issiq pressda presslab olindi [2, 3]. Presslangan press-zagotovkalarni birlamchi qizdirib pishirish jarayonini "TVM" (Italiya) markali induksion vakuumli eritish pechida amalga oshirildi. Tadqiqot namunalarini tarkibi, tayyorlashdagi texnologik ko'rsatgichlar hamda yakunlovchi qizdirib pishirish jarayonida qizdirib pishirish haroratlari *1-jadvalda* keltirilgan [4].

Namunalar qizdirib pishirish jarayonidan keyin geometrik o'lchamlari 0,01 *mm* aniqlikda mikrometr yordamida qayta o'lchandi. Namunalarning qizdirib pishirishdan oldin va xar bir yakuniy qizdirib pishirish jarayonidan o'tgandan keyingi geometrik o'lchamlarini o'zgarishi – keltirilgan (*2-jadval*).

Yakuniy qizdirib pishirish harorati namunalarining geometrik o'lchamlariga o'zgaruvchan ta'sir ko'rsatgan, masalan № 1 va № 2, raqamli 1330 °C va 1340 °C haroratlarda qizdirib pishirilgan namunalarning diametr o'lchami 20 *mm* dan o'rtacha 17,12 ga qisqargan (qisqarish 14%) bo'lsa, № 5 va № 6 raqamli 1370 °C va 1380 °C haroratlarda qizdirib pishirilgan namunalarning diametr o'lchami o'rtacha 17 *mm* ga qisqargan (qisqarish 15%) va ularning geometrik shakl o'lchamlarining qisqarish darajasi ВК6 markali qattiq qotishmalarni qizdirib pishirishda geometrik o'lchamlarining qisqarishi ishlab chiqarishda kuzatiladigan qiymatlarga to'liq mos keladi [1, 5-6].

Olingan eksperimental natijalar asosida namunalarning yakuniy haroratga bog'lik ravishda zichlanish darajasi va qoldiq g'ovakligini o'zgarishi grafik shaklda *1-rasmda* keltirilgan.

Natijalarning tahlili shuni ko'rsatadiki yakuniy qizdirish harorati oshishi bilan namunalarning zichlanish darajasi ortgan va qoldiq g'ovaklik miqdori kamaygan. 1330 ºC dan 1350 ºC haroratgacha namunalarning zichlanish darajasi keskin ortgan bo'lsa, 1350 ºC dan 1360 ºC haroratgacha juda sekin ortgan. Buning asosiy sabablaridan biri kobalt kukunlarining suyuqlanishi va suyuq kobaltning asta sekin volfram karbid kukunlari aro tarqalishida bo'lishi mumkin.

1360 ºC haroratdan oshishi bilan erishilgan zichlanish darajasi 1380 ºC haroratgacha o'zgarmasdan qolgan. Buning asosiy sababi suyuq kobalt 1360 ºC haroratda, 20 *daqiqa* davomida namuna hajmi bo'ylab teng tarqalib bo'lgan. Adabiyotlarda keltirilgan ma'lumotlarga ko'ra volfram karbid kobaltli qattiq qotishmalarning qizdirib pishirish jarayonida hajmiy qisqarishlarning qiymati 14...15% oralig'ida bo'lishi ko'rsatib o'tilgan [5, 6]. Bu esa biz tomondan erishilgan natijalarni qattiq qotishmalarni qizdirib pishirish jarayoniga mos kelishini bildiradi.

Bundan tashqari namunalardagi qoldiq g'ovakliklarni shakli, miqdori va hajm bo'yicha taqsimlanishini aniqlash uchun mikrostrukturaviy tahlillar o'tkazildi. Buning uchun namunalardan shliflar tayyorlandiva shliflarni travleniyadan oldin xamda travleniyadan keyingi mikrostrukturasi «NEOPHOT-21» mikroskopi yordamida x1000 va x1500-marta kattalashtirgan holatda tahlillar olib borildi (*2-rasm*).

1360 ºC haroratda qizdirib pishirilgan namunaning travleniya qilinmagan shlif yuzasining mikrostrukturaviy tahlili shuni ko'rsatdiki namunada juda kam miqdorda o'lchami 1,5...2 *mkm* bo'lgan g'ovakliklar mavjud. Bu namunalar GOST 9391-2000 talabidagi A-2...A-3 shkalasi bo'yicha 0,05% g'ovaklikka ega, ya'ni qoldik g'ovakligi bo'yicha «Sifatli namuna» hisoblanadi (*2a-rasm*).

Travleniya qilingan shliflar yuzasida qattiq qotishma kukun komponentlar kobalt bilan hajm bo'yicha teng taqsimlangan, qattiq qotishmaga kiritilgan 4% ultra dispers titan karbid kukunlaring zarrachalari ko'rinmaydi, strukturadagi eng katta WC – fazasining o'lchami 2,5...3 *mkm*, eng kichigi 0,5...1 *mkm* atrofida (*2b va s-rasm*).

Ultra dispers TiC kukuning zarrachalarini kobalt bog'lovchisida erish haroratini aniqlash maqsadiga turli yakunlovchi qizdirib pishirish haroratlarida olingan namunalarning mikrostrukturasini 3500...5000-marta kattalashtirilgan holda «SEM - EVO MA 10» (Zeiss, Germaniya) skanerlash elektron mikroskopi yordamida suratga olgan holda amalga oshirildi. Turli yakunlovchi qizdirib pishirish haroratlarda olingan namunalarning mikrostrukturasining surati *3-rasmda* keltirilgan.

Ultra dispers TiC kukuni miqdorining volfram karbid kobaltli namunalarning fizik-mexanik xossalariga ta'sirini aniqlash.

Ultra dispers TiC kukun miqdorining volfram karbid kobaltli qattiq qotishmalar fizik-mexanik xossalariga ta'sirini aniqlash uchun turli miqdorga ega bo'lgan ultra dispers TiC kukunlari kiritilgan volfram karbid kobaltli qattiq qotishma shixtasini tayyorlandi. Tayyor bo'lgan shixtadan xar bir tadqiqot turlari uchun zarur bo'lgan namunalarni «YI-20-1600» (Yaponiya) markali vakuumli issiq pressda presslandi [2, 3]. Press-zagotovkalarni birlamchi va yakunlovchi qizdirib pishirish jarayoni «TVM» (Italiya) markali induksion vakuumli eritish pechida amalga oshirildi [4]. Jarayon tavsifi *3-jadvalda* keltirilgan.

Turli ultra dispers TiC kukun miqdoriga ega bo'lgan va 1360 ºC hamda 1380 ºC haroratlarda qizdirib pishirilgan namunalarning zichligini aniqlandi va aniqlangan natijalar bo'yicha grafik tuzildi. Grafik *4-rasmda* keltirilgan.

Ultra dispers TiC kukun miqdorining namunalar zichligiga ta'sirini aniqlash bo'yicha o'tkazilgan tadqiqot natijalariga ko'ra barcha 1360 ºC hamda 1380 ºC haroratlarda yakunlovchi qizdirib pishirish jarayonidan o'tgan namunalarning zichligi tarkibidagi TiC kukunining miqdoriga bog'liq xolda 14,8 *g/sm³* dan 13,88 *g/sm³* gacha kamaygan, bunday xolni kuzatilishi tabiiy chunki TiC (4,93 *g/sm³*) zichligi WC (15,63 *g/sm³*) zichligidan kichik [5, 6].

1-jadval

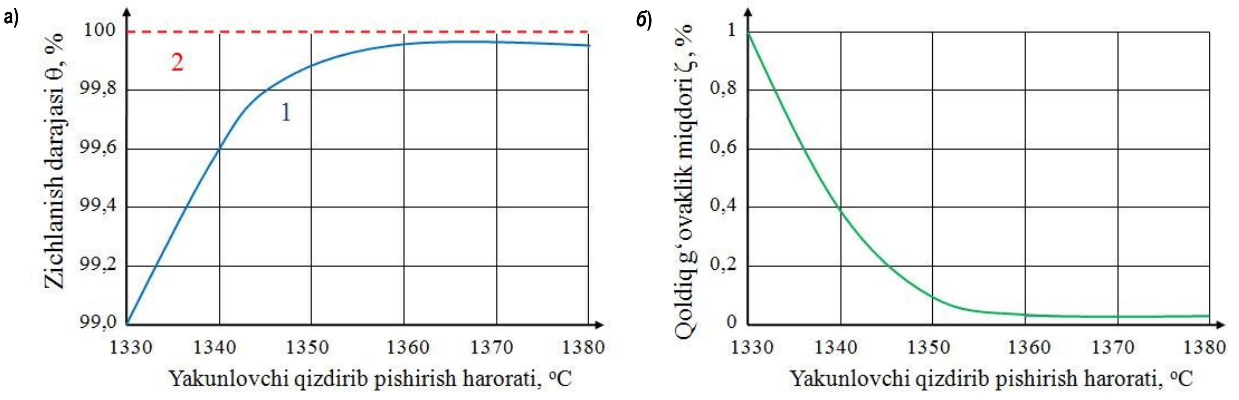
ВК6 qattiq qotishma tadqiqot namunalari tarkibi va yakuniy qizdirib pishirish harorati

№	d_{WC}, *mkm*	WC, *%*	Co, *%*	TiC, *%*	Presslash bosimi, *t/sm²*	Harorat, ºC	Pechdagi muhit
1.	2...2,5	90	6	4	5	1330	Vakuum, 13,3 $\cdot 10^{-6}$ Pa
2.						1340	
3.						1350	
4.						1360	
5.						1370	
6.						1380	

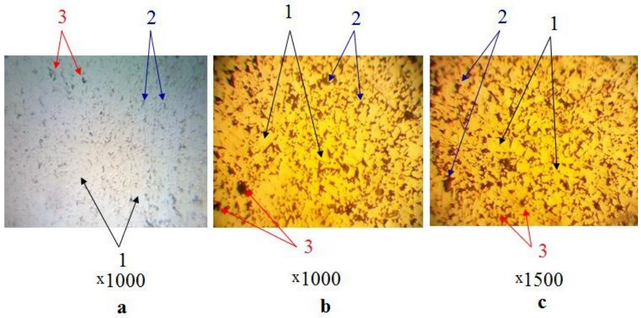
2-jadval

Tadqiqot namunalarini geometrik o'lchamlarining o'zgarishi

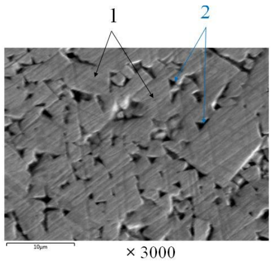
№	Qizdirib pishirishdan oldin			Qizdirib pishirishdan keyin		
	D, *mm*	h, *mm*	m, *g*	D, *mm*	h, *mm*	m, *g*
1.	20	7,51	34,88	17,20	6,46	34,88
2.		7,52	34,92	17,12	6,43	34,92
3.		7,53	34,97	17,06	6,42	34,97
4.		7,51	34,88	17,02	6,39	34,88
5.		7,52	34,92	17,00	6,39	34,92
6.		7,53	34,97	17,00	6,40	34,97



1-rasm. Namunalarning yakuniy haroratga bog'lik ravishda (a) zichlanish darajasini va (b) qoldiq g'ovakligini o'zgarishi grafigi: *a* – 90% WC + 6% Co + 4%TiC; *b* – ВК6 (standart)



2-rasm. 90%WC+6%Co+4%TiC namunalarning mikrostrukturasi: (a) travitlanmagan va (b, c) travitlangan: 1 – volfram karbid; 2 – kobalt; 3 – qoldiq g'ovakliklar

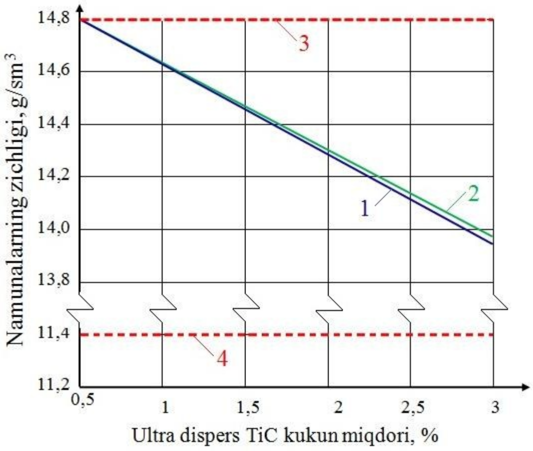


3-rasm. Travitlanmagan 90% WC + 6% Co + 4% TiC namunaning mikrostrukturasi: *1 – volfram karbid; 2 – kobalt*

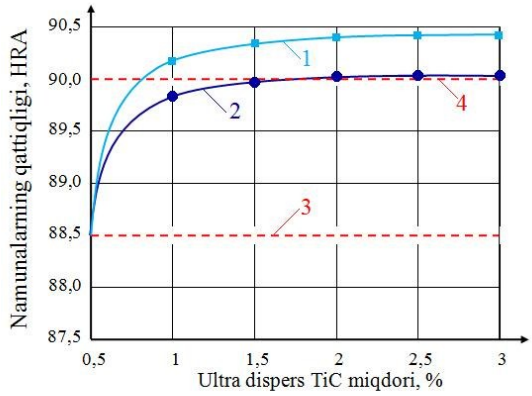
3-jadval

Tadqiqot namunalari tarkibidagi ultra dispers TiC kukun miqdori

№	d_{WC}, *mkm*	WC, *%*	Co, *%*	TiC, *%*	Presslash bosimi, *t/sm²*	Harorat, ºC	Pechdagi muhit
1.	2...2,5	93,5	6	0,5	5	1360 va 1380	Vakuum, $13{,}3 \cdot 10^{-6}$ Pa
2.		93		1			
3.		92,5		1,5			
4.		92		2			
5.		91,5		2,5			
6.		91		3			



4-rasm. Ultra dispers TiC kukun miqdorini namunalarning zichligiga ta'siri: 1 – 1360 ºC haroratda; 2 – 1380 ºC haroratda; 3 – BK6 (standart); 4 – T15K6 (standart)



5-rasm. Namunalarning qattiqligini ultra dispers TiC kukun miqdoriga bog'liq holda o'zgarish grafigi: *1* – 1380 ºC haroratda; *2* – 1360 ºC haroratda; *3* – BK6 (standart); *4* – T15K6 (standart)

Ultra dispers TiC kukun miqdorining namunalar qattiqligiga ta'sirini aniqlash. Buning uchun har bir turdagi namunalarni qattiqligini Rokvell usulida aniqlangan.

Aniqlangan natijalar bo'yicha namunalarning ultra dispers TiC kukun miqdoriga bog'liq ravishda qattiqligini o'zgarishining grafigi tuzilgan. Grafik *5-rasmda* keltirilgan.

Ultra dispers TiC kukun miqdorining namunalar qattiqligiga ta'sirini aniqlash bo'yicha o'tkazilgan tadqiqot natijalariga ko'ra 1360 ºC haroratda 20 *daqiqa* davomida yakunlovchi qizdirib pishirilgan namunalarning qattiqligi undagi ultra dispers TiC miqdoriga bog'lik ravishda 88,5 HRA dan 90,0 HRA gacha ortgan. 1380 ºC haroratda esa namunalarning qattiqligi 88,5 HRA dan 90,5 HRA gacha ortgan va bu ko'rsatkich standart VK6 markali qattiq qotishmalarning qattiqligidan 2 HRA ga yuqori bo'lsa, standart T15K6 markali qattiq qotishmalarning qattiqligidan 0,5 HRA ga yuqori. Ammo xar ikkala haroratlarda pishirilgan namunalarda xam tarkibidagi ultra dispers TiC kukun miqdori 2% dan oshishi ularning qattiqligi sezilarli ta'sir ko'rsatmagan. Fikrimizcha buning asosiy sabablaridan biri bog'lovchi kobaltning ultra dispers TiC zarrachalariga to'yinganidan.

Ultra dispers TiC kukun miqdorini namunalarining qattiqligiga ta'sirini tadqiq qilish bo'yicha olingan natijalar qattiq qotishmalarning mustahkamlik nazariyasiga to'liq mos keldi [5, 6].

Bibliografik ro'yxat:

1. Borisenko N.I. Instrumental mustahkam qotishmalar. O'quv qo'llanma. – Maskva. 2010 y. 62-65 betlar.

2. Parmonov S.T., Shakirov Sh.M., Sharipov K.A., Ubaydullayev M.M., Usmonov J.M. Qattiq qotishma kukunlarini presslash jarayoniga plastifikatorlar va ularning miqdorlarining ta'siri. «Kimyoviy texnologiyalar va nanotexnologiyalar – yuqori molekulyar birikmalar kimyosi hamda organik moddalar va kompozitsion materiallar yo'nalishidagiilmiy tadqiqotlar – muammolar va yechimlar» mavzusidagi V – xalqaro konferensiya-simpozium. 2021 y. – Toshkent. 156-158 betlar.

3. Parmonov S.T. Scientific basis of hard alloy powder separation, drying and pressing processes based on tungsten carbide. «Sanoat chiqindilari va mahalliy xomashyo asosidagi kompozit materiallar: tarkibi, xossalari va qo'llanilishi» mavzusidagi xalqaro ilmiy-texnik konferensiya. 2021-yil. – Toshkent. 198-200 betlar.

4. Parmonov S.T., Shakirov Sh.M.,Sharipov K.A., Xujaqulov N.B. Volfram karbidi asosidagi qattiq qotishmalarning va kukunlarning qizdirish jarayonida harorat va vaqtga bog'liqligining ilmiy asoslari. International Scientific Research Journal. – Indoneziya. 2021 y. № 9. 137-145 betlar.

5. Stepanchuk A.N., Bilqk I.I., Boyko P.A. Chang metallurgiya texnologiyasi. – Kiyev, 2011 y. 215-270 betlar.

6. Panov V.S., Chuvilin A.M. Pishgan qattiq qotishmalarning va ulardan tayyorlangan mahsulotlar texnologiyasi va xususiyatlari. – Maskva. MISIS. 2001 y. 53-145 betlar.

УДК 669.7:669.213

DOI:10.54073/GV.2022.2.89.021

ВЛИЯНИЕ НАНОЗОЛОТА НА ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РУД

Воробьев А.Е.,
профессор ФГБОУ ВО Грозненский государственный нефтяной университет им. академика М.Д. Миллионщикова, д.т.н.

Перегудов В.В.,
директор ТОО КРИЦ-НТК, Казахстан

Nanooltinni tabiiy va texnogen rudalardan ajratishning innovatsion texnologiyalari ochib berilgan. Mineral xomashyoda oltin nanozarrachalar mavjudligining asosiy shakllari tasvirlangan: tashuvchi minerallarning kristall tuzilishida (pirit, arsenopirit, kvarts va boshqalar), kristall strukturasidagi nuqsonlar (dislokatsiyalar, don chegaralari, egizak va fazalararo chegaralar), mikroyoriqlar, va yangi hosil bo'lgan minerallarning plyonkalari. Nano o'lchamdagi oltinning asosiy minerallari-konsentratlari kalsedon kvarts, albit, valensionit, mishyak pirit, arsenopirit, xalkopirit, markazit, temir oksidi, realgar, gil minerallari va boshqalar ekanligi ko'rsatilgan. Ikkilamchi oltin konlarida, ayniqsa gipergen bilan boyitish natijasida hosil bo'lgan ko'rinadigan va nanogoldlar asosan temir oksigidroksidlari bilan bog'liq. Ularning tarkibida nanogoldning kristall, mayda shimgichli, plyonkali, tomchisimon, emulsiya, g'ovak shakllari mavjud. Oltin nanozarrachalari mavjudligi aniqlangan oltin saqlovchi rudalarni boyitish texnologiyasini ishlab chiqishda ularning qo‘llanilayotgan texnologiya mohiyatiga va uning parametrlariga ta'sir etuvchi fizik-kimyoviy xossalarini, shuningdek, xususiyatlari.

Tayanch iboralar: *oltin rudalari, oltin nanozarralari, xossalari va xususiyatlari, qayta ishlash texnologiyalari, yo'qotishlarni kamaytirish.*

Раскрыты инновационные технологии выделения нанозолота из природных и техногенных руд. Описаны основные формы нахождения наночастиц золота в минеральном сырье: в кристаллической структуре минералов–носителей (пирите, арсенопирите, кварце и других), дефектах кристаллической структуры (дислокациях, границах зерен, двойниковых и межфазных границах), микротрещинах и пленках новообразованных минералов. Показано, что основными минералами-концентратами наноразмерного золота являются халцедоновидный кварц, альбит, валенсионит, мышьяковистый пирит, арсенопирит, халькопирит, марказит, оксиды железа, реальгар, глинистые минералы и др. Во вторичных золоторудных месторождениях, особенно образовавшихся за счет гипергенного обогащения, видимое и нанозолото в основном связаны с оксигидроксидами железа. В них встречается кристаллическая, мелкогубчатая, пленочно-листоватая, каплевидная, эмульсионная, пористая формы нанозолота. При разработке технологии обогащения золотосодержащих руд, в которых установлено наличие наночастиц золота, необходимо учитывать их физические и химические свойства, влияющие на сущность используемой технологии и её параметры, а также характеристики.

Ключевые слова: *золотосодержащие руды, наночастицы золота, свойства и характеристики, технологии переработки, снижение потерь.*

В настоящее время понятие «нано» в рудной минералогии и комплексной переработки природного и техногенного минерального сырья еще до конца не сформировано. При этом в разработку берутся тонкодисперсные руды, наночастицы которых становятся основным фактором в технологиях получения из них полезного компонента.

Вовлечение промышленных наноминералов в производство ведет к изменению понятия самого полезного компонента. Необходимо отметить, что наноразмерные технологии предполагают изучение и внедрение механизмов извлечения ценных компонентов уже на молекулярном, атомарном и электронном уровнях.

Нанозолото (размер частиц, которого, меньше 1 *нм*) является важной составной и переменной частью тонкодисперсного (меньше 10 *мкм*) золота и зачастую относится к связанному его типу [1-8]. Для него были установлены следующие формы нахождения в минеральном сырье: в кристаллической структуре минералов–носителей (пирите, арсенопирите, кварце и других), дефектах кристаллической структуры (дислокациях, границах зерен, двойниковых и межфазных границах), микротрещинах и пленках новообразованных минералов [9, 10].

По данным многочисленных аналитических исследований количество нанозолота, содержащегося в сульфидных, арсенидных и др. рудных минералах, может быть весьма значительным, достигая содержаний 2-5 *г/т* для всей массы золотосодержащей руды [11].

Основными минералами-концентратами наноразмерного золота являются халцедоновидный кварц, альбит, валенсионит, мышьяковистый пирит, арсенопирит, халькопирит, марказит, оксиды железа, реальгар, глинистые минералы и др. В первичных рудах, сформированных за счет гидротермальной активности, наиболее высокие содержания нанозолота, как правило, ассоциированы с сульфидными минералами. Так, например, весьма высокие содержания нанозолота были установлены в мышьяковистом пирите следующих золоторудных месторождений [11]: Фэйрвью (ЮАР) − 1400 *г/т* Au; Карлин (США) − 4000 *г/т* Au; Гетчелл (США) − 2400 *г/т* Au. В Казахстане, на золоторудном месторождении Бакырчик, также превалируют нано- и субмикроскопические пыле- и амебовидные выделения золота в пирите и арсенопирите [12].

Во вторичных золоторудных месторождениях, особенно образовавшихся за счет гипергенного обогащения, видимое и нанозолото в основном связаны с оксигидроксидами железа. В них встречается кристаллическая, мелкогубчатая, пленочно-листоватая, каплевидная, эмульсионная, пористая формы (*рис. 1*) нанозолота.

В настоящее время большинство специалистов сходятся на том, что основные потери при промышленной добыче золота связаны с его микроскопическими и наноразмерными фракциями. Поэтому целесообразно изучить как их распределение в различных золотосодержащих рудах (*рис. 2*), так и возникшие физико-химические особенности.

Физико-химические свойства наночастиц золота зависят, с одной стороны, от их геометрических характеристик (формы, размера и площади поверхности), а с другой, – от особенностей структурной организации, которые определяются числом образующих их атомов.

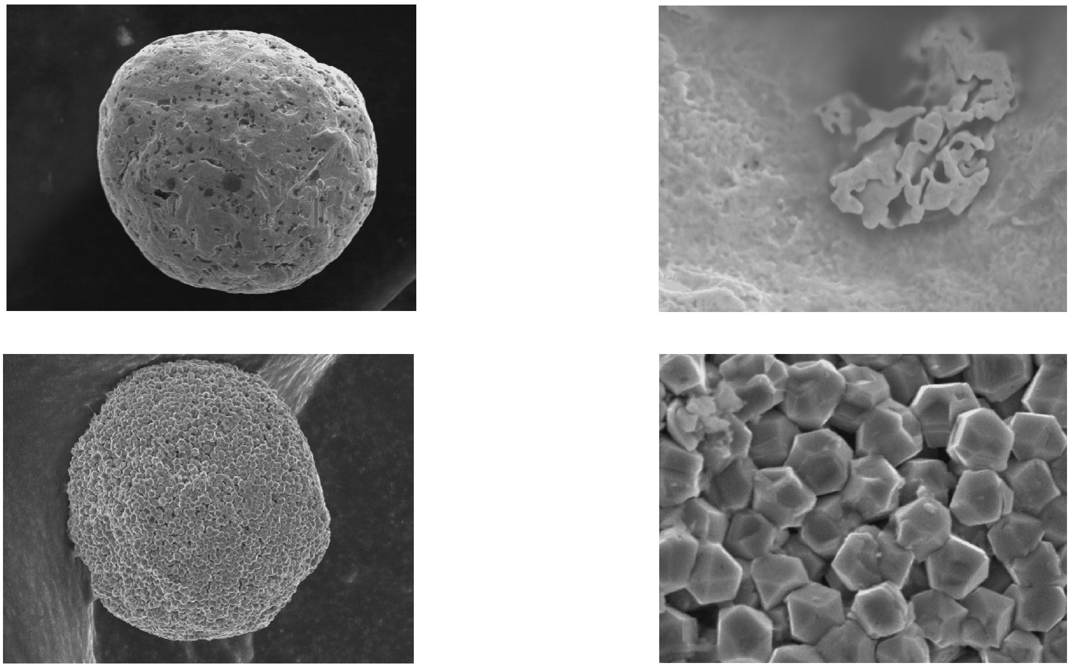


Рис. 1. Различные формы нахождения нанозолота [13]

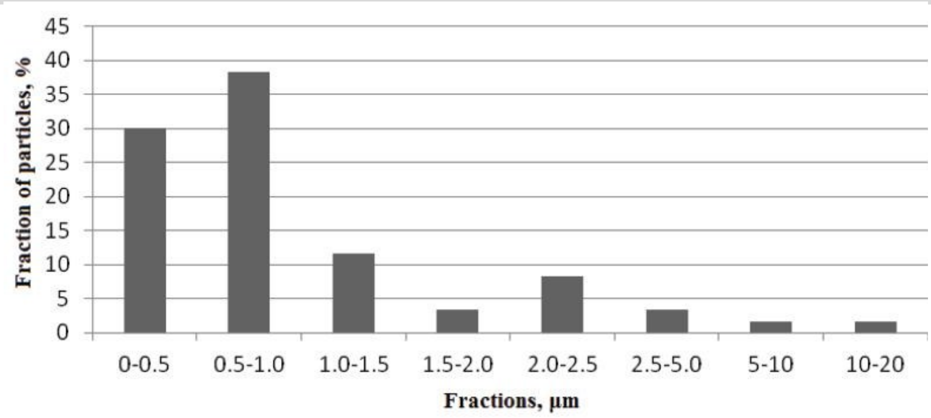


Рис. 2. Распределение наночастиц золота по размерам в рудах Урупского медно-пиритового месторождения [14]

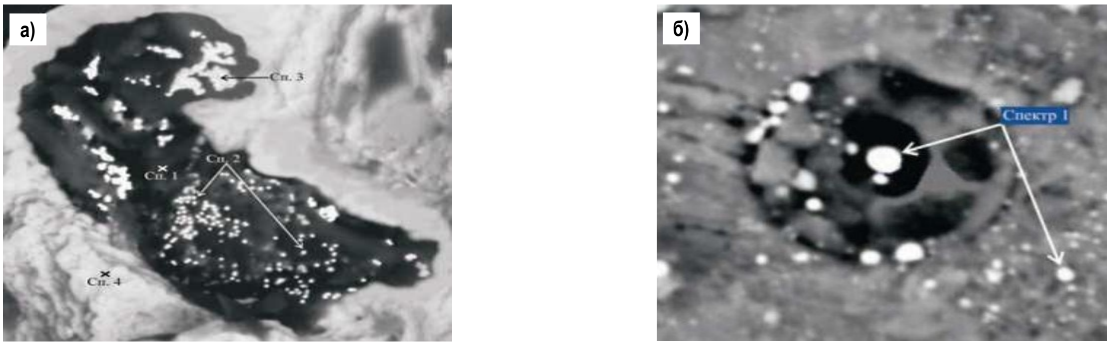


Рис. 3. а) Валенсианит (Сп,1), содержащий фаялит, сфероиды электрума (Сп, 2) и кластеры электрума (Сп, 3), замещается самородным золотом (Сп, 4), ув. х3000; наноминералы в самородном железе: б) сфероидальное нанозолото внутри многослойного углеродного фуллерита и на поверхности самородного железа (Сп. 1), ув. х7000 [11]

Так, размер, форма и состав наночастиц золота обусловливает их физико-химические характеристики (растворимость, плотность, твердость, прочность, удельную проводимость, электрокинетический потенциал, дзета-потенциал, электрический заряд, температуру плавления и т.д.), что определяет их поведение в процессах извлечения на обогатительных фабриках.

В частности, при обогащении золотосодержащих руд необходимо учитывать, что наночастицы золота обладают особыми физическими и химическими свойствами, прямо зависящими от их размера, формы и диэлектрического окружения.

Так, экспериментально было установлено, что частицы золота наноразмерного уровня довольно сильно отличаются от макроскопического золота своими механическими, химическими, электрическими, магнитными и другими свойствами.

В частности, макроскопическое золото – типичный диамагнетик, а его наночастицы размером 1,9 *нм* проявляют явно выраженные ферромагнитные свойства [11]. Короткие золотые нанопроводники, насыщенные кислородом, проводят электрический ток, а более длинные нанопроводы часто превращаются в изоляторы.

К тому же наночастицы золота анизотропной формы обладают уникальными оптическими и электронными свойствами, обусловленными возникновением при их обработке локализованного поверхностного плазмонного резонанса.

Так, анизотропные наночастицы золота (вследствие своего несферического строения) имеют 2 максимума поглощения: около 520 *нм* и в интервале 700–900 *нм* (в зависимости от соотношения их геометрических параметров). Кроме того, золото в состоянии наноразмерных частиц резко меняет свои химические свойства и легко окисляется на воздухе [13].

Кроме того, довольно большая кривизна поверхности наночастиц и изменение топологии связи атомов на поверхности приводят к изменению их химических потенциалов. Вследствие этого существенно изменяется растворимость, реакционная и каталитическая способность наночастиц и их компонентов.

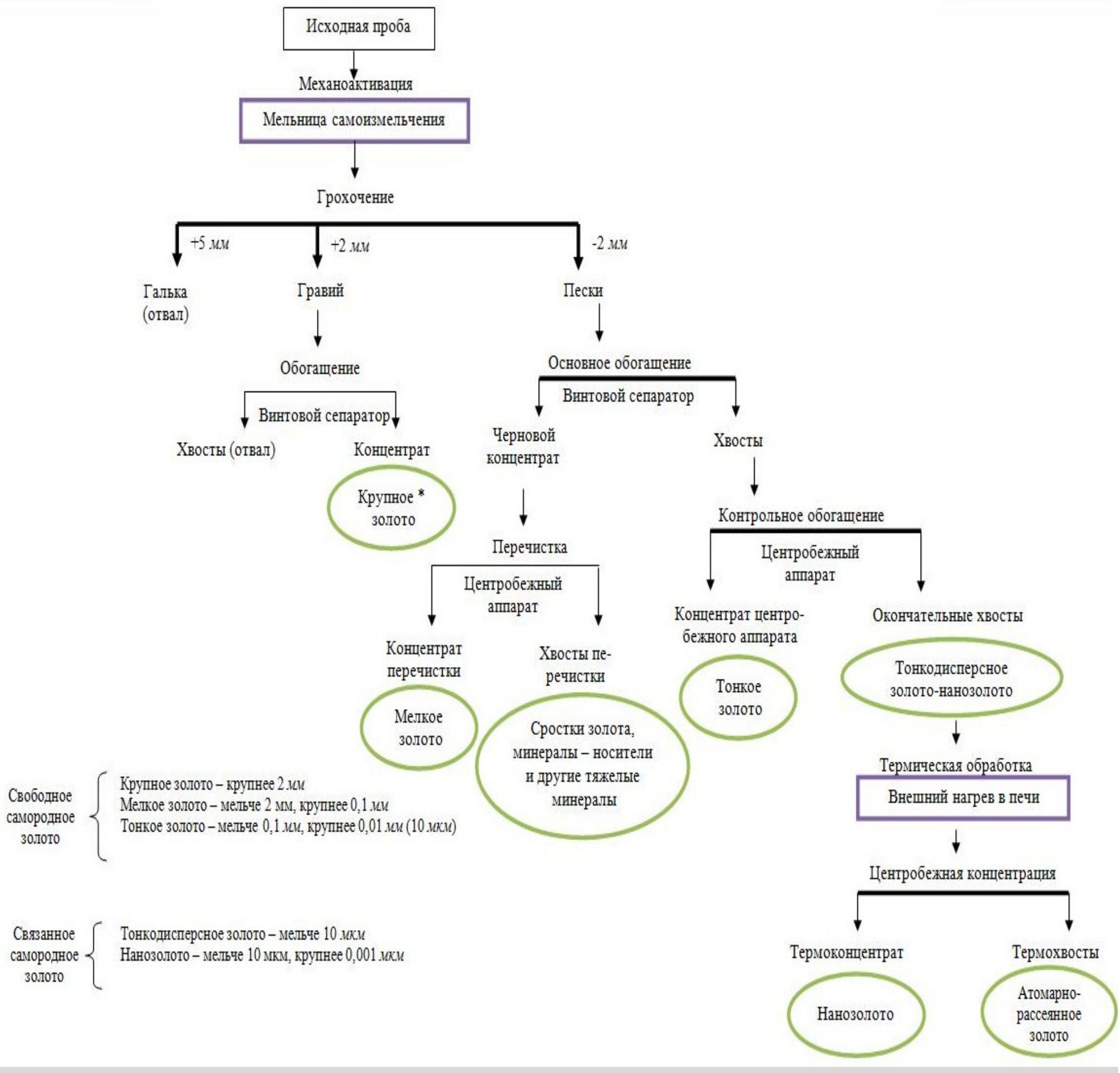


Рис. 4. Принципиальная технологическая схема обработки проб на золото

Рис. 5. Установка Carla по обработке геологических проб: 1 – мельница самоизмельчения; 2 – винтовой сепаратор; 3 – центробежные чашевые аппараты

Для того, чтобы обеспечить эффективное промышленное извлечение нанозолота из золотосодержащих руд, необходимо установить и оценить его содержание и параметры в различных золотосодержащих пробах.

Нанозолото в золотосодержащих рудах распределено крайне неравномерно и для объективной оценки его содержания в минеральном сырье используется специальная технология. Кроме того, из многочисленных новых данных следует, что каждая отдельная наноразмерная золотинка крайне неоднородна по своему составу и формам нахождения, и несет прежние следы весьма длительного образования (*рис. 3*), что также сказывается на уровне их извлечения.

Для повышения эффективности извлечения нанозолота из руд предлагается обработку материала золотосодержащей пробы проводить в четко регламентированной последовательности с выделением в отдельные продукты всех золотин разной размерности от крупного (+0,25 *мм*), мелкого (-0,25+0,10 *мм*), тонкого (-0,10+0,01 *мм* (10 *мкм*)) и тонкодисперсного (-10 *мкм* -0,001 *мм* (1 *нм*)) (*рис. 4*).

Разделение золотоконцентратов по крупности золотин и золотинок достигается комбинацией аппаратов, работающих в режиме пассивных (винтовой сепаратор, отсадка, гидроциклон) и интенсивных (центробежные аппараты) гравитационных полей (*рис. 5*).

Технологическая схема установки Carla была разработана Перегудовым В.В, собрана в модульном исполнении из отдельных аппаратов и модулей, которые в зависимости от разрешаемых задач могут меняться местами и т.п.

Технологическая схема цепи аппаратов является опытно-лабораторной моделью промышленных установок, которые доукомплектовываются в промышленном варианте гидрометаллургическими установками интенсивного выщелачивания золота из гравиоконцентратов.

В результате по каждой пробе получают в отдельных концентратах центробежных аппаратов разноразмерное свободное самородное золото с размером зерен золотин от 10 *мк* (при извлечении более 90%), в хвостах перечистки винтового сепаратора сосредоточено самородное золото в его минералах – носителях (пирите, арсенопирите, кварце и других, т.е. в богатых рудных микросростках). В окончательных хвостах находится главным образом тонкодисперсное золото (нанозолото).

Таким образом, отличительной особенностью такой технологической схемы является:

– в обработку поступает весь геоматериал пробы без всяких сокращений (в том числе валунно-галечный), проходящий предварительную механическую обработку в мельнице самоизмельчения;

– после механической обработки мокрого грохочения выделяется песковая фракция (-2+0 *мм*), которая проходит двухстадиальное обогащение сначала (основное) на вибровинтовом сепараторе, а затем (контрольное) на виброцентробежных аппаратах, что позволяет выделить и более и менее равномерно распределить по продуктам обогащения свободное (крупное, мелкое и тонкое) и связанное (тонкодисперсное) самородное золото;

– количественное определение и изучение свободного самородного золота в продуктах обогащения предварительно обработанного в мельнице самоизмельчения производится минералогическим, химическим и гидрометаллургическим анализами с применением рентгеновской дифрактометрии, оптической и электронной микроскопии, микрозондовых рентгено-спектральных анализов состава отдельных зерен минералов и т.п.;

– количественное определение тонкодисперсного золота в окончательных хвостах обогащения производится с предварительным их нагревом (термическая обработка). За счет внешнего нагрева происходит укрупнение нанометровой размерности зерен самородного золота до микронной, гравитируемой. При этом необходимо отметить, что значение температуры плавления макроскопического золота составляет 1064 ^{0}С, а наночастицы золота размером 2,2 *нм* расплавляются всего лишь при 126 ^{0}С [13], что также должно находить реальное отражение в технологических схемах переработки золотосодержащих руд.

Последующее обогащение термически обработанного материала на центробежных аппаратах и анализ продуктов обогащения позволяет методами сцинтилляционной спектрометрии, химического, нейтронно–активационного и гидрометаллургического анализов определить его количество. Все исследования сопровождаются оптической и электронной микроскопией.

Библиографический список:

1. Воробьев А.Е., Верчеба А.А., Трабелсси С. Основные наноформы золота месторождений и техногенного минерального сырья // Разведка и охрана недр, 2015. – № 4. – С. 21-25.

2. Воробьев А.Е., Гладуш А.Д. Наноинженерия топливно-энергетического комплекса. – Т. 2. Наноассоциаты пород и наноминералы. – М.: РУДН, 2019. – 411 с.

3. Воробьев А.Е., Насыров У.Ф., Ибрагимов Р.Р., Трабелсси С., Холикулов Д.Б. Выявленные наноформы золота в геогенном и техногенном минеральном сырье // Горный вестник Узбекистана. – №2 (61), 2015. – С. 18-27.

4. Воробьев А.Е., Трабелсси С. Виды наноформ золота, в геогенном и техногенном минеральном сырье // Горный журнал Казахстана. – №2, 2015. –С. 18-21.

5. Воробьев А.Е., Тчаро Х. Сравнительный анализ свойств норельефа различных золотосодержащих сульфидов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. – № 1, 2016. – С. 78-84.

6. Воробьев А.Е., Шамшиев О.Ш., Маралбаев А.О. Типизация наноформ золота в геогенном и техногенном минеральном сырье. Научно-образовательный и производственный журнал «Инженер». – Бишкек, 2015. – С. 69-83.

7. Перегудов В.В., Шаутенов М.Р. Золотая минерализация Казахстана. Алматы: КазНИТУ им. К.И. Сатпаева, 2018. – 413 с.
8. Санакулов К.С., Хван А.Б. Нанозолото и возможности его извлечения // Горный вестник Узбекистана. – № 1 (76), 2019. – С. 96-102.
9. Осовецкий Б.М. Новое золото. Пермь. Пермский государственный национальный исследовательский университет. 2016. – С. 1-16.
10. Осовецкий Б.М. Природное нанозолото. – Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2013. – 176 с.
11. Моисеенко В.Г., Дементиенко А.И. Ресурсы наноразмерного золота в минеральном сырье. Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии: Вторая Всерос. науч. конф.: сб. докладов. – Благовещенск: ИГиП ДВО РАН, 2012.
12. Зимановская Н.А. Нанозолото в углеродисто-золотосульфидных рудах месторождения Бакырчик // Вестник ВКГТУ. – № 1, 2014. – С. 3-6.
13. Жмодик С.М., Калинин Ю.А., Росляков Н.А. и др. Наночастицы благородных металлов в зоне гипергенеза. Геология рудных месторождений. Т. 54, № 2, 2012. – С. 168-183.
14. Amdur A.M., Fedorov S.A., Matushkina A.N. Gold allocation forms in sulfide ore and products of their processing enrichment. IV Congress «Fundamental research and applied developing of recycling and utilization processes of technogenic formations». – Vol. 2020.

"GORNIY VESTNIK UZBEKISTANA", 2022, № 2(89) pp.95-99

INFLUENCE OF NANO-GOLD ON THE TECHNOLOGIES OF ENRICHMENT OF GOLD-CONTAINING NATURAL AND MAN-MADE ORES

[1]**Vorobyov A.E.,** *Professor, Doctor of Technical Sciences, fogel_al@mail.ru.*
[2]**Peregudov V.V.,** *Director.*

[1]***Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Grozny State Petroleum Technical University named after Academician M.D. Millionshchikov, RF.***
[2]***KRITS-NTK LLP, Kazakhstan.***

Innovative technologies of nanogold extraction from natural and anthropogenic ores are revealed. The main forms of gold nanoparticles in minerals are described: in the crystal structure of carrier minerals (pyrite, arsenopyrite, quartz and others), defects in the crystal structure (dislocations, grain boundaries, twin and interphase boundaries), microcracks and films of newly formed minerals. It is demonstrated that the main minerals-concentrates of nanosized gold are chalcedonic quartz, albite, valencionite, arsenic pyrite, arsenopyrite, chalcopyrite, marcasite, iron oxides, realgar, clay minerals, etc. In secondary gold deposits, especially those formed due to hypergenic beneficiation, visible and nanogold are mainly related to iron oxyhydroxides. They contain crystalline, finely spongy, film-sheet, droplet, emulsion, and porous forms of nanogold. When developing the technology of enrichment of gold ores containing gold nanoparticles, it is necessary to take into account their physical and chemical properties, which influence the nature of the used technology and its parameters, as well as its characteristics.
***Keywords**: gold ores, gold nanoparticles, properties and characteristics, processing technology, reducing losses.*

Bibliographic list:

1. Vorobyov A.E., Vercheba A.A., Trabelssi S. Main nanoforms of gold deposits and technogenic mineral raw materials. Razvedka i okhrana nedr, 2015. – No. 4, pp. 21-25.
2. Vorobyov A.E., Gladush A.D. Nanoengineering of the fuel and energy complex. – Vol. 2. Nanoassociates of rocks and nanominerals. – M.: RUDN University, 2019. – 411 p.
3. Vorobyov A.E., Nasyrov U.F., Ibragimov R.R., Trabelssi S., Kholikulov D.B. Revealed nanoforms of gold in geogenic and technogenic mineral raw materials. Gornyy vestnik Uzbekistana. – No. 2 (61), 2015, pp. 18-27.
4. Vorobyov A.E., Trabelssi S. Types of gold nanoforms in geogenic and technogenic mineral raw materials. Gornyy zhurnal Kazakhstana. – №2, 2015, pp. 18-21.
5. Vorobyov A.E, Tcharo H. Comparative analysis of the properties of the nanorelief of various gold-bearing sulfides. Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Engineering Research. – No. 1, 2016, pp. 78-84.
6. Vorobyov A.E., Shamshiev O.Sh., Maralbaev A.O. Typification of gold nanoforms in geogenic and technogenic mineral raw materials. Scientific, educational and production magazine "Engineer". – Bishkek, 2015, pp. 69-83.
7. Peregudov V.V., Shautenov M.R. Gold mineralization of Kazakhstan. Almaty: KazNRTU named after Satpayev K.I., 2018. – 413 p.
8. Sanakulov K.S., Khvan A.B. Nanogold and the possibility of its extraction. Gornyy vestnik Uzbekistana. – No. 1 (76), 2019, pp. 96-102.
9. Osovetsky B.M. New gold. Permian. Perm State National Research University. 2016, pp. 1-16.
10. Osovetsky B.M. Natural nanogold. Permian. Perm State National Research University. 2013. – 176 p.
11. Moiseenko V.G., Dementienko A.I. Resources of nanosized gold in mineral raw materials. Issues of geology and integrated development of natural resources of East Asia: Second All-Russian. scientific conf.: Sat. reports. – Blagoveshchensk: IGiP FEB RAN, 2012.
12. Zimanovskaya N.A. Nanogold in carbonaceous-gold-sulfide ores of the Bakyrchik deposit. Bulletin of the EKSTU. – No. 1, 2014, pp. 3-6.
13. Zhmodik S.M., Kalinin Yu.A., Roslyakov N.A. Noble metal nanoparticles in the hypergenesis zone. Geology of ore deposits. – Vol. 54. – No. 2, 2012, pp. 168–183.
14. Amdur A.M., Fedorov S.A., Matushkina A.N. Gold allocation forms in sulfide ore and products of their processing enrichment. IV Congress "Fundamental research and applied developing of recycling and utilization processes of technogenic formations". – Vol. 2020.

УДК 678.743.21
DOI:10.54073/GV.2022.2.89.022

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАСТИФИКАЦИИ ПОЛИВИНИЛФТОРИДА С ПОЛИЭТИЛЕНОМ




Фахриддинова Ш.Б.,
студент кафедры
«Методика преподавания химии»,
НГПИ

Ибрагимов А.А.,
магистрант кафедры
«Методика преподавания химии»,
НГПИ

Сирожова М.М.,
магистрант кафедры
«Методика преподавания химии»,
НГПИ

Олимов М.Г.,
магистрант кафедры
«Методика преподавания химии»,
НГПИ

Maqolada polivinilftoridni polietilen bilan kompozitsiyasini olinishi hamda kompozitsiyaning termomexanik, termik, dielektrik va fizik-mexanik xossalarini o'rganish natijalari keltirilgan. Kompozisiyada PE miqdorini ortishi bilan PVF ni shishalanish va suyuqlanish temperaturalarini pasayishi aniqlangan. PVF : PE bilan kompozitsiyasi-ning termik barqarorligi potensiometrik va derivatografik usullar yordamida o'rganilgan va PVF tarkibida PE miqdorini ortishi bilan PVF ni termik barqarorligi ortishi ko'rsatilgan.

Bundan tashqari PVF kompozitsiyasining dielektrik va fizik-mexanik xossalarini ham o'rganish natijalari ham keltirilgan. Kompozitsiya tarkibida PE ni ortishi bilan kompozitsiyaning dielektrik xossalari, uzilishdagi nisbiy cho'ziluvchanlikni ortishi, ammo uzilishdagi mustahkamlikni kamayishi asoslangan.

Tayanch iboralar: *polivinilftorid, plastifikatsiya, polietilen, suyuqlanish temperaturasi, shishslanish temperaturasi, degidroftorlanish, destruksiya, kompozitsiya, derivatografiya, mexanik xossalari, uzilishdagi mustahkamlik.*

В статье приводятся результаты работ по разработке композиций на основе поливинилфторида (ПВФ) с полиэтиленом (ПЭ) и исследования их термомеханических, термических, диэлектрических и физико-механических свойств. Определено, что с увеличением содержания полиэтилена, в составе ПВФ снижается температура плавления и стеклования ПВФ. Исследована термостабильность композиций ПВФ : ПЭ методами потенциометрии и дериватографии. Установлено, что с увеличением содержания полиэтилена в составе ПВФ возрастает термостабильность.

Также исследованы диэлектрические и физико-механические свойства композиций ПВФ с ПЭ. Обосновано, что с увеличением содержания ПЭ в составе композиции возрастают диэлектрические свойства, происходит удлинение при разрыве, но прочность при разрыве снижается.

Ключевые слова: *поливинилфторид, пластификация, полиэтилен, температура плавления, температура стеклования, дегидрофторирование, деструкция, композиция, дериватография, механические свойства, прочность при разрыве.*

Среди многочисленных синтетических полимеров для разработки полимерных композиций особое место занимает поливинилфторид (ПВФ). Уникальные свойства, такие, как высокая термо- и химостойкость, прочность, свето- и атмосферостойкость определяют его широкое применение во многих отраслях народного хозяйства в качестве конструкционных материалов, пленок, волокон, покрытий и т.п.

Известно, что для пластификации ПВФ, в основном, используются низкомолекулярные соединения [1-5]. Они не удовлетворяют требованиям предъявляемым пластификатором из-за экстрагируемости, летучести и миграции при эксплуатации, так как приводят к ухудшению физико-химических, механических и диэлектрических свойств полимерных материалов. Поэтому, в последние годы, большое значение придается олигомерным и высокомолекулярным пластификаторам.

Благодаря высокой атмосферостойкости ПВФ, создание материалов и изделий на его основе, эксплуатируемых в жарких тропических условиях, приобретает большое экономическое значение. Однако, с указанными ценными свойствами, поливинилфторид характеризуется трудной перерабатываемостью, связанной со сравнительно высокой вязкостью расплава, а также близостью температур плавления и разложения, что исключает возможность формования изделий из поливинилфторида традиционными способами.

Устранение указанных недостатков может быть достигнуто путем модификаций ПВФ химическими и физическими способами, а именно, путем введения в макромолекулярные цепи ПВФ звеньев других мономеров и созданием композиций ПВФ с различными ингредиентами, такими как термостабилизаторы, пластификаторы, а также, со смесью полимеров.

В данной работе, приводятся результаты исследований разработанных композиций на основе ПВФ с полиэтиленом (ПЭ) и их некоторых свойств.

ПВФ синтезировали водно-суспензионной полимеризацией винилфторида при 30 ^{0}C в присутствии суспендирующего агента ОП-10, инициированным диизопропилпероксидикарбонатом [6]. Молекулярная масса синтезированного ПВФ составляла 474000.

В качестве пластификатора использовали олигомер полиэтилена Шуртанского ГХК.

Композиции ПВФ с пластификаторами приготовили по методике [7]. Термомеханические испытания ПВФ и его композиций в виде таблеток проводили на динамометрических весах Каргина [8]. в интервале температур от 173 до 523 *К* при постоянной нагрузке $0{,}7 \cdot 10^6$ *Па* и равномерном подъеме температуры со скоростью 2 *град/мин*. Диэлектрические свойства образцов в виде пленок толщиной $1{,}81 \cdot 10^{-4}$ *м* исследовали при помощи моста переменного тока Р-589 и измерителя добротности ВМ - 560 в интервале температур от 100 ^{0}C до 150 ^{0}C со скоростью нагрева 2,0 *град/мин* [9]. Механические свойства пленок определяли на разрывной машине марки FP-10 [10]. Скорость хода растягивающего устройства составляла 5 *мм/мин*. Размер исследуемого образца $6\ 10^{-2}$x10^{-2} *м* с толщиной $1{,}8\ 10^{-3}$ *м*.

Пластификация поливинилфторида с многотоннажными высокомолекулярными полимерами, а именно, полиэтиленом, позволяет заметно улучшить ряд технологических свойств поливинилфторида, снижает температуру плавления, температуру текучести ПВФ, химическую стойкость композиций ПВФ и удельные энергозатраты в процессе переработки.

В *табл. 1* представлены результаты термомеханических испытаний композиций ПВФ с ПЭ.

Анализ термомеханических данных показывает, что с увеличением количества ПЭ$T_{стек.}$ и $T_{пл.}$ ПВФ снижается. Следует заметить, что в отличие от низкомолекулярных пластификаторов, ПЭ мало снижает температуру стеклования, а значит, мало изменяет сегментальные движения полимера, но значительно снижает $T_{пл.}$ полимера.

Таким образом, результаты термомеханических свойств систем ПВФ-ПЭ показывают, что ПЭ снижает температуру плавления от 206 ^{0}С до 169 ^{0}С, что способствует переработке полимера из расплава бездеструктивных процессов.

Нами были исследованы термические и термоокислительные процессы дегидрофторирования смеси ПВФ-ПЭ в среде азота и на воздухе потенциометрическим методом ионселективным электродом, результаты которых представлены в *табл. 2.*

Как видно из результатов исследований (*табл. 2*), с увеличением содержания полиэтилена в композициях ПВФ скорость деструкции полимера снижается. Это, по-видимому, обусловлено тем, что введение ПЭ в межмолекулярные пространства макромолекул ПВФ ослабляет межмолекулярное взаимодействие макромолекул полимера, которое приводит к возрастанию сегментальных движений и одновременному снижению температуры плавления полимера.

С возрастанием температуры скорость дегидрофторирования смеси полимера возрастает. Очевидно, это обусловлено тем, что с возрастанием температуры в присутствии кислорода воздуха образуются гидропероксиды, которые в дальнейшем разлагаются. Продукты разложения гидропероксидов могут участвовать при инициировании термодеструкции ПВФ.

Сравнение кинетических данных дегидрофторирования смеси ПВФ-ПЭ в инертной среде и на воздухе показывает, что в инертной среде процесс протекает медленее, чем на воздухе.

Также, термостабильность композиций исследована методом дифференциального термического анализа. На *рис. 1* представлены кинетические кривые ДТГА исходного ПВФ и его композиций с полиэтиленом. На кинетических кривых ДТГА видно, что температура начала разложения полимера возрастает, результаты которых представлены в *табл. 3* и на *рис. 1.* Например, введение в состав ПВФ 5,0; 10,0; и 20,0 масс.*%* полиэтилена температура начала разложения составляет 300 ^{0}С, 340 ^{0}*С* и 360 ^{0}С, соответственно. Температура начала разложения для исходного ПВФ, составляет 225 ^{0}С. Это по видимому, по всей вероятности, связано с ослаблением внутри- и межмолекулярного взаимодействия, что приводит к снижению температуры плавления ПВФ (*табл. 3*).

Таким образом, использование смеси ПВФ-ПЭ создает благоприятные условия для переработки композиций из расплава без деструктивных процессов.

Одним из важных характеристик фторсодержащих полимеров и композиций на их основе являются высокие показатели электроизоляционных свойств.

В этой связи нами изучена зависимость тангенса угла диэлектрических потерь tgδ при 10^6 Гц от концентраций ПЭ, результаты которых представлены в *табл. 3.*

Из результатов исследований видно (*табл. 3*), что с увеличением содержания ПЭ значения tgδ снижаются. Например, введение в состав ПВФ 5,0; 10,0; 20,0 и 40,0 *масс. %* полиэтилена значения тангенса угла диэлектрических потерь (tgδ) при 10^6 *Гц* составляют 0,0603; 0,0572; 0,0511 и 0,0391. Для исходного ПВФ это значение составляет 0,0633. Это обусловлено низким значением tgδ полиэтилена, которое приводит к повышению диэлектрических показателей.

Полученные данные указывают на то, что композиции ПВФ с полиэтиленом с успехом могут быть использованы в качестве электроизоляционных материалов.

Также исследованы механические свойства композиций ПВФ с полиэтиленом. Механические характеристики модифицированного

Таблица 1

Влияние содержания полиэтилена на температурные переходы

Композиция ПВФ	$T_{стек.}$, ^{0}С	$T_{пл.}$, ^{0}С
ПВФ (исх.)	43	206
ПВФ+5,0 масс. % ПЭ	41	202
ПВФ+10,0 масс. % ПЭ	37	193
ПВФ+20,0 масс. % ПЭ	30	183
ПВФ+30,0 масс. % ПЭ	24	169

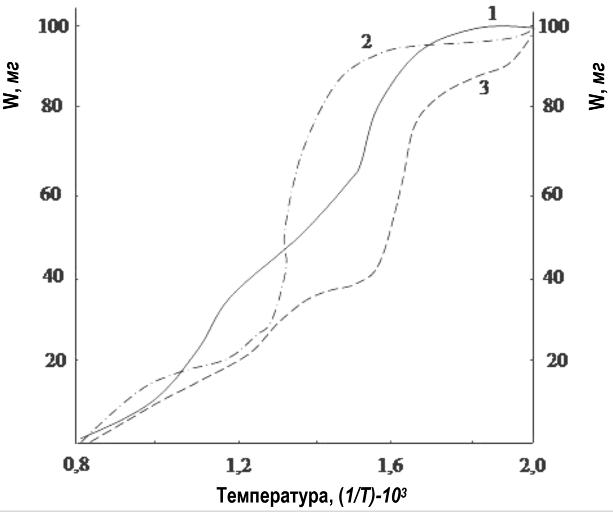


Рис. 1. Кривые ДТГА термоокислительной деструкции композиций ПВФ с полиэтиленом. Содержание ПЭ, в масс. %: 1 – 5,0; 2 – 20,0; 3 – исх. ПВФ

Таблица 2

Влияние концентрации полиэтилена на термическую и термоокислительную деструкцию поливинилфторида

Композиция ПВФ	V_{HF} •10^6 *моль* HF/*моль* ПВФ с на воздухе			V_{HF} •10^6 *моль* HF/*моль* ПВФ с в азотной среде		
	170 ^{0}С	180 ^{0}С	190 ^{0}С	170 ^{0}С	180 ^{0}С	190 ^{0}С
ПВФ (исх.)	4,30	14,70	27,10	2,60	6,20	19,4
ПВФ+1 масс.% ПЭ	4,10	10,29	15,70	2,20	4,76	9,20
ПВФ+5 масс.% ПЭ	3,82	7,24	9,42	1,83	3,32	6,13
ПВФ+10 масс.% ПЭ	2,71	5,83	7,83	1,26	2,72	5,24
ПВФ+20 масс.% ПЭ	1,92	3,96	4,76	0,64	1,38	2,17

Таблица 3

Физико-механические, диэлектрические и термические характеристики композиции поливинилфторида с полиэтиленом

Образцы	Содержание ПЭ, в масс. %	tgδ при 10^6 *Гц*	Прочность на разрыв, *МПа*	Удлинение при разрыве, %	$T_{нр}$., К	$T_{пл}$, К
ПВФ (исх.)	0	0,0633	38,4	60,0	225	220
ПВФ+ПЭ	1,0	0,0627	38,1	64,2	–	–
ПВФ+ПЭ	5,0	0,0603	35,0	72,1	300	200
ПВФ+ПЭ	10,0	0,0572	32,2	81,6	340	195
ПВФ+ПЭ	20,0	0,0511	30,1	95,2	363	180
ПВФ+ПЭ	40,0	0,0391	22,1	138,5	390	160

ПВФ полиэтиленом при его различных содержаниях исследовали на пленках, результаты которых представлены в *табл. 3*. Как видно из представленных результатов, с увеличением содержания ПЭ разрывная прочность снижается и одновременно возрастает относительное удлинение при разрыве полимера. Эти факты свидетельствуют в пользу ранее высказанного предположения о том, что введение в состав ПВФ полиэтилена ослабляет внутрь и межмолекулярное взаимодействия макромолекул, выполняя функцию высокомолекулярного пластификатора.

Исходя из выше изложенного, можно сказать, что композиции ПВФ с ПЭ отличаются не только высокими показателями диэлектрических свойств, а также хорошей технологичностью, которые открывают широкие перспективы по их переработке традиционными способами.

Благодарим руководителя проекта профессора кафедры «Химическая технология» НГГИ, д.х.н. Мухиддинова Б.Ф. за помощь и поддержку.

Библиографический список:

1. Гафуров А.Х., Мухиддинов Б.Ф., Асамов М.К., Никольский В.Г., Филлипов В.В. Исследование молекулярной подвижности в пластифицированном ПВФ методами радиотермолюминесценции и термомеханики. Высокомолекулярные соединения. – Т. 26 Б, № 9. 1984. – С. 673-675.

2. Гафуров А.Х., Мухиддинов Б.Ф., Асамов М.К. Влияние пластификации на температурно-релаксационные процессы в поливинилфториде. Известия ВУЗов. Химия и химическая технология. – Иваново: ИГХТУ, 1989. – Т. 32, № 1. – С. 78-80.

3. Мухиддинов Б.Ф., Аловитдинов А.Б., Гафуров А.Х. Пластификация поливинилфторида фосфорсодержащими соединениями. Пластические массы. № 6. – М.: «Издательский дом Пластмассы», 1989. – С. 65-66.

4. Гафуров А.Х., Мухиддинов Б.Ф., Ахраева М.Х., Асамов М.К. Химическая стойкость пластифицированного поливинилфторида. Пластические массы. № 10. – М.: «Издательский дом Пластмассы», 1987. – С. 31-32.

5. Мухиддинов Б.Ф., Собиров Б.Б., Вапаев Х.М. Термостабилизация композиций пластифицированного поливинилфторида. Композиционные материалы, 2002. – № 4. – С.12-14.

6. Гафуров А.Х., Исамухаммедов С.И., Эшчанов Р.А. Новые достижения в области полимеризации и сополимеризации винилфторида. В сб. Синтез новых фторполимеров. Под редакцией Юльчибаева А.А. – Ташкент: ТашГУ, 1981. – С. 16.

7. Мухиддинов Б.Ф. Разработка и исследование свойств композиционных материалов на основе поливинилфторида и технология их получения. Дис. на соис. уч. степ. докт. хим. наук. – Ташкент, 2000 г. – 47 с.

8. Каргин В.А., Соголова Т.Н. К вопросу трех физических состояний аморфно-жидких линейных полимеров. ЖФХ, 1949. – Т. 23. – № 5. – С. 530-540.

9. ГОСТ 22372-77. Методы определения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь в диапазоне частот от 100 до 5·10 Гц. Справочное приложение. – Москва: Стандартинформ. – 17 с.

10. ГОСТ 11262- 2017. Межгосударственный стандарт. Пластмассы: Метод испытания на растяжение. – Москва: Стандартинформ. 2018 г.

УДК 546.682

DOI:10.54073/GV.2022.2.89.023

ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ ИНДИЯ ИЗ ОБОРОТНЫХ РАСТВОРОВ




Каршибоев Ш.Б.,
старший преподаватель кафедры «Металлургия» Алмалыкского филиала ТГТУ им. И. Каримова

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

Мирзанова З.А.,
начальник лаборатории научно-технологического центра АО «Алмалыкский ГМК»

Рахимжонов З.Б.,
начальник отделения лаборатории нанотехнологий, композитных и перспективных материалов НТЦ НПО АО «Алмалыкский ГМК»

Ushbu maqola indiy metalining sanoat qiymati va uning qo'llanilish sohasi to'g'risida ma'lumot beradi. Indiy olish uchun ekstraksiya usuli, tajriba davomida o'rnatiladigan ekstraktsiyaning optimal rejimlari va tanlangan eritma muhokama qilinadi. Eksperimental ma'lumotlarning natijalari keltirilgan.

Tayanch iboralar: *Ekstraktsiya, D2EHPA-di-2-etilenheksilfosforik kislota, yalang'ochlash, eritma, organik faza, oq ruh, kerosin, xlorid kislota, sulfidni tozalash, atom emissiya spektrometriyasi, temir kukuni, tsementlash, glitserin, galliy xlorid, laboratoriya aralashtiruvchi indiy sulfat.*

В данной статье представлена информация о промышленном значении металлического индия и области его применения. Обсуждается экстракционный метод получения индия, оптимальные режимы экстракции установленные при эксперименте и выбор растворителя. Приведены результаты экспериментальных данных.

Ключевые слова: *экстракция, Д2ЭГФК-ди-2-этиленгексилфосфорная кислота, реэкстракция, раствор, органическая фаза, уайт спирит, керосин, соляная кислота, сульфидная очистка, атомно-эмиссионная спектрометрия, железный порошок, цементация, глицерин, хлорид галлия, лабораторная мешалка, сульфат индия.*

Объем получения редких металлов, определяется потребностью в них различных отраслей народного хозяйства и стоимостью их производства, зависящей от состава исходного сырья, содержания в нем редких металлов, а так же используемой технологии.

Научно-технические достижения в области металлургии цветных металлов диктуют создание для каждого производства своих целостных и завершенных технико-экономических систем высшей эффективности. Эти системы, охватывая весь процесс с начала до конца, технически преобразуют не только основные, но и вспомогательные переделы. К таким системам относятся малоотходные и безотходные технологии. Развитие новых отраслей науки, техники и промышленности невозможно без прогресса в области электроники, уровень и темпы развития которой в значительной степени определяются достижениями в области получения высокочистых материалов, синтезируемых из исходных сверхчистых металлов и металлоидов. К таким металлам относятся и высокочистый индий, который обладает рядом специфических свойств, позволяющих широко использовать его в полупроводниковой промышленности.

Достижения в области получения высокочистых материалов, синтезируемых, из сверхчистых металлов и металлоидов являются основой прогресса в области электроники, которая определяет уровень и развитие многих отраслей науки и техники. Индий, а также его соединения высокой степени чистоты, широко используются в полупроводниковой промышленности благодаря ряду специфических свойств которыми они обладают.

Разработка новых эффективных методов переработки техногенного сырья Республики Узбекистан относится к одному из приоритетных направлений развития металлургии и металлургической технологии. Объем производства и потребления редких и рассеянных металлов, в основном, определяет техническое развитие страны, так как их извлечение требует использования высоких технологий, а применение связано с уровнем развития электронной техники, атомной и др. видов отраслей промышленности. Сегодня, существует потребность в сокращении объемов переработки руд в горнодобывающей и металлургической промышленности во всем мире, и в увеличении объемов переработки техногенных отходов, которые накопились к этому времени.

Получение индия высокой чистоты. Так как индий – это один из самых важных стратегических металлов который имеет широкое применение в области прогрессивных технологий, селективность его экстракции из разных отходов является актуальной задачей. Индий высокой чистоты, используют в качестве исходного продукта в производстве полупроводниковых материалов: In/P, In/As, In/Sb, In/Ga/As, In/Ga/As/P, при непосредственном взаимодействии индия с Ga, P, Sb, As.

В Республике Узбекистан, индий встречается в составе медно-молибденовых руд месторождений Кальмакыр и Сары-Чеку в г. Алмалык, а на месторождении Хандиза в Сурхандарьинской области попутно со свинцом и цинком. В процессе переработки вельцокислов цинкового производства образуется в сутки примерно 400-600 *м*^{3} раствора после выщелачивания вельцокислов с содержанием индия в среднем 60 *мг/л*, в связи с этим, нами проведены исследования по изучению возможности извлечения индия из индий содержащего раствора, полученный при производстве цинка на предприятии АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат».

С 1974 г. в кадмиевом цехе на Алмалыкском ЦЗ проводили научно-исследовательские работы по получению In экстракционным способом. Ниже приводится таблица выпуска In в условиях АЦЗ АГМК до 1995 г. (*рис. 1*).

В цинковом концентрате, индий встречается главным образом, в виде изоморфной примеси в кристаллической решетке основного минерала концентрата – сфалерита (ZnS).

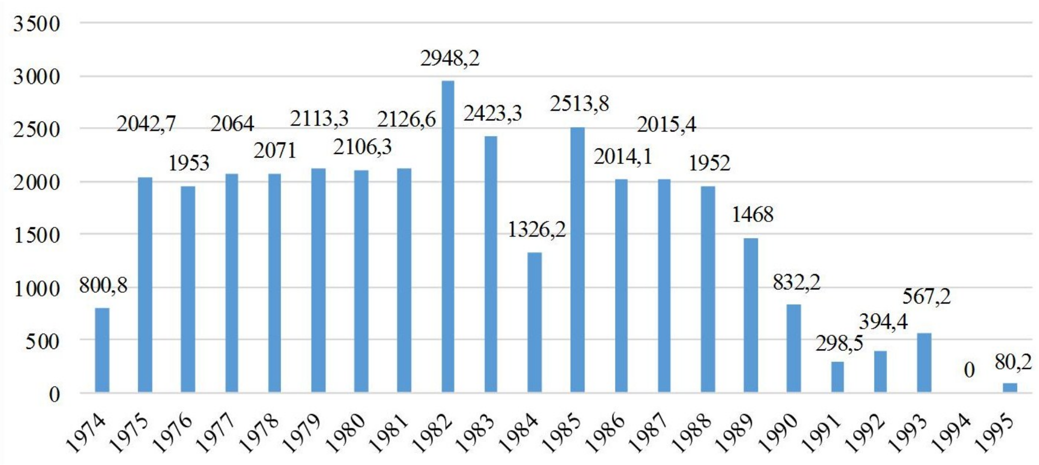


Рис. 1. Производство индия в АЦЗ АГМК, 1974-1995 гг. (*кг*)

В исследованном сфалерите методами химического анализа установлено, что содержание индия варьирует от 0,0016 до 0,0082%. Индий также связан и с галенитом (PbS), где он замещает свинец по той же схеме, что и цинк.

Здесь, содержание индия достигает нескольких тысячных процентов.

При обжиге концентрата в печах кипящего слоя (КС) индий не возгоняется и не обнаруживается в газах, поступающих на производство серной кислоты. В небольшом количестве здесь также находятся и сульфиды цинка (≈0,81%), не потерявшие своей серы в процессе обжига. В этих сульфидах, индий находится в той форме, которая была указана для цинкового концентрата. Других не окисленных фаз в огарке не обнаружено, что подтверждает здесь образование In_2O_3. Главными примесями в нем являются железо и медь. Присутствие индия в решетке ZnO не зарегистрировано на уровне предела обнаружения метода химического анализа.

Поэтому можно заключить, что повышенное содержание индия в огарке (0,001-0,0069%) по сравнению с концентратом связано с испарением серы из огарка, разрушением сфалерита и образованием оксидов цинка (ZnO) и индия (In_2O_3), которые тесно срастаются между собой. Оксид индия нелетуч и присутствует как в огарке, так и в пыли обжига концентрата в виде сростков с оксидами цинка, которые механически увлекаются в газоходы и осаждаются в циклонах и электрофильтрах печей КС.

Для извлечения индия использовали раствор после выщелачивания вельцокислов (верхний слив сгустителя). Индий находится в растворе сульфатном состоянии $In(SO_4)_3$, его содержание в растворе колеблется в пределе от 50 до 110 *мг/л*. Химический состав раствора по основным элементам приведен в *табл. 1*.

В настоящее время для извлечения индия из технологического цинкового производства широко используется экстракционный способ, позволяющий провести концентрирование индия и очистку его от многих примесей. При этом используются как индивидуальные экстрагенты, так и их смеси.

Одним из известных способов извлечения индия из слабокислых сульфатных растворов цинкового производства является экстракция раствором ди-2-этилгексилфосфорной кислоты (Д2ЭГФК) в керосине.

В данной работе, для повышения концентрации и избавления от примесей был использован экстрагент Д2ЭГФК, а в качестве разбавителя керосин и уайт-спирт.

Процесс начинается с подготовкой раствора к экстракции. При экстракции трехвалентное железо имеет коэффициент распределения того же порядка, что и индий, а двухвалентное железо практически не экстрагируется. Поэтому первым требованием, предъявляемым к исходному раствору перед экстракцией, является отсутствие ионов трехвалентного железа. В работе ряда авторов [9] рассмотрен процесс очистки растворов от Fe^{3+} путем восстановления железным порошком. Процесс проводят при температуре 40 – 50 ºС и содержании серной кислоты 26 – 35 *г/дм³*. Ранее были выполнены исследования по совершенствованию метода восстановления Fe^{3+} медным кеком.

Экспериментально установлено, что степень восстановления Fe^{3+} при восстановлении с применением медного кека составляет 92%, но метод не нашел применения из-за возврата в технологический цикл содержащихся в кеке мышьяка, сурьмы и кремневой кислоты. В работе авторов [6, 7] с целью удешевления процесса в качестве восстановителя используются пылевидные отходы производства силикокальция.

В данной работе для восстановления Fe^{3+} использовали железный порошок, полученный путем водородного восстановления окалины УзМеткомбината и проверена возможность использования отходов шлифовальной установки центрального ремонтно-механического завода крупностью до 1 *мм*.

Таблица 1

Химический состав индий содержащего раствора

Проба	Содержание *мг/л*									
	Zn	$Fe_{общ}$	In	Cu	Sb	H_2SO_4	Cd	As	Sn	Ga
ВСС	103	7930	665	2340	53,60	30	709	474	5,97	24,80

Таблица 2

Результаты испытаний по восстановлению ионов Fe^{3+}

Номер опыта	Соотношение $m(Fe^{3+}):m(Fe^{o})$	Темп., ºС	Содержание, *мг/л*			ε %, Fe^{3+}
			$Fe_{общ}$	Fe^{2+}	Fe^{3+}	
1.	1:1	20	936	649,4	286,6	35
2.		40	936	742,0	194,0	56
3.		60	936	835,0	101,0	77
4.	1:2	20	1203	929,6	273,4	38
5.		40	1203	1017,8	185,2	58
6.		60	1203	1123,6	79,4	82
7.	1:3	20	1464	1230,3	233,7	47
8.		40	1464	1442,0	22,0	95
9.		60	1464	1464,0	0	100
10.	1:4	20	1729	1486,4	242,6	45
11.		40	1729	1676,0	53,0	88
12.		60	1729	1720,0	9,0	98

Было проведено несколько опытов по отработке оптимального режима восстановления ионов Fe^{3+}.

Результаты проведенных испытаний по восстановлению приведены в *табл. 2*.

На основании результатов проведенных опытов построен график (*рис. 2*), где можно наблюдать поверхности изменения степени восстановления ионов Fe^{3+} при температуре 50 ºС .

После восстановления ионов Fe^{3+} до предельного минимума, раствор поступает в процесс экстракции. В проведенных нами исследованиях подтвердился тот факт, что образование ионов Fe^{3+} зависит от времени простоя раствора и с уменьшением температуры увеличится. Технология требует незамедлительной передачи раствора в процесс экстракции.

Экстракция проведена в растворе Д2ЭГФК разбавленном до 0,4÷0,6 *н*. В качестве разбавителя использован керосин и Уайт спирт. Для оценки преимущества разбавителей проведен параллельный опыт с использованием двух разбавителей отдельно.

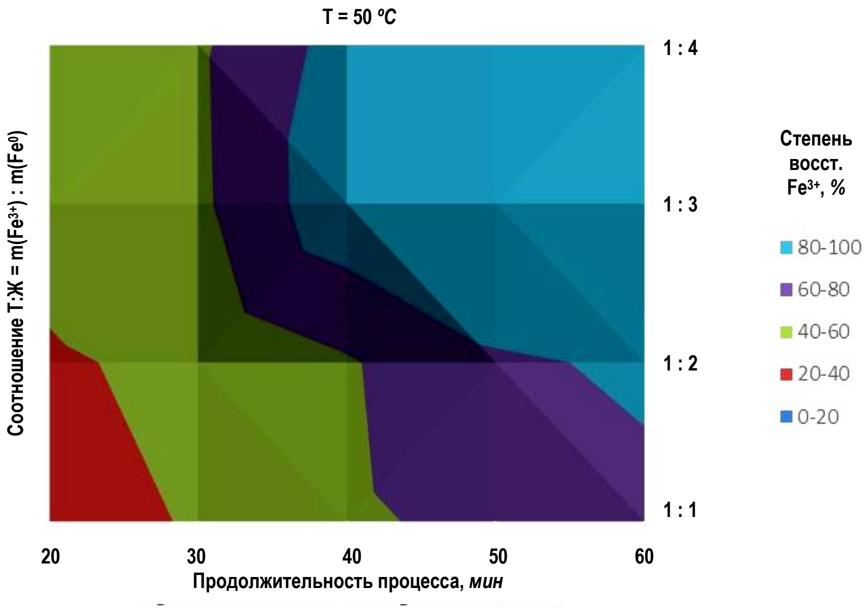


Рис. 2. Поверхности изменения степени восстановления ионов Fe^{3+}(%) при температуре 50ºС

Извлечения индия в органическую фазу определенный по остаточному содержанию индия в рафинате в двух испытаниях почти одинаково и составляет более 95%.

В результате проведенных испытаний выяснилось, что при температуре выше 40 ºС уайт спирт довольно значительно испаряется, в следствии чего, происходит увеличение нормальности экстрагента. Это в свою очередь приведёт к образованию эмульсии.

Библиографический список:

1. Лазовский В.Н., Лунин С.С., Попов В.П. Зонная перекристаллизация градиентом температуры полупроводниковых материалов. – М.: Металлургия, 1987. – 186 с.

2. Санакулов К.С. Концептуальные основы решения проблем переработки техногенного сырья. Обогащение и металлургия, 2019. – 404 с

3. Козин Л.Ф. Кинетика и электродные процессы в водных растворах. – Киев: Наук, думка, 1983. – 37 с.

4. Казанбаев Л.А., Гейхман В.В., Козлов П.А., Ивакин Д.А., Колесников А.В. Поведение индия при вальцевании цинковых кеков // Цветные металлы, 2000. – № 5. – С. 37-39.

5. Казанбаев Л.А., Козлов П.А., Кубасов В.Л., Травкин В.Ф. Индий. Технология получения. – М.: Руды и металлы, 2004 г. – С. 179

6. Шарипов Х.Т., Борбат В.Ф., Даминова Ш.Ш. «Химия и технология платиновых металлов». – Ташкент: «Университет», 2018 г. – С. 3-5., 14-17., 14-28. – С. 35-40.

7. Hasanov A.S., Tolibov B.I., Akhatov N.A. Gold in the world history // International conference. Technical sciences: modern issues and development prospects. -Sheffield, UK 2013, pp. 104-105.

8. Котляр Ю.А., Меретуков М.А., Стрижко Л.С. Металлургия благородных металлов // Руда и металлы, 2005. – Т. 1. – С. 253-263.

9. Козлов В.А., Набойченко С.С., Смирнов Б.Н. Рафинирование меди. – М.: Металлургия, 1992 г. – С. 78-79.

10. Толибов Б.И., Хасанов У.А., Исроилов О.Т. Modernization of copper manufacturing technology // International conference. Technical sciences: modern issues and development prospects. – Sheffield, UK 2013, pp. 106-107.

11. Хурсанов А.Х., Хасанов А.С., Б.Р. Вохидов // Разработка технологии получения аффинированного палладиевого порошка из отработанных электролитов // Горный вестник Узбекистана. – Навои. – № 1 (76), 2019 г. – С. 58-61.

12. Khasanov A.S., Vokhidov B.R., Usmankulov O.N. The scientific explanation of the technologies to get pure palladium powder from recycled electrolytes. I Международной научно-практической конференции «Современные проблемы и инновационные технологии решения вопросов переработки техногенных месторождений Алмалыкского ГМК». – Алмалык, Узбекистан. 18-19 апреля, 2019 г. – С. 122-126.

13. Vohidov B.R., Khasanov A.S. Creation of technology for the extraction of palladium from waste electrolytes by aqua regia leaching. International conference on «Integrated innovative development of Zarafshan region: achievements, challenges and prospects» – Navoi, 2019 y., pp. 35-39.

14. 14. B. I. Tolibov, U. A. Khasanov, O. T. Isroilov. Study of the surface properties of slag melts. – № 1 (1), 2020, pp. 53-56.

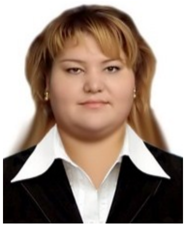
15. Vohidov B.R., Xasanov A.S. Investigation of the possibility of extraction of affined palladium from waste electrolytes. International conference on «Integrated innovative development of Zarafshan region: achievements, challenges and prospects». – Navoi, 2019, pp. 116-119.

16. Tolibov B.I., Xasanov A.S., Pirnazarov F.G. Molybdenum containing products processing in conditions of SPA RM&RA AMMC // Proceedings of international conference on Integrated innovative development of Zarafshan region: achievements, challenges and prospects. – Navoi, 27-28 November 2019, pp. 139-143.

17. Khasanov A.S., Vohidov B.R. The scientific explanation of the technologies to get pure palladium powder from recycled electrolytes. The 3rd Binational Workshop between Korea (KIRAM) – Uzbekistan (AMMC) on Rare Metals. Program book Chirchik 20th Apr, 2019 y., pp. 154-155.

УДК 22.01.553.04 DOI:10.54073/GV.2022.2.89.024

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОГО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ


Саййидкосимов С.С.,
профессор кафедры
«Маркшейдерское дело и геодезия»
ТГТУ им. И. Каримова, д.т.н.

Низамова А.Т.,
доцент кафедры
«Маркшейдерское дело и геодезия»
ТГТУ им. И. Каримова, PhD

Хакбердиев М.Р.,
докторант кафедры
«Маркшейдерское дело и геодезия»
ТГТУ им. И. Каримова

Maqolada tog' jinslari massividagi geomexanik jarayonlarni paydo bo'lishi, holati, shaqllanish sharoitlarini tavsiflovchi ma'lumotlar bazasini, formlallashtirish, loyihalash, yaratish va boshqarish usullari keltirilgan.

Yer osti boyliklaridan bexatar foydalanishning geomexanik ta'minotida raqamli texnologiyalarni kelajagda qo'llash g'oyasini asoslashga unnab ko'rilgan.

Rudali konlarni yer osti usulida qazib olishda tog' jinslari massivida sodir bo'ladigan geomexanik jarayonlarni raqamlashtirishning ilk bosqichi «Tog' jinslari massivi» avtomatlashtirilgan informatsion qidiruv tizimining ma'lumotlar bazasini boshqarish va dasturiy ta'minlashning algoritmi taklif etilgan.

Tayanch iboralar: *foydali qazilma konlari, raqamli texnologilar, yer osti boyliklaridan foydalanish, geomexanik jarayonlar, tog' jinslari massivi.*

В статье приведены методы формализации, проектирования, создания и управления базами данных, характеризующих условия формирования состояния и проявления геомеханических процессов в массиве горных пород. Сделана попытка обоснования идеи последующего применения цифровых технологий в геомеханическом обеспечении безопасного недропользования. Предлагается алгоритм системы управления базами данных и программного обеспечения автоматизированной информационно-поисковой системы «Массив горных пород», что является начальным этапом цифровизации геомеханических процессов, происходящих в горном массиве при подземной разработке рудных месторождений.

Ключевые слова: *месторождения полезных ископаемых, цифровые технологии, недроользование, геомеханические процессы, массив горных пород.*

Современное развитие горнодобывающей отрасли непосредственно связано с разработкой сложно-структурных месторождений полезных ископаемых (МПИ) на больших глубинах в условиях геомеханического риска. Особенно при добыче МПИ подземным способом на больших глубинах 1000-1500 *м* проблема повышения безопасности и эффективности подземной разработки рудных месторождений занимает важное место в дальнейшем развитии горнодобывающей промышленности. В настоящее время создаются условия для рационального использования недр и безопасного ведения горных работ путем теоретического обоснования доверительной оценки рисков промышленной безопасности в пространстве и во времени, на основе прогнозирования в априори геомеханических процессов, происходящих в массиве горных работ. Несмотря на то, что практика ведения горных работ имеет вековую историю, многие важные вопросы в настоящее время далеки от разрешения, что обусловлено сложным характером напряженно-деформированного состояния (НДС) разрабатываемых залежей МПИ, в формировании которых участвуют многочисленные трудно учитываемые природные и техногенные факторы. В связи с этим, управление горным давлением с применением методов и средств оценки и контроля геомеханического состояния массива горных пород, в полной мере учитывающих особенности геомеханики и условий отработки месторождений в пределах конкретных рудных полей, является важной научно-технической проблемой, которая до сих пор не решена, и в настоящее время ее решение имеет важное значение в свете внедрения цифровых технологий в горном деле [1].

На сегодняшний день во всем мире горные работы ведутся в условиях с недостаточной изученностью геомеханического и геодинамического состояния массива горных пород, отсутствия комплексных методов оценки состояния горного массива, без полного учета особенностей, отрицательно влияющих на технико-экономические показатели разработки месторождения, в виде проявлений горного давления в различных формах.

Одним из решений данной проблемы является применение цифровых технологий в прогнозировании геомеханических процессов, происходящих в массиве горных пород в сейсмотектонически активных зонах, учитывающих многообразие и сложность геомеханических условий ведения горных работ. В этом направлении следует продолжить научно-исследовательские работы [2, 3].

Для этого, первоначально следует разработать методы формализации, проектирования, создания и управления базами данных, характеризующих условия формирования состояния и проявления геомеханических процессов в массиве горных пород.

База данных это:

– совокупность специально организованных данных, рассчитанных на применение в большом количестве прикладных программ;

– набор файлов, работа с которыми обеспечивается специальным пакетом прикладных программ;

– совокупность данных, отображающая состояние объектов и их отношений в рассматриваемой предметной области и всех тех данных, которые обрабатываются более чем в одной программе (модуле).

База данных отвечает требованиям целостности, достоверности, обеспеченности, универсальности, открытости, секретности и минимизации избыточности данных.

Это трехуровневая абстракция единой базы данных, использующих одну и ту же систему управления.

Программное обеспечение, которое позволяет прикладным программам работать с БД без знания конкретного способа размещения данных в памяти ЭВМ, называют системой управления базой данных (СУБД). Система управления БД выступает как совокупность программных средств, предназначенных для создания, ведения и совместного использования БД многими пользователями [4-5].

Прикладная программа пишется на общепринятом языке программирования. Представление данных, видимых прикладной программой, иллюстрируется на *рис. 1.*

Развитие системы БД во времени называют жизненным циклом. Последний делится на стадии анализа, проектирования и эксплуатации.

Первая стадия включает в себя этапы формулирования и анализа требований, концептуального проектирования, проектирования реализации, физического проектирования.

Вторая стадия состоит из этапов реализации БД, анализа функционирования и поддержки, модификации и адаптации.

Концептуальное проектирование обеспечивает выбор структуры организации информации на основе объединения информационных требований пользователя.

Проектирование реализации (логическое проектирование) разделяют на две части: проектирование базы данных и проектирование программ. Результатом первой части является логическая структура БД. Результатом второй части считают функциональные описания программных модулей и наборы запросов к БД.

Физическое проектирование разделяют также на две части: выбор физической структуры БД и отладку программных модулей, полученных при проектировании программ. Результатом этапа является подготовка к эксплуатации БД. На этапе реализации БД ставится задача разработки программ доступа к БД.

Этап анализа функционирования и поддержки обеспечивает статистическую обработку данных о функционировании системы. Восстановление БД и ее целостность после сбоев обеспечивает поддержка БД.

Этап модернизации и адаптации позволяет производить изменения оптимизацию функционирования, модификацию программ [6].

Процесс проектирования БД начинают с построения концептуальной модели (КМ). Концептуальная модель состоит из описания объектов и их взаимосвязей. Построение КМ начинается с анализа данных об объектах и связях между ними, сбора информации о данных в существующих и возможных прикладных программах. КМ – это модель предметной области. Версия КМ, обеспечиваемая СУБД, называется логической моделью (ЛМ). Логическая модель имеет подмножества, которые выделяются для пользователей и называются внешними моделями. Логическая модель отображается в физическую (внутреннюю), которая показывает размещение данных и методы доступа. Логическая модель БД данной системы состоит из набора модулей программного комплекса с их логической взаимосвязью.

Важным инструментом при разработке и проектировании БД является словарь данных (СД), предназначенный для хранения сведений об объектах, атрибутах, значениях данных, взаимосвязях между ними, их источниках, значениях, форматах представления. Словарь данных позволяет получить однообразную и формализованную информацию обо всех ресурсах данных.

В полном объеме СД обязан: поддерживать КМ, логическую, внутреннюю и внешнюю модели; быть интегрированным с СУБД, поддерживать текстовые и рабочие версии хранимых описаний; обеспечивать эффективный обмен информацией с СУБД и процесс изменения рабочей версии при изменении БД. Словарь данных должен иметь свою БД, включающую в себя атрибут; объект; групповой элемент данных; выводимый объект данных; синонимы, описание КМ, ЛМ, внешних и внутренних моделей; описание, позволяющее пользователям формально и однозначно выбирать атрибуты для решения задач.

Информацию, используемую в процессе проектирования, делят на две группы. К первой группе относят информацию, описываемую концептуальное структурное представление (К – информация). Она не связана с конкретными способами обработки и приложениями и описывает концептуальные связи в базе данных.

Ко второй группе относят информацию, описывающую концептуальное представление (ИР – информация). Она определяет требования организации к обработке данных и описывает данные и связи, используемые в приложениях. После определения физической структуры ее описание передается СУБД.

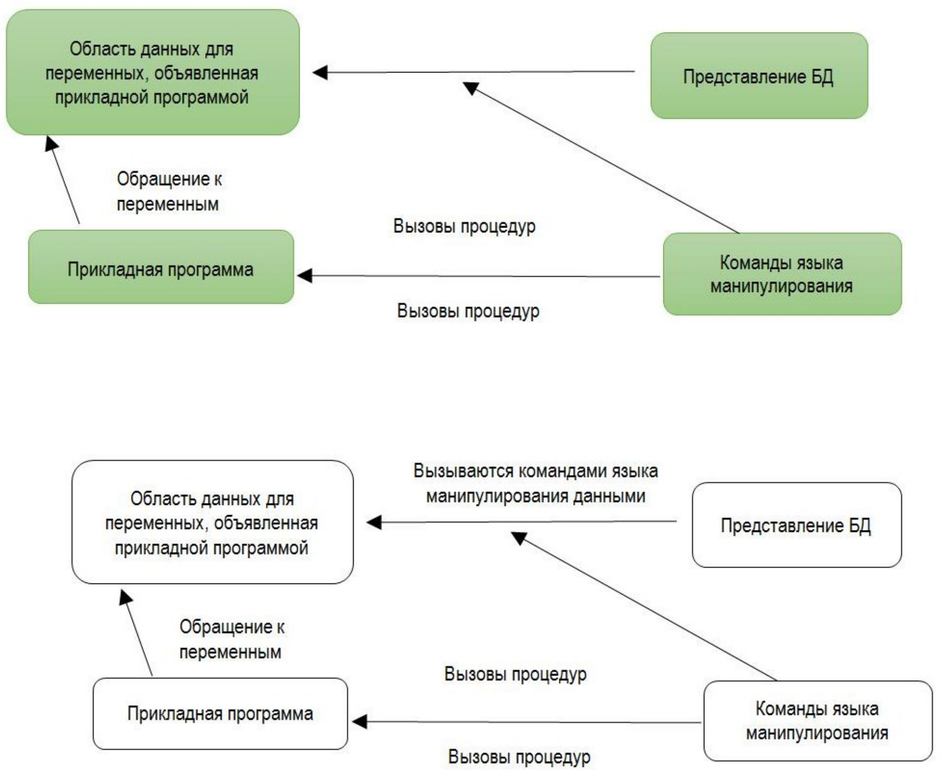


Рис. 1. Схема последовательности данных, вводимых прикладной программой

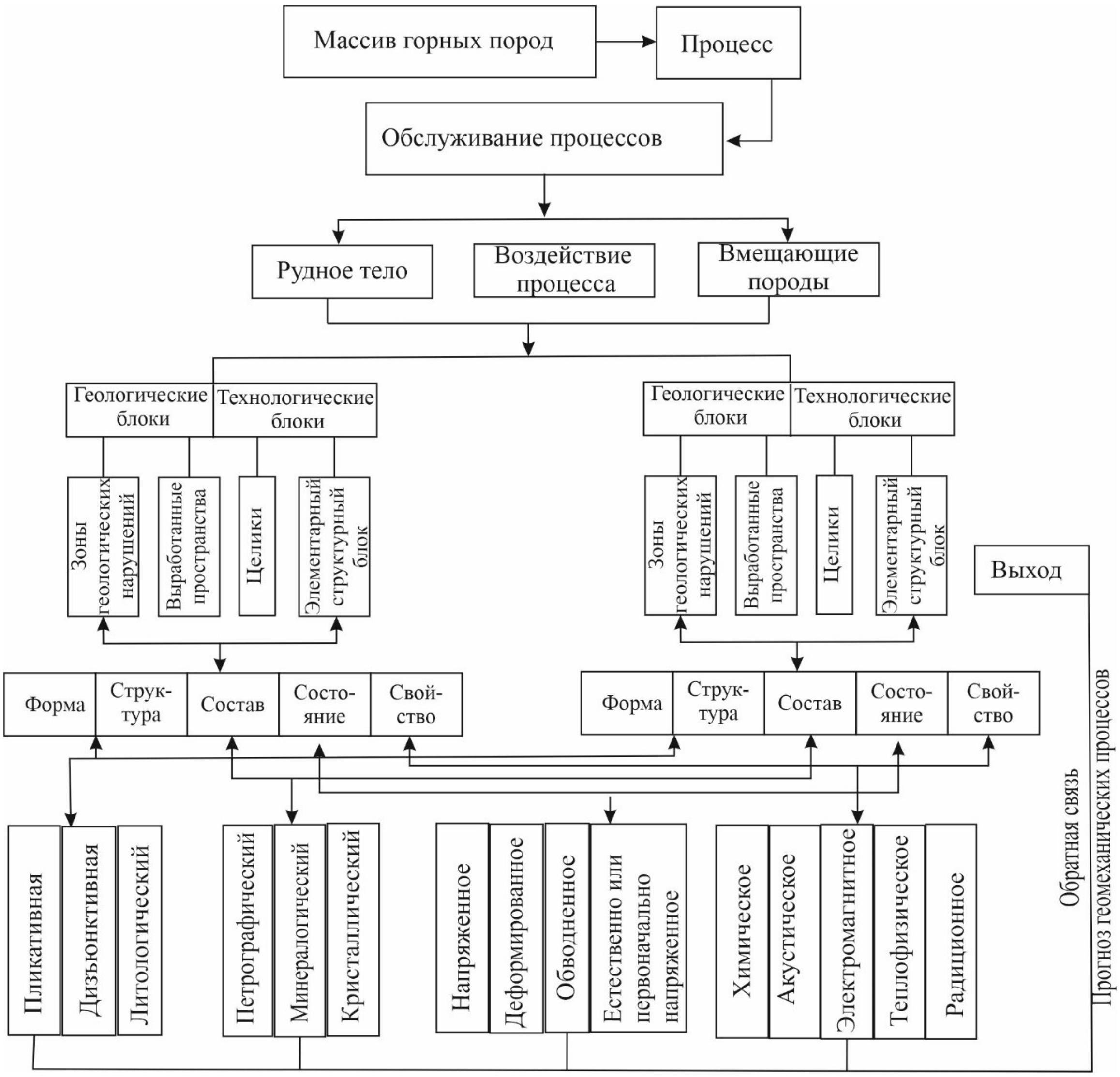


Рис. 2. Функционально-ориентированная структура состояния системы «Массив горных пород» в процессе ведения горных работ

Языки, используемые в БД, делят на языки описания данных (ЯОД) и языки манипулирования данными (ЯМД).

В общем случае ЯОД описывает различные типы записей, их имена и форматы, служит для определения: типов элементов данных; отношений между записями или их частями и именования этих отношений; типа данных, которые используются в записях; диапазона их значения и т.п.

ЯМД дает возможность манипулирования данными без знания несущественных для программиста подробностей. Они могут реализоваться как расширение языков программирования общего назначения путем введения в них специальных операторов или путем реализации специального языка [1, 2].

Современные СУБД основываются на использовании модели данных (МД), позволяющих описывать объекты предметных областей и взаимосвязи между ними. Существуют три основные МД и их комбинации, на которых основываются СУБД:

1. Реляционная модель данных, в которой объекты и взаимосвязи между ними представляются в виде таблиц.

2. Иерархическая модель данных. Она основана на понятии «древо», состоящее из вершин и ребер. Вершина древа ставится в соответствие с совокупностью атрибутов данных, характеризующих некоторый объект. Вершины и ребра древа как бы образуют иерархическую древовидную структуру, состоящую из n – уровней.

3. Сетевая модель данных, в которой данные и отношения между ними представляются в виде ориентированной сети (вершины – данные, дуги – отношения) [7, 8].

Для системы «Массив горных пород» наиболее приемлемой является реляционная модель данных (*рис. 2*).

В основе реляционной модели лежит математическое понятие теоретико-множественного отношения, которое представляет собой подмножество декартова произведения списка доменов. Домен представляет собой множество значений. Отношение удобно представлять, как таблицу, состоящую из строк и столбцов. Каждый столбец в таблице является атрибутом. Строки таблицы являются кортежами. Значение в столбце определяют из множества значений, которые принимает атрибут. Столбцы таблицы – это элементы данных; а строки – записи.

Данные представляются двумя видами отношений:

– набор объектов может быть представлен отношением, схема которого содержит все атрибуты данного набора объектов;

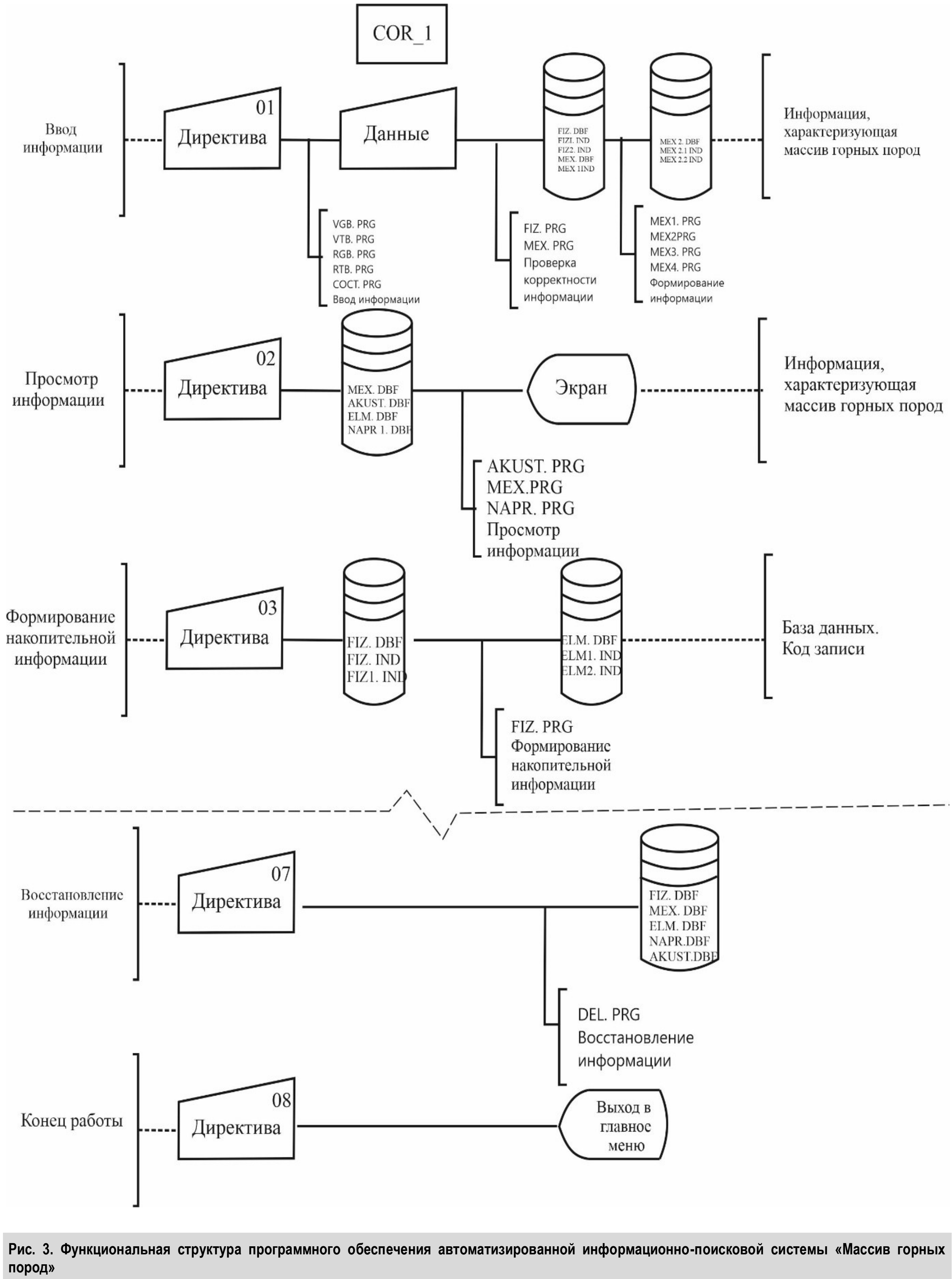


Рис. 3. Функциональная структура программного обеспечения автоматизированной информационно-поисковой системы «Массив горных пород»

– связь между наборами объектов E1, E2,.., En представляется отношением, схема которого состоит из атрибутов ключей каждого из этих наборов.

Основными операциями, с помощью которых модифицируется база данных, является включение, удаление и модификация. Если для описания базы данных используется реляционная модель, указанные операции применяют к кортежам.

Основное достоинство реляционного подхода – его простота и доступность. Пользователи абстрагированы от физической структуры памяти. Это позволяет эксплуатировать БД без знания методов и способов ее построения. Основные достоинства реляционной модели данных следующие: простота, независимость данных, гибкость, непроцедурные запросы, теоретические обоснования на основе теории отношений.

Выполнение запроса пользователя обеспечивается СУБД, причем в процессе выполнения запрос проходит несколько интерфейсов (*рис. 3*).

Интерфейс 1. По запросу пользователя определяют, к какой физической БД осуществляется доступ.

Интерфейс 2. Система управления БД использует методы доступа внутренней модели, которые в разных системах выполняются различно.

Интерфейс 3. Методы доступа внутренней модели и методы доступа ОС осуществляют доступ к записям физической БД и позволяют найти необходимые записи. Методы доступа ОС, внешней и внутренней моделей выбирают данные из физических БД и передают их СУБД. Последняя определяет, что передать пользователю, в каком виде и формате.

Производительность базы данных зависит от методов доступа внешней и внутренней моделей.

Используются следующие методы доступа внутренней модели: физический, последовательный, индексно-последовательный, индексно-произвольный, инвертированный, прямой, хеширования.

Рассмотренный метод доступа внутренней модели позволяет войти в БД. Методы доступа внешних моделей производят дальнейший поиск записей БД. По взаимосвязи между записями методы доступа внешней модели осуществляют их хранение или поиск.

Информационно-поисковая система (ИПС) «MASS – GP» разработана в виде программной системы, состоящей из нескольких программных модулей (компонентов), и имеет многоуровневую структуру. На верхнем уровне системы находится управляющая программа, которая в диалоговом режиме по заданию пользователя осуществляет вызов той или иной программы нижнего уровня. Программами нижнего уровня являются:

1. «VVDD» – модуль, предназначенный для автоматизированного ввода данных, характеризующих массив горных пород.

2. «PI» – модуль, предназначенный для просмотра интересующей пользователя информации.

3. «FNI» – модуль, предназначенный для формирования накопительной информации.

4. «OTVET» – модуль, предназначенный для формирования ответов по запросу пользователя.

5. «COR» – модуль, предназначенный для корректировки информации.

6. «POISK» – модуль, предназначенный для поиска информации по заданному ключу.

7. «KOP» – модуль, предназначенный для копирования информации.

К программным модулям верхнего уровня относятся:

«R – TEL» (рудное тело); V – POP (вмещающие породы);

«T – BIPK» (технологический блок) и другие, предназначенные для формирования, редактирования, поиска и выдачи нужной для пользователя информации по составляющим системы «Рудное тело» и «Вмещающие породы». Программные модули верхнего уровня в процессе функционирования обращаются к программным модулям нижнего уровня.

Система «Массив горных пород» структурно состоит из двух главных модулей:

1. Модуль, предназначенный для формирования, редактирования, поиска и выдачи информации, характеризующей рудное тело (R – TEL).

2. Модуль, предназначенный для формирования, редактирования, поиска и выдачи информации, характеризующей вмещающие породы («V – POR»).

Логическая взаимосвязь модулей в структуре комплекса и функциональная структура программного обеспечения автоматизированной информационно-поисковой системы представлена на *рис. 3.*

Автоматизированная информационно-поисковая система ориентирована на использование под управлением операционной системы «MASS – GP». При выборе одного из пунктов главного меню осуществляется запуск соответствующего режима. После выбора нужного пункта меню нужно нажать клавишу ENTER и переходить на очередной режим работы MASS – GP.

Таким образом разработанная в виде информационно-поисковой системы «MASS – GP» является начальным этапом цифровизации геомеханических процессов, происходящих в массиве горных пород, которая в дальнейшем может быть интегрирована в большую цифровизационную систему по созданию управления смартрудника».

Библиографический список:

1. Сайидкосимов С.С. Горно-геометрические основы маркшейдерского мониторинга геомеханических процессов, происходящих в массиве горных пород при подземной разработке полиметаллических месторождений: Автореф. дисс. докт. тех. наук. – Алмалык, 2021. – 62 с.

2. Сайидкосимов С.С., Казаков А.Н., Низамова А.Т. Закономерности формирования геомеханических процессов при разработке золоторудных месторождений. – Ташкент: ТИХТ, 2020. – 167 с.

3. Насиров У.Ф., Умаров Ф.Я., Сайидкосимов С.С., Казаков А.Н. Mine-surveying monitoring geomechanical processes Decp Pit under development of complex gold mine seismotectonicative zones. Материалы международной конференции по комплексному инновационному развитию Зарафшанского региона: достижения, проблемы и перспективы, 26-27 октября 2017 г. – Навои. – С. 93-98.

4. Tajdus A. Geomechanika w budow nict wie podziemnym projektowanie I budowa tuneli. Tajdus F., Cala M., Tajdus K. Wudawnictwa AGH. – Krakow, 2020. – 762 p.

5. Zettler A.N., Poisel R., Roth W., Preh A.: Slope stability analysis based on the shear reduction technique in 3D. In: FIAC and Numerical Modeling in Geomechanics. Proceedings of the Conference, Minneapolis, September 1999. C. Detournay and R. Hart (Eds.), Rotterdam: Balkema, 1999, pp.11-16.

6. Теоретические основы инженерной геологии. Механико-математические основы. Под ред. Е.М. Сергеева. – М.: Недра, 1986. – 254 с.

7. Hoek E. Practical Rock Engineering. London: Institution of Mining and Metallurgy. 2002. – 325 p.

8. Elving G. Optimum allocation in linear regression theory. Ann. Math. Stat. – Vol. 23. – 1952, pp. 142-160.

621.398. 50.47

DOI:10.54073/GV.2022.2.89.025

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ С НЕЧЕТКОЙ ОБРАБОТКОЙ ИНФОРМАЦИИ В МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕМ СТАНКЕ

Жумаев О.А.,
заведующий кафедрой
«Автоматизация и управление» НГГИ,
д.т.н., доцент

Сайфулин Р.Р.,
докторант кафедры
«Автоматизация и управление» НГГИ

Ushbu maqolada metallga ishlov berish uskunalarida mikroprotsessorni boshqarish va boshqarish tizimini qo'llash masalalari, shuningdek, ish rejimlarining samaradorligini oshirish usullari va metallga ishlov berishning texnologik jarayonini optimallashtirish usullari ko'rib chiqiladi. Mikroprotsessor qurilmasi asosida qurilgan loyqa ma'lumotni o'zgartirishga asoslangan metallga ishlov berish dastgohlarida aqlli monitoring va nazorat tizimini amalga oshirishning asosiy yondashuvlari aniqlanadi.

Tayanch iboralar: *mikroprotsessor, loyqa mantiq, boshqaruv tizimi, boshqaruv, dastur boshqaruvi, loyqa kalkulyatorlar, ish faoliyatini yaxshilash, barqarorlashtirish tizimlari, axborotni o'zgartirish.*

В данной статье рассмотрены вопросы применения микропроцессорной системы контроля и управления в металлообрабатывающем оборудовании, а также, приведены методы повышения эффективности режимов работы и способы оптимизации технологического процесса металлообработки. Определены базовые подходы реализации интеллектуальной системы контроля и управления в металлообрабатывающих станках, которые основаны на нечетком преобразовании информации, построенном на базе микропроцессорного устройства.

Ключевые слова: *микропроцессор, нечеткая логика, система контроля, управление, программное управление, нечеткие вычислители, повышение производительности, системы стабилизации, преобразование информации.*

Внедрение современных систем контроля и управления в металлообрабатывающее оборудование позволяет производить детали машин и механизмов с высокой точностью, адаптивно приспосабливаться к изменяющимся внешним воздействиям. Для обеспечения высокой точности обработки в современное металлообрабатывающее оборудование внедряют средства автоматического контроля и управления размеров, позиционирования, а также, оснащают различными интеллектуальными датчиками, энкодерами линейного и углового перемещения механизмов станка.

Как показывает практика, в металлообрабатывающих станках точностные характеристики реализуются примерно на 60-80%, потеря времени по причине технологических отказов приводит к уменьшению производительности и повышению себестоимости выпускаемой продукции. Причинами, порождающими погрешность при обработке деталей, являются элементы станочной системы, воздействующие на положение инструмента и заготовки. Вследствие чего не удается получить достоверную информацию о положении инструмента относительно обрабатываемой детали в режиме реального времени.

Процесс металлообработки осуществляется на металлорежущем оборудовании, путем снятия стружки, что обеспечивает обработку деталей с заданной точностью и шероховатостью поверхностей. Основными задачами внедрения микропроцессорной системы контроля и управления с нечеткой обработкой информации в металлообрабатывающем оборудовании являются следующие:

1. Стабилизация и управление параметрами процесса резания – скоростью резания, величиной подачи и др.
2. Программное управление траекторией движения инструмента относительно детали.
3. Позиционирование – установка перемещений в заданную позицию перед началом обработки.

В настоящее время, используется ряд типовых систем контроля и управления процессом металлообработки, в частности, широко применяются системы стабилизации: скорости резания, мощности резания, температуры резания. В металлообрабатывающем оборудовании различной модификации (токарных, сверлильных, фрезерных, расточных и шлифовальных) применяют следующие средства контроля:

– линейные энкодеры, обеспечивающие позиционирование перемещений различных органов станка и измерений размеров деталей;

– угловые энкодеры, обеспечивающие обратную связь по скорости, позиционирование и косвенное измерение перемещения узлов станка, устанавливаемые на вал электродвигателя или же электропривода контролируемого органа;

– датчики касания, которые обеспечивают контроль размеров обрабатываемых поверхностей при координатных измерениях;

– бесконтактные устройства, устанавливаемые на станке для контроля за состоянием инструмента.

Управление процессом металлообработки приведено на *рис.1.* В данной системе контроль и управление осуществляется микропроцессорным устройством (МПУ) при постоянной подаче путем изменения скорости резания.

При таком управлении обеспечивается стабилизация температуры металлообработки, т.е. косвенным способом поддерживается на заданном уровне стойкость инструмента.

Системы контроля и управления с нечеткой логикой активно внедряются в производство. Эти способы управления относятся к категории интеллектуальных систем и позволяют реализовать любой требуемый для процесса нелинейный алгоритм управления, при неполном, неточном описании объекта управления. Особенности организации устройств для преобразования нечеткой информации приводят к необходимости развития различных методов схемотехнического проектирования этих устройств. Одним из базовых подходов к реализации интеллектуальных систем контроля и управления в металлообрабатывающих станках является подход, основанный на нечетких преобразованиях информации построенном на базе микропроцессорного устройства. В качестве основного математического инструмента для разработки таких методов, наиболее подходит аппарат нечеткой логики, который позволяет описывать данные устройства [2]. При использовании данного подхода подсистема принятия решений (нечеткий контроллер, НК) описывается совокупностью логико-лингвистических правил «Если «условие» то «действие»», где «условие», описывает принадлежность входов контроллера некоторому набору (диапазону) входных значений, а «действие», задает значения выходов контроллера, при этом, каждое из условий характеризуется некоторой мерой достоверности в каждый момент времени. Результирующее решение для каждого момента времени вырабатывается на основе суперпозиции «действий» с учетом меры достоверности правил, их предлагающих. Схема последовательности преобразований информации при нечетких вычислениях показана на *рис. 2.* К достоинствам нечетких систем принятия решений, относятся эффективность эвристического синтеза (в смысле минимизации трудозатрат), предсказуемость и объяснимость поведения системы.

Применение в микропроцессорных системах контроля и управления эмуляторов нечетких вычислений, зачастую ограничивает темп принятия решений и формирования управляющих воздействий; для специализированных процессоров и бортовых систем управления дополнительным ограничением выступает недопустимость увеличения тактовой частоты процессора по условиям требований обеспечения повышенной надежности и пониженного энергопотребления. В связи с этим, актуальными являются разработка и применение микропроцессоров, снабженных узлами аппаратной нечеткой обработки информации, так называемые, нечеткими вычислителями (НВ). НВ предназначаются для повышения вычислительной производительности таких систем управления благодаря поддержке операций нечеткой обработки информации на уровне аппаратных схем.

Нечеткий вычислитель перед применением должен быть сконфигурирован «запрограммирован» – в смысле занесения в его внутреннюю память. С этой целью, основной процессор, формирует требуемые диаграммы обмена на контактах соответствующего порта нечеткого вычислителя для записи всех составляющих базы нечетких знаний (количество переменных и их термов, кодовое представление функций принадлежности, кодовое представление базы правил и пр.). Основной вычислитель посредством интерфейсного порта направляет в нечеткий вычислитель текущие значения входных переменных, и активирует вычисления в нечетком вычислителе.

Управляющий автомат подсистемы нечетких вычислений последовательно активизирует работу следующих блоков:

– фаззификатор, для введенных мгновенных значений каждой входной лингвистической переменной.

– агрегатор, для каждого правила вычисляет степень уверенности в его справедливости.

– вычислитель, определяет результирующую степень уверенности в справедливости действия.

– дефаззификатор, вычисляет результирующие цифровые значения выходов, считываемые подсистемой управления.

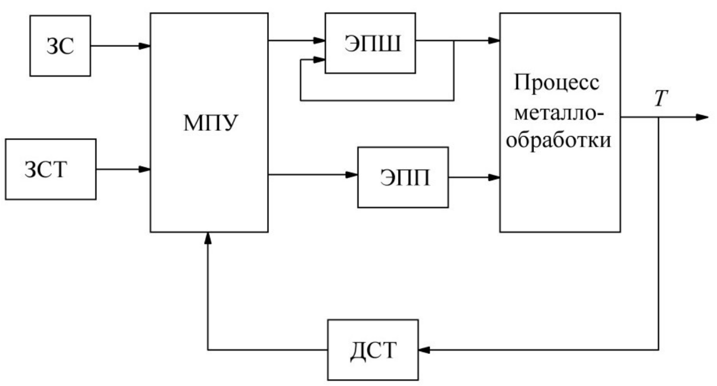


Рис. 1. Микропроцессорная система контроля и управления процессом металлообработки: ЗСТ, ДСТ – задатчик и датчик стойкости резца; ЗС – задатчик угловой скорости шпинделя; МПУ – микропроцессорное управляющее устройство; ЭПШ, ЭПП – электроприводы шпинделя и подачи; Т – стойкость резца

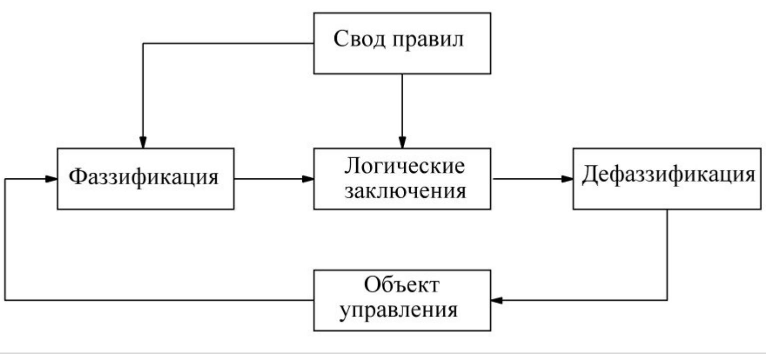


Рис. 2. Структурная схема микропроцессорной системы нечеткого управления

Достоинствами принципа нечеткого управления является возможность редуцирования сложности описания за счет аппроксимационных возможностей операции дефаззификации; эксперт может ограничиться относительно компактным сводом правил. Вследствие близости лингвистических описаний к понятийному аппарату разработчика и одновременной их отдаленности от возможностей целевых вычислительных платформ, методология обработки и использования нечетких данных должна быть поддержана соответствующими инструментальными средствами и методами их применения.

В настоящее время, основными производителями аппаратных средств нечетких вычислений являются фирмы NXP-Freescale-Motorola и STMicroelectronics.

Совокупность аппаратных НВ включает три разновидности:

1. Нечеткие сопроцессоры (Fuzzy-coprocessors), выполненные в виде отдельной микросхемы (или схемы на отдельной плате), подключаемой к основному микроконтроллеру посредством цифровых портов ввода-вывода.

2. Микроконтроллеры со встроенным нечетким вычислителем (Intelligent Controller Unit) обладающие функционально расширенным процессорным ядром, АЛУ которого способно выполнять нечеткие вычисления (в частности – семейство ST5 производства STMicroelectronics и микроконтроллеры на основе ядра 68HC12 производства NXP).

3. Комбинированные нечеткие вычислители например – STFLWARP2.x производства STMicroelectronics.

Использование микропроцессорных систем контроля и управления принципиально изменяет качество функционирования обслуживаемых им устройств. Она позволяет оптимизировать режимы работы металлообрабатывающего оборудования и за счет этого получать прямой и/или косвенный технико-экономический эффект.

Прямой технико-экономический эффект выражается в экономии потребляемой энергии, повышении срока службы и снижении расхода материалов и оборудования. Косвенный технико-экономический эффект связан со снижением требований к обслуживающему персоналу и повышением производительности.

Опыт показывает, что практически во всех случаях использование микропроцессорных систем контроля и управления, только за счет экономии электроэнергии обеспечивается ее окупаемость за 1-1,5 года. Управление оборудованием на основе встроенных систем контроля и управления создает реальные предпосылки создания полностью автоматизированных производств. Использование микропроцессорных систем контроля и управления повышает качество работы и производство.

Библиографический список:

1. Юсупбеков Н.Р., Алиев Р.А., Алиев Р.Р., Юсупбеков А.Н. Интеллектуальные системы управления и принятия решений. – Ташкент: Государственное научное издательство «Узбекистон миллий энциклопедияси», 2014 г.

2. Мелихов А.Н., Баронец В.Д. Проектирование микропроцессорных средств обработки нечеткой информации. – Ростов на Дону: Изд-во Рост. ун-та, 2001 г.

3. Этингоф М. И. Автоматический размерный контроль на металлорежущих станках. – Москва: АПР, 2016 г.

4. Жумаев О.А. Сайфулин Р.Р. Анализ методов интеллектуализации систем управления металлообрабатывающего оборудования // Технические науки: электрон. науч. журн. 2021. 5(86).

5. Jumaev, O.A., Nazarov, J.T., Sayfulin, R.R., Ismoilov, M.T., Mahmudov, G.B. “Schematic and algorithmic methods of elimination influence of interference on accuracy of intellectual interfaces of the technological process”. Journal of Physics, 2020, 1679(4), 042037.

6. Jumaev O A, Sayfulin R R, Ismoilov M T and Mahmudov G B Methods and algorithms for investigating noise and errors in the intelligent measuring channel of control systems. November, 2020. Journal of Physics. Conference Series. 1679:052018 DOI:10.1088/1742-6596/1679/5/052018.

UDK 621.314 DOI:10.54073/GV.2022.2.89.026

6-10 KV KUCHLANISHLI HAVO ELEKTR UZATISH TARMOQLARIDA ELEKTR ENERGIYASI VA QUVVAT ISROFLARIIING STATISTIK TAHLILI VA QUVVAT ISROFLARINI KAMAYTIRISH CHORA-TADBIRLARI



Tovboyev A.N.,
NDKI «Elektr energetikasi» kafedrasi dotsenti, t.f.n

Saidov M.K.,
NDKI «Elektr energetikasi» kafedrasi assistenti

Tog'ayev I.B.,
NDKI «Elektr energetikasi» kafedrasi assistenti

Quvvat va elektr energiyasi isroflari xavo elektr uzatish tarmoqlariga etarli darajada salbiy va sezilarli ta'sir etadi. Elektr energiyasi iste'molchilarga elektr energiyasini va quvvatni etkazib berishda elektr energiyasini uzluksiz ishonchli va sifatli bo'lishi shart. So'ngi yillarda elektr energiyasini uzluksiz ishonchli va sifatli etkazib berish jarayoni o'ta murakkablashib bormoqda. Hozirgi kunda esa bu masalaning echimini imkon qadar hisoblab mihimllashtirish chora-tadbirlari ishlab chiqilmoqda. 6-10 kv kulanishli xavo elektr uzatish tarmoqlarida quvvat va elektr energiyasi isroflarining sodir bo'lishini inobatga olgan xolda yangicha chora-tadbirlar ishlab chiqish muxim axamiyatga ega. Quvvat va elektr energiyasining isroflarini kamaytirish va buning natijasida taxlil olib borish o'ta muxim axamiyat kasb etadi. Bir nechta 6-10 kV kuchlanishli xavo elektr uzatish tarmoqlari namuna sifatida olinib, mana shu tarmoqlar bo'yicha statistik taxlil olib borilishi ko'zda tutildi.

Tayanch iboralar: *havo elektr uzatish tarmoqlari, quvvat isroflari, texnik isroflar, tashkiliy isroflar, iqtisodiy isroflar, statistik taxlillashtirish, elektr energiyasi isroflari,havo elektr uzatish tarmoq o'tkazgichlari.*

Потери мощности и электроэнергии оказывают достаточно негативное и существенное влияние на воздушные линии электропередачи. Электроэнергия должна быть непрерывно надежной и качественной при подаче электроэнергии, и мощности потребителям. В последние годы усложнился процесс бесперебойного и надежного снабжения электроэнергией. В настоящее время разрабатываются меры по максимальному решению этой проблемы. Важно разработать новые мероприятия с учетом потерь мощности и электроэнергии в ВЛ 6-10 кВ. Важно сокращать потери энергии и электроэнергии и анализировать их в результате. Будут отобраны несколько ВЛ 6-10 кВ, и по этим линиям будет проведен статистический анализ.

Ключевые слова: *воздушные линии электропередач, потери мощности, технические потери, организационные потери, экономические потери, статистический анализ, проводников воздушная линия, потери электроэнергии.*

Elektr uzatish tarmog'i – bu elektr energiyasini uzatish uchun mo'ljallangan simlarni o'rnatish tuzilmalari bilan bir qatorda tayanchlar izolyatorlar va boshqalarning yig'indisini tashkil qiladi. Elektr uzatish tarmoqlari energiya tizimlarida birlashtiruvchi elementlardir. Masalan, stansiya bilan podstansiyalarni, podstansiyalar bilan iste'molchilarni va boshqalarni bog'lovchi vositadir [1, 2].

Elektr tarmog'i transformatorlar, elektr uzatish liniyalari, aktiv qarshilikka ega bo'lgan turli xil almashtirish va tarqatish moslamalarini o'z ichiga olgan elementlardan iborat bo'lib, ularda elektr energiyasini va quvvatni yetkazib berish va tarqatish paytida uning yo'qotishlari sodir bo'ladi. Tarmoqlar va uskunalarda elektr energiyasini yo'qotish texnik yo'qotish deb nomlanadi. Yaqinda elektr tarmoqlarida texnik yo'qotishlarga qo'shimcha ravishda elektr yo'qotishlarining tijorat tarkibiy qismlarida o'sish kuzatilmoqda elektr energiyasini o'g'irlash natijasida yuzaga keladigan energiya, kamchiliklar buxgalteriya hisobini tashkil etish va boshqalar. Elektr energiyasining texnik yo'qotishlari uchta asosiy guruhga bo'linadi: o'zgaruvchan, doimiy va iqlimiy. O'zgaruvchan yo'qotishlar elektr tarmog'ining elementlari orqali o'tadigan yuklama oqimining kvadratiga mutanosibdir, qoida tariqasida vaqt o'zgarib turadi [3-5].

Statistik usullar isroflarni kamaytirish uchun aniq chora-tadbirlarni belgilashga imkon bermaydi. Ular tarmoqdagi umumiy isroflarni baholash uchun ishlatiladi. Lekin, masalan, 6-10 *kV* liniyalari kabi ob'ektlar, yuqori ehtimol isroflarni aniqlash imkonini beradi. Bu sxematik hisob-kitoblar hajmini sezilarli darajada kamaytirish va shuning uchun ularni amalga oshirish uchun mehnat xarajatlarini kamaytirish imkonini beradi [6-8].

Elektr energiyasi va quvvat isrofining regression bog'liqligini elektr tarmoqlarining sxemalari va rejimlarining umumiy xususiyatlaridan foydalanadigan statistik usullar elektr va yuklanish parametrlarining belgilangan qiymatlarida tarmoqning elektr hisob-kitoblarini amalga oshirishni nazarda tutadi. Aks holda ular sxemotexnika deb ataladi . Statistik usullardan foydalanilganda, elektr energiyasini va quvvat isrofi umumiy tarmoq parametrlaridan, masalan, jami yuklanish, liniyalarning umumiy uzunligi, podstansiyalar soni va hokazolarning barqaror statistik qaramliklari asosida hisoblanadi. O'ziga bog'liqliklar ularga ma'lum miqdordagi elektron hisob-kitoblarning statistik ishlov berish asosida olinadi, ularning har biri uchun zararlarning hisoblangan qiymati va omillarning qiymatlari ma'lum bo'lib, ular bilan bog'liq isroflar aniqlanadi [9-11].

Nominal ko'ndalang kesim yuzasi bo'yicha nisbiy kuchlanishlar va reaktiv quvvat isrofi bo'yicha hisoblashlar bajarilgan.Energiya tizimlarining yopiq magistral tarmoqlari bilan taqqoslaganda, ular tarkibiy elementlarning ko'pligi, shuningdek ish rejimlari haqida ma'lumot yetishmasligi bilan ajralib turadi. Shu bilan birga, ulardagi yuqotishlar energiya tizimidagi elektr energiyasining barcha yuqotishlarining taxminan 20%-70% ni tashkil qiladi, bu esa umuman energiya tizimi uchun ularni hisoblash aniqligini oshirishni, shuningdek elektr energiyasining yuqotilishini kamaytirish bo'yicha choralarni o'z vaqtida tanlashni talab qiladi [12].

Bugungi kunda dunyoning ko'plab energiya tizimlarida tarmoqlardagi isroflar energiya sarfini kamaytirish bilan birga o'sib bormoqda . Shu bilan birga, ba'zi joylarda 40% ga yetgan mutlaq va nisbiy isroflar ham ortadi. Ushbu zararlarning qaysi qismini aslida fizik jihatdan shartli texnik komponentga to'g'ri kelishini aniqlash uchun va buxgalteriya hisobi uchun, o'g'irlik, hisob-kitob tizimidagi kamchiliklar va foydali ma'lumotlarini to'plash bilan bog'liq bo'lgan tijorat uchun texnik isroflarni hisobga olish kerak.

Tabiiy jihatdan hamda ishlab chiqarish, taqsimlash va iste'mol qilish nuqtai nazaridan energiya yo'qotishlari iste'molchilar uchun foydali bo'lgan energiyadan farq qilmaydi. Elektr energiyasini yo'qotilishi tarmoqning texnik va iqtisodiy ko'rsatkichlariga sezilarli darajada salbiy ta'sir qiladi. Bu esa qo'shimcha tashkiliy va texnik chora-talablarni taqoza etadi.

Tashkiliy chora-tadbirlar qo'shimcha ish haqi, ortiqcha materiallar va mablag' talab qilmaydi. Tashkiliy chora-tadbirlar quyidagilardan iborat:

1. Mavjud vositalar va qurilmalarga bog'liq holda kuchlanish darajasini oshirish.
2. Ishlash muddatni uzaytirish va energiya tizimidagi uskunalarni ta'mirlash sifatini oshirish.
3. Yillik va kunlik yuklanish jadvallarini bir xil quvvat sarfi bilan moslashtirish va x. k.

Texnik chora-tadbirlar ko'p miqdorda qo'shimcha xarajatlar talab etiladi. Yo'qotishlarni kamaytirishni hisoblash uchun ushbu choralar quyidagicha umumlashtiriladi:

1. Tarmoqni yuqori nominal kuchlanishga o'tkazish U_{nom}.
2. Ko'ndalang kesim yuzasi katta bo'lgan simlardan foydalanish.

Elektr energiyasining texnik yo'qotishlari 10 *kV* li tarmoqlarda yuqori bo'lib, bu tarmoqning sxematik holatini tahlil qilish olingan natijalarni tasdiqlaydi. SHuning uchun keyingi tahlil qilish uchun ushbu tarmoqlarni ko'rib chiqish tavsiya etiladi. Texnik reaktiv yo'qotishlar va tarmoq orqali uzatiladigan reaktiv energiya nisbati dinamikasi reaktiv energiyani aniqligini baholashga imkon beradi.

Bu esa reaktiv quvvatni qoplash va reaktiv energiyani noto'g'ri hisoblash sabablarini bartaraf etish demakdir.

Statistik tahlil quyidagi ketma-ketlikda amalga oshiriladi:

1. Texnik yo'qotishlarni elektr energiyasini tarmoqqa uzluksiz yetkazib berishdagi nisbati nominal kuchlanish sinflari bilan belgilanadi.
2. Elektr uzatish tarmoqlaridagi reaktiv isroflar nisbati tahlil qilinadi.
3. Yuklanish dinamikasi va shartli doimiy yo'qotishlar o'rganiladi.
4. Reaktiv quvvat koeffitsientlari va kuch transformatorining yuklanishomillari tahlil qilinadi.
5. Elektr energiyasini yo'qotish manbalari va sabablari aniqlanadi.

Havo tarmoqlari izolyatorlaridagi isroflar. *I*zolyatorlar orqali yorilish masofasining minimal uzunligi atmosferaning ifloslanish darajasiga qarab standartlashtiriladi. Shu bilan birga, adabiyotda keltirilgan izolyatorlarning qarshiligi to'g'risidagi ma'lumotlar juda xilma-xil bo'lib, ular yorilish darajasiga bog'liq emas. Bir izolyatorda chiqarilgan quvvat kVt formula bilan aniqlanadi:

$$P_{iz} = \frac{U_{iz}^2}{R_{iz}}. \quad (1)$$

Bu erda U_{iz} – izolyatorga qo'llaniladigan kuchlanish, kV; R_{iz} – uning qarshiligi, *kOm*.

Havo tarmoqlari izolyatorlari bo'ylab oqim toklari tufayli elektr energiyasinin yo'qotilishi quyidagi formulada aniqlanishi mumkin, ming *kVt soat*:

$$\Delta W_{iz} = \frac{U_{nom}^2}{3 \cdot R_{iz} N_{iz}} \cdot T_{vl} \cdot Ngir \cdot 10^{-3}. \quad (2)$$

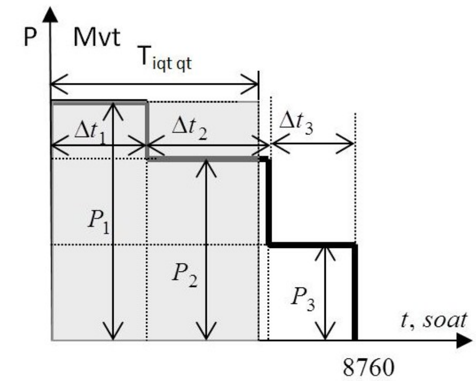
Bu erda T_{vl} – nam ob-havoning hisoblangan davridagi davomiyligi (tuman, shudring va yomg'irli kunlar);

N_{gir} – izolyator satrlari soni. Keyinchalik, elektr energiyasi va quvvat isroflarini hisoblash usullarini ko'rib chiqamiz.

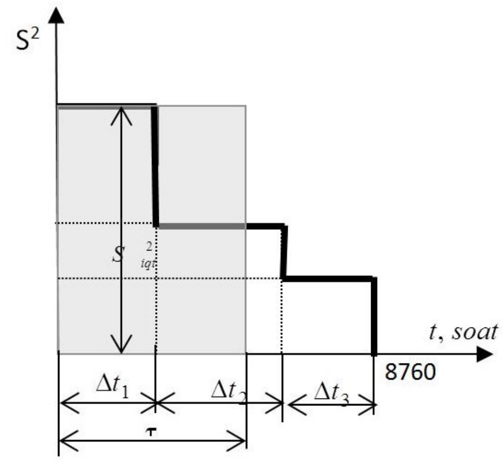
Yillik energiya isrofini hisoblashda davomiylik bo'yicha yuklama grafiklaridan foydalaniladi. Elektr energiya isrofini hisoblashning eng aniq usuli bu tarmoqlarning yuklama grafiklari bo'yicha aniqlashdir. O'zgarmas yuklama bilan ishlab, aktiv va to'la quvvatlarning uch pag'onali yuklama grafigi t vaqtdagi yillik grafigi *1a, b-rasmda* keltirilgan.

Elektr uzatish liniyalarida yuzaga keladigan isroflarning xususiyatlaridan qat'iy nazar liniyaning uzunligiga mos holda quvvat isroflari oshadi, bu esa quvvat koeffitsiyentining o'zgarishiga olib keladi. Quvvat koeffitsiyentining o'zgarishi turli xil ko'ndalang kesim yuzasiga

a)



b)



1-rasm. Elektr energiya isrofini yuklama grafigi va maksimal isroflar vaqti bo'yicha topish: *a* – aktiv quvvatning uch pag'onali yuklama grafigi; *b* – to'la quvvatning uch pag'onali yuklama grafigi

ega bo'lgan o'tkazgichlarda turlicha bo'ladi, va nisbiy kuchlanish yo'qotilishiga olib keladi. Reaktiv quvvat koeffitsientig orqali nisbiy kuchlanish yo'qotishlari *1-jadvalda* ko'rsatilgan.

Yo'qotishlarning ikkala tarkibiy qismi ham (texnik va tijorat) liniyalarning ko'ndalang kesim yuzasi va ulardagi texnik vositalarning eskirishi sababli ham oshadi. Ularning nisbati va dinamikasi nafaqat turli xil tarmoq podstansiyalarida, balki liniyalarning o'zida ham turlicha bo'ladi.

1-jadval

Reaktiv quvvat koeffitsientig orqali nisbiy kuchlanish yo'qotishlari

Nominal kesim yuzasi, *mm²*	Nisbiy kuchlanish yo'qotishlari, 1 *kvt/km* ga, reaktiv quvvat koeffitsienti orqali (%)							
16	1,02	16	1,02	16	1,02	16	1,02	16
25	1,52	25	1,52	25	1,52	25	1,52	25
35	1,13	35	1,13	35	1,13	35	1,13	35
50	0,87	50	0,87	50	0,87	50	0,87	50

Buning natijasida ulardagi umumiy tendentsiyasi (dinamikasi va nisbati) ko'payadi. Uzatish tarmoqlarining uzunligi, yuklanishning beqaror va bir xil bo'lmaganligi, elektr tarmoqlariga bo'lgan kuzatuvning kamligi, joylashuvi va ko’rib chiqilayotgan davr uchun yuklanish haqida ma'lumotlarning yetishmasligi, operatsion xodimlarga elektr energiyasining yo'qotilishining ishonchli qiymatlarini olishga imkon bermaydi, bu esa energiya tejash choralari samaradorligini pasaytirish bilan bir qatorda ko'rib chiqilayotgan muammoni hal qilishda umumiy qabul qilingan yondashuvlar isroflarni kamaytirishga yordam beradi. Shubhasiz, faqat texnik yo'qotishlarni kamaytirishga qaratilgan elektr energiyasini yo'qotish muammosini hal qilish sezilarli natija bermaydi.

Elektr energiyasining yo'qotishlarini kompleks tahlil qilish metodikasi. Zararlarni o'rganishda har qanday noaniqlikni yo'q qilish muhim ahamiyatga ega. Olingan monitoring ma'lumotlari va yo'qotishlarning qiymatlari, elektr tarmoqlarining haqiqiy ish sharoitlariga asoslangan holda ular tarkibiy qismlariga bo’linadigan yo'qotishlar tuzilmasidan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Ushbu yondashuv tarqatish tarmoqlarida elektr energiyasini yo'qotish strukturasini quyidagi xususiyatlarga muvofiq belgilaydi: Tarmoq elementlarida; rejim parametrlariga qarab; dastlabki ma'lumotlarning sifati to’laqonli va ishonchli bo’lishi kerak. Shu bilan birga, elektr energiyasining sifat darajasining pastligi liniyalardagi isroflarning ortishiga sabab bo'ladi. Elektr energiyasining sifat ko’rsatkichlari texnik yo'qotishlarini hisoblashda xatolarni yuzaga keltiradi. Nazariyani qo'llagan holda yo'qotishlarni o'rganish maqsadga muvofiqdir. Muayyan elektr tarmog'idagi elektr energiyasining yo'qotishlarini batafsil tahlil qilish, ularni kamaytirish va bashoratlashtirish uchun optimal vositalarni tanlashga imkon beradi va ish sharoitiga yordam beradi.

Mavsumiy dinamika yuklanishlar, podstansiyalarning qo'shimcha ehtiyojlari uchun elektr energiyasini iste'mol qilishda va hisobga olmaslikda sezilarli darajada namoyon bo'ladi. Ammo bu holatlarda ob-havo sharoitlariga bog'liqligi asosan bitta omil - havo harorati orqali ifodalanadi. Shu bilan birga, isrof komponentlari mavjud bo'lib, ularning qiymati harorat bilan emas, balki ob-havo turiga qarab belgilanadi. Bularga, birinchi navbatda, yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyalarining o'tkazgichlarida yuzaga keladigan elektr maydonining yuqori intensivligi sababli paydo bo'ladigan toj zararlar kiradi. Toj isroflarini hisoblashda (isroflarning ortib boruvchi tartibida) yaxshi ob-havo, quruq qor, yomg'ir va sovuqni odatdagi ob-havo turlari sifatida ajratish asosiy usul hisoblanadi. Izolyator namlanganda uning yuzasida supero'tkazuvchi muhit (elektrolit) paydo bo'ladi, bu esa tok kuchining sezilarli darajada oshishiga yordam beradi. Ushbu isroflar asosan nam ob-havo sharoitida (tuman, shudring, yomg'irli kunlar) sodir bo'ladi.

Statistik ma'lumotlarga ko'ra, tarmoqdagi elektr energiyasining yillik isroflari, barcha kuchlanishli havo liniyalarining izolyatorlari orqali tok kuchlari tufayli toj uchun isroflar bilan taqqoslanadi. Shu bilan birga, ularning umumiy qiymatining taxminan yarmi 35 *kV* va undan past tarmoqlarga to'g'ri keladi. Ma'lumki, elektr energiyani uzatish jarayoni simlarning elektromagnit maydoni tufayli amalga oshiriladi va bu jarayon to'lqinsimon xususiyatga ega bo'lib, bunda quvvat isrofi sodir bo'ladi, ya'ni tok simlar va transformatorlardan oqayotganda ularni qizishini yuzaga keltiradi.Transformator podstansiyalaridan iste'molchilarga yetkazib beriladigan elektr energiyasining turli xil ko’ndalang kesim yuzali havo elektr uzatish liniyalaridan foydalanish davridagi isroflar, va bir qator parametrlar elektr uzatish tarmog'idagi yillik quvvat va elektr energiyasi isroflari kuchlanishi, liniya uzunligi, va turli xil ko'ndalang kesim yuzali elektr uzatish liniyalarida isroflarning qiymatlari turlicha chiqishi ma’lum (*2-jadval*).

Bu isrof yuklama toklari bilan bog'liq bo'lganligi tufayli yuklamali deb aytiladi. O'rtacha, isrof uzatilayotgan quvvatning 10% ni tashkil qilib, energetika tizimi uchun bir yilda yuz millionlab so'm zararga aylanadi. Yil davomidagi bu isrofga ketadigan xarajatdan tashqari bunday sistemalarda isrofni qoplash uchun stansiya qurilmalariga qo'shimcha uskunalar, reaktiv quvvat kompensatsiyasi uskunalari, qo'shimcha xodimlar, yoqilg'i va boshqalar uchun bir vaqtning o'zida sarflanadigan qo'shimcha mablag' zarurdir. Asosan kabel liniyalarida ularning ko’ndalang kesim yuzasi katta bo'lib borishi bilan ulardagi quvvat isroflari oshib boradi. Taqsimlash qurilmalaridan iste’molchilarga yetkazib beriladigan elektr energiyasining turli xil ko’ndalang kesim kabel elektr uzatish liniyalaridan foydalanish davridagi isroflar, 6-10 *kV* kuchlanishli kabel uzatish tarmoqlari va taqsimlovchi tarmoqlardagi quvvat isroflari *3-jadvalda* keltirilgan. Bu jarayondan ko'rinib turibdiki kuchlanishi, kabel uzunligi, va turli xil ko’ndalang kesim yuzali kabel liniyalarida isroflarning ko’rsatkichlari turlicha bo'ldi.

10 *kV* kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalari orqali ta’minlanadigan iste’molchilarda ularning parametrlariga bog’liq holda turlicha quvvat isroflari mavjud bo'lib bu isroflar har oylik uchun alohida hisoblanib umumiy yillik holatida qabul qilinadi. Podstansiyalar tomonidan ta'minlanadigan kuchlanishga qarab, quvvatlarning o’rtacha yillik ko'rsatkichi olinadi. Buning natijasida isroflarni kamaytirishga qaratilgan choralar, tashkiliy va texnik tadbirlar ishlab chiqilgan.Ta'minlovchi tarmoq tomonidan yetkazib beriladigan kuchlanish imkon qadar qisqa masofalarga uzatilgan holatda quvvat va elektr energiyasi isroflari ko’proq va liniya uzunligi uzoq bo'lsa isroflar ortib borishini ko’rishimiz mumkin (*4-jadval*).

Elektr energiyasi isrofini hisoblashning eng aniq usuli bu elektr yuklama grafiklari bo'yicha aniqlashdir. Quvvat isrofini kamaytirish tad-

2-jadval

10 va 35 *kV* kuchlanishli havo elektr uzatish tarmog’idagi yillik quvvat va elektr energiyasi isrofi

TP	Tarmoq	O'tkazgich kesimi	U_l, *kV*	L, *km*	r, *Om/km*	R, *Om*	I_{urt}, *A*	Td, *soat*	W, *kvt·soat*	cos *φ*	*ΔW, kvt·soat*	Isrof, %
PS 7 dan TQ 6 gacha	L-7-6-1	AS-95	6	3,6	0,341	1,224	12,68	2184	276384	0,96	1422,62	0,515
Agrofirma iste'molchilari «Do'stlik» firmadan «Navoi HET» AJ gacha												
	L-NPF –Do'stlik	AS-95	35	1,1	0,34	0,374	12,98	8640	6516930	0,96	1868,797	0,029
	L-Do'stlik ot op, 1 do op,11 TP-8D	AS-70	6	0,95	0,43	0,408	0,19	2184	4080	0,96	0,107	0,258
	L-D o'stlik ot op, 1 do op,16 TP-7D	AS-70	6	0,96	0,43	0,412	1,85	2184	40200	0,96	10,541	0,026
	L-TP-771	AS-70	10	18	0,43	7,722	0,10	2184	3480	0,96	0,533	0,015
	L-TP-772	AS-70	10	18	0,43	70722	0,37	2184	13520	0,96	8,048	0,060
	L-TP-774	AS-70	10	15	0,43	6,435	0,27	2184	9920	0,96	3,611	0,036
	L-TP-1013	AS-70	10	18	0,43	7,722	0,68	2184	24680	0,96	26,818	0,109
	L-TP-1014	AS-70	10	18	0,43	7,722	1,08	2184	39040	0,96	67,104	0,172
«Do'stlik agrofermasi tarmog'dan «Navoi HET» AJ gacha												
	L-YU-1 kirish	AS-70	6	1,2	0,43	0,515	6,67	2184	145080	0,96	171,614	0,118
	L-TP-M	AS-70	6	2,9	0,43	1,244	3,82	2184	83040	0,96	135,872	0,164

3-jadval

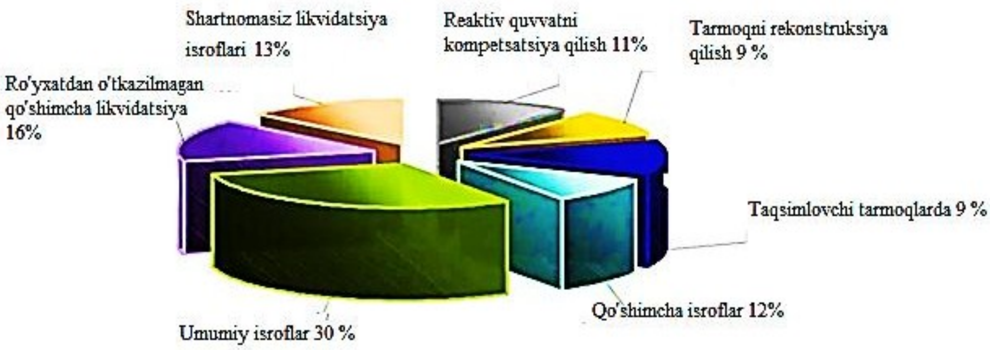
6-10 *kV* kuchlanishli kabel elektr uzatish tarmoqlari va taqsimlovchi tarmoqlardagi quvvat isroflari

TP	Tarmoq	O'tkazgich turi	U_l, *kV*	L, *km*	r, *Om/km*	R, *Om*	Isr, *A*	T, *soat*	W, *kvt·soat*	Cos φ	ΔW, *kvt·soat*	*ΔW, %*
TQ-31	L-31-200	AAB 3*95	6	0,515	0,21	0,108	27,98	8640	2260876	0,90	2194	0,097
TP-195	L-195-198	SB 3*70	6	0,19	0,33	0,0627	27,87	8640	2252198	0,90	1262	0,056
TP-199	L-197-199	ASB 3*95	6	0,172	0,33	0,05676	15,94	8640	1288066	0,90	374	0,029
TP-200	L-199-200	AAB 3*95	6	0,35	0,33	0,1155	23,20	8640	1875125	0,90	1612	0,086
TP-209	L-20-209	AAB-6(3*95)	6	0,615	0,33	0,20295	9,53	8640	770240	0,90	478	0,062
TP-212	L-209-213	ASB-6(3*95)	6	0,65	0,33	0,2145	9,44	8640	762680	0,90	495	0,065
TP-70	L-212-213	AASHV 6(3*95)	6	1,08	0,33	0,3564	0,37	8640	29880	0,90	316	0,003
TP-70	L-31-70	ASB-6(3*95)	6	0,096	0,33	0,03168	19,63	8640	1586189	0,90	152	0,020
TP-70	L-70-195	SB 3*70	6	0,3	0,33	0,0099	7,68	8640	620928	0,90	203	0,024
TP-77	L-70-196	AAB 3*95	6	0,45	0,33	0,1485	7,26	8640	587059	0,90	179	0,035
TP-78	L-77-194	AAB 3*95	6	0,543	0,33	0,17919	0,91	8640	73140	0,90	128	0,005
TP-78	L-31-78	AAB-6(3*95)	6	0,422	0,33	0,13926	7,04	8640	568988	0,90	7714	0,031
TP-97	L-78-189	SB 6(3*70)	6	0,28	0,46	0,1288	6,20	8640	501250	0,90	7525	0,026

4-jadval

Zarmetan podstansiyasidan chiquvchi L-Dehqonobod-10 *kV* va L-Azizobod-10 kV kuchlanishli tarmoqlarida 2020 yil hisobida quvvatlar isrofi

t/r №	Tarmoq nomi	simning markasi	uzunligi, *km*	tarmoq aktiv qarshiligi, *Om*	tarmoq reaktiv qarshiligi, *Om*	tarmoq kuchlanishi, *kV*	tarmoq yuklamasi, *A*	tarmoq to'la quvvati, *kVt*	tarmoq aktiv quvvati, *kVt*	tarmoq reaktiv quvvati, *kVAr*	tarmoqda aktiv quvvat isrofi, kVt		tarmoqda reaktiv quvvat isrofi, *kVAr*	
											kVt	*%*	*kVAr*	*%*
yanvar														
1.	L-Dehqonobod-10	AS-35	32,0	6,7	11,3	10,5	20,0	363,3	327,0	158,4	8,0	2,5	13,6	8,6
2.	L-Azizobod-10	AS-35	2,1	0,4	0,7	10,5	12,0	218,0	196,2	95,0	0,2	0,1	0,3	0,3
fevral														
1.	L-Dehqonobod-10	AS-35	32,0	6,7	11,3	10,3	19	338,6	304,7	147,6	7,3	2,4	12,2	8,3
2.	L-Azizobod-10	AS-35	2,1	0,4	0,7	10,3	10	178,2	160,4	77,7	0,1	0,1	0,2	0,3
mart														
1.	L-Dehqonobod-10	AS-35	32,0	6,7	11,3	10,3	20	356,4	320,7	155,3	8,0	2,5	13,6	8,7
2.	L-Azizobod-10	AS-35	2,1	0,4	0,7	10,3	11	196,0	176,4	85,4	0,2	0,1	0,3	0,3
aprel														
1.	L-Dehqonobod-10	AS-35	32,0	6,7	11,3	10,2	22	388,2	349,4	169,2	9,7	2,8	16,4	9,7
2.	L-Azizobod-10	AS-35	2,1	0,4	0,7	10,2	13	229,4	206,5	100,0	0,2	0,1	0,4	0,4
may														
1.	L-Dehqonobod-10	AS-35	32,0	6,7	11,3	10,4	21	377,8	340,0	164,7	8,9	2,6	15,0	9,1
2.	L-Azizobod-10	AS-35	2,1	0,4	0,7	10,4	12	215,9	194,3	94,1	0,2	0,1	0,3	0,3
iyun														
1.	L-Dehqonobod-10	AS-35	32,0	6,7	11,3	10,1	24	419,4	377,4	182,8	11,6	3,1	19,5	10,7
2.	L-Azizobod-10	AS-35	2,1	0,4	0,7	10,1	13	227,1	204,4	99,0	0,2	0,1	0,4	0,4
iyul														
1.	L-Dehqonobod-10	AS-35	32,0	6,7	11,3	10,6	25	458,5	412,6	199,8	12,6	3,0	21,2	10,6
2.	L-Azizobod-10	AS-35	2,1	0,4	0,7	10,6	11	201,7	181,5	87,9	0,2	0,1	0,3	0,3
avgust														
1.	L-Dehqonobod-10	AS-35	32,0	6,7	11,3	10,5	24	436,0	392,4	190,0	11,6	3,0	19,5	10,3
2.	L-Azizobod-10	AS-35	2,1	0,4	0,7	10,5	15	272,5	245,2	118,8	0,3	0,1	0,5	0,4
sentyabr														
1.	L-Dehqonobod-10	AS-35	32,0	6,7	11,3	10,3	25	445,5	400,9	194,2	12,6	3,1	21,2	10,9
2.	L-Azizobod-10	AS-35	2,1	0,4	0,7	10,3	14	249,5	224,5	108,7	0,3	0,1	0,4	0,4
oktyabr														
1.	L-Dehqonobod-10	AS-35	32,0	6,7	11,3	10,2	23	405,9	365,3	176,9	10,6	2,9	17,9	10,1
2.	L-Azizobod-10	AS-35	2,1	0,4	0,7	10,2	11	194,1	174,7	84,6	0,2	0,1	0,3	0,3
noyabr														
1.	L-Dehqonobod-10	AS-35	32,0	6,7	11,3	10,6	22	403,4	363,1	175,9	9,7	2,7	16,4	9,3
2.	L-Azizobod-10	AS-35	2,1	0,4	0,7	10,6	11	201,7	181,5	87,9	0,2	0,1	0,3	0,3
dekabr														
1.	L-Dehqonobod-10	AS-35	32,0	6,7	11,3	10,3	20	356,4	320,7	155,3	8,0	2,5	13,6	8,7
2.	L-Azizobod-10	AS-35	2,1	0,4	0,7	10,3	10	178,2	160,4	77,7	0,1	0,1	0,2	0,3
2020 yil hisobida o'rtacha quvvatlar isrofi														
1.	L-Dehqonobod-10	AS-35	32,0	6,7	11,3	10,4	22,1	395,8	356,2	172,5	9,9	2,8	16,7	9,6
2.	L-Azizobod-10	AS-35	2,1	0,4	0,7	10,4	11,9	213,5	192,2	93,1	0,2	0,1	0,3	0,3
2020 yil hisobida umumiy quvvatlar isrofi														
1.	L-Dehqonobod-10	AS-35	32,0	6,7	11,3	10,3	194 970,8	3 466 913,1	3 120 221,8	1 511 192,4	86 638,3	2,8	146 047,4	9,7
2.	L-Azizobod-10	AS-35	2,1	0,4	0,7	10,3	104 329,2	1 870 481,2	1 683 433,1	815 323,8	1 667,8	0,1	2 811,5	0,3



2-rasm. Elektr energiyasi isroflarini tarmoqlar bo'yicha taqsimlanish diagrammasi

birlari har doim amalga oshiriladi. Iste'molchilarning aktiv va reaktiv quvvatlar iste'molchilar soni oshishi bilan ham o'zgarishiga sabab bo'ladi. SHuning uchun doimo isrof darajasini nazorat qilish kerak, chunki ular butun tarmoqning tejamli ishlashini aniqlaydi. Isrof darajasini boshqarish muammosiga tizimli yondashish murakkab masala hisoblanadi va faqat zamonaviy iqtisodiy-matematik modellar va EHM lar yordamida uni kompleks yechish mumkin [12].

Bunda asosiy qiyinchilik, tarmoq rejimlari to'g'risida xabarlarni yig'ish va qayta ishlash hisoblanadi, chunki ular yuklamalar o'zgarishi bilan doimo o'zgarib turadi Uch fazali tizim juda keng tarqalgandir, chunki bu tizimda xuddi shu quvvat va kuchlanishda bir fazali tizimga nisbatan quvvat isrofi kamdir. Yuklama grafiklari sutkalik va yillik yuklama grafiklariga bo'linadi.

Sutkalik grafiklar yuklama quvvatlarini sutka davomida, yillik grafiklar esa yil davomida o'zgarishini ifodalaydi. Yillik grafik bahorgi-yozgi va kuzgi-qishki davrlar uchun xarakterli sutkalik grafiklar asosida quriladi. Yillik energiya isrofini hisoblashda davomiylik bo'yicha yuklama grafiklaridan foydalaniladi. Sutkalik grafiklar bo'yicha turli tipdagi sutkalar sonini hisobga olib (shanba, yakshanba, dushanba, ish kuni) yuklama quvvatining har bir qiymati uchun u yil davomidagi soatlar soni aniqlanadi. Avvalo, bu jarayonda maksimal yuklama o'rinli bo'lgan vaqt, so'ngra yuklama quvvatining boshqa qiymatlari uchun (kamayib borish tartibida) vaqt oraliqlari aniqlanadi. Isroflarni aniqlashning eng sodda usullaridan biri eng katta isroflar vaqti bo'yicha topishdir. Barcha holatlar ichidan quvvat isrofi eng katta bo'lgan holat aniqlanadi. Isroflarni yuklama grafigi bo'yicha aniqlash usulining afzalligi katta aniqligidadir. Ammo barcha tarmoqlarning yuklamalari haqida ma'lumotning yetarli emasligi ushbu usulning qo'llanilishini cheklaydi.

Elektr energiyasi isroflarining tuzulishi nafaqat elektr uzatish liniyalarida balki qo'shimcha tarmoqlarda ham sodir bo'ladi. Taqsimlovchi tarmoqlarda va iste'molchiga yetkazib berish jarayonida ham turli xil noto'g'ri foydalanish, texnik isroflar, uskunalardagi isroflar, tarmoqni ta'mirlashdagi isroflar, reaktiv quvvatni kompensatsiyalashdagi isroflar va tijorat isroflari *2-rasmda* keltirib o'tilgan.

Ilmiy izlanishlar natijasida quyidagi asosiy xulosalarni chiqarishimiz mumkin:

1. Reaktiv quvvatning yo'qolishi elektr tarmoqlarining samaradorligi va ishonchliligiga jiddiy ta'sir ko'rsatmoqda,ularning ko'payish darajasi taqsimot tarmog'ining ish rejimiga salbiy ta'sir qilmoqda.
2. Taklif etilayotgan elektr tarmoqlari parametrlarining reaktiv quvvat yo'qotish miqdoriga ta'sirini aniqlashga imkon beradigan vaziyat holatida kontaktlarning zanglashini tahlil qilish usuli taklif qilingan.
3. Taqsimlovchi tarmoqlarda elektr energiyasining reaktiv yo'qotishlarini tarkibiy tahlil qilish uchun statistik usul ishlab chiqilgan bo'lib,u energiya yo'qotishlarini aniqlashda ishlatiladigan ma'lumotlarning ish sharoitida qayd etiladi.
4. Ushbu usul bizga aktiv yo'qotishlarni aniqlash va ularning yuqori qiymatlarining sabablarini aniqlash imkonini beradi.
5. Aktiv quvvat yo'qotishlarini kamaytirish taqsimlovchi komplekslarda ham o'z aksini topdi.

Bibliografik ro'yxat:

1. Dickson J. et al. Reactive power compensation technologies: State-of-the-art review, Proc. IEEE, – Vol. 93. – №12, pp.2144-2164.

2. Miller T.J.E. Reactive Power Control in Electric Systems. – Wiley, 1982, pp.10-19

3. Karimov X.G., Rasulov A.N., Taslimov A.D. Elektr tarmoqlari va tizimlari. – Toshkent: Tafakkur qanoti, 2015 y. 112-116 b.

4. Ovchinnikov A. Electricity losses in distribution networks 0,38-6 (10) kV. – Rossiya, Sankt-Peterburg. Novosti elektrotekhniki, 2013.

5. Zhelezko Yu.S. Principles of regulation of electricity losses in electrical networks and calculation software. - Power stations, 2001, No. 9. – 33 p.

6. Savina N. V., Myasoedov Yu.V. Tarqatish elektr tarmoqlarining ishlashida elektr energiyasini yo'qotish bo'yicha tizimli tadqiqotlar // IrGTU Vestnik, 2012. – № 1 (60). 142-148 betlar.

7. Tovboyev A.N., Rakhmonov I U., Nematov L.A., Alibekova.. T.Sh., Development of forecasted values of specific norms for the issues of produced products in industrial enterprises // SCOPUS: ICMSIT 2020, Journal of Physics: Conference Series, 2020, pp.1-6.

8. Ibodullayev M., Tovbaev A. N., Yesenbekov A. K., Nochiziqli elektr zanjirlar va tizimlarda subharmonik chastotada avtabranishlar. Katta energetika tizimlari ishonchligini tekshirishning metodik masalalari: 70-nashr. Energiya tizimlarining ishonchliligining uslubiy va amaly muammolari. 2 kitobdan iborat, 2-kitob. – Irkutsk: ISEM SO RAN, 2019, 181-187 betlar.

9. Siruk S.A., Kosharnaya Yu. V., Evgrafov S.A. va boshq. Elektr ta'minoti tashkilotlari tarmoqlarida elektr energiyasini yo'qotish darajasiga subabonent yukining ta'siri. – Rossiya, Moskva. Promishlennaya energetika, 2010. – № 8. 9-15 betlar.

10. Tovboyev A.N., Ibodullayev M.I., Norqulov A.O. Uch fazali zanjirlarda subgarmonik ferrorezonanslarning matematik model yordamida tahlili. . «Fan va texnologiyalar taraqqiyoti», Buxoro muhandislik-texnologiya instituti, 2021. – № 2. 155-160 betlar.

11. Tovboyev A.N., Ibadullayev M.I., Murodov H.Sh., Narzullayev B.Sh. Yuqori kuchlanishli elektr tarmoq va tizimlarida subgarmonik ferrorezonanc. «Uzbekiston konchilik xabarnomasi». – Navoiy, 2020. – № 4 (83). 110-113 betlar.

12. Zhelezko Yu. S. Elektr tarmoqlarida elektr yo'qotishlarini normallashtirish tamoyillari va hisoblash dasturlari. – Elektricheskiye stansii, 2010. – № 9. 33-38 betlar.

УДК 622.23.05
DOI:10.54073/GV.2022.2.89.027

УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ КОНВЕЙЕРНЫХ ЛЕНТ

Полвонов Н.О.,
ст. преподаватель кафедры
«Горная электромеханика» НГГИ

Атакулов Л.Н.,
доцент кафедры
«Горная электромеханика» НГГИ, д.т.н.

Maqolada konveyer bantlaridagi nuqsonlarni aniqlash qurilmalari tahlil qilinadi, shuningdek, mualliflar tomonidan ishlab chiqilgan konveyer bantlaridagi nuqsonlarni diagnostika qilish uchun qurilmalar ko'rib chiqiladi, bu esa favqulodda ish vaqtini qisqartirish orqali konveyer qurilmalarining ishlash ishonchliligini oshirishga imkon beradi.

Tayanch iboralar: *konveyer, rezina-mato lenta, rezina-kord, nuqsonlarni aniqlovchi, diagnostika.*

В статье проведён анализ устройств для определения дефектов конвейерных лент, а так же рассмотрены устройства для диагностики определения дефектов конвейерных лент разработанные авторами, позволяющие повысить эксплуатационную надежность конвейерных установок за счёт сокращения аварийных простоев.

Ключевые слова: *конвейер, резинотканевая лента, резинотросовая лента, дефектоскоп, диагностика.*

Конвейерный транспорт (конвейерная установка, ленточный конвейер или ленточный транспортер) – это в большинстве случаев, стационарный ленточный конвейер, который относится к подъемно-транспортным устройствам непрерывного действия, предназначенный для перемещения горных пород на карьерах и заводах. Безопасность и экономичность является его основными достоинствами (*рис.1*).

Ленты – это основной компонент систем непрерывного транспортирования. Они успешно применяются во многих отраслях промышленности для транспортировки сыпучих материалов (*рис. 2*).

После эксплуатации конвейеров, в течение некоторого времени возникают первоначальные дефекты в ленте, затем количество их возрастает в зависимости от разновидности конвейеров и области их применения, приемной способности и производительности конвейера, а также условий его эксплуатации (*рис. 3*).

В процессе работы конвейера, резиновый слой резинотканевой ленты, может разрушаться из-за циклических нагрузок и механических повреждений. Через эти повреждения влага проникает внутрь ленты к тканям, и лента начинает терять свои прочностные свойства [1-3].

Визуальный метод контроля позволяет определить состояние резинотканевой ленты только относительно качественных критериев оценки. Количественные критерии оценки состояния резинотканевой ленты возможны только при использовании инструментальных методов контроля с применением дефектоскопов.

Существуют ряд стран, которые занимаются созданием дефектоскопов для неразрушающего контроля металлотросовой основы РТЛ. Они основаны на методах регистрации магнитных полей рассеивания (Германия, Россия, прибор УКТЛ). Эти приборы в целом удовлетворительно решали задачу контроля металлотросовой основы РТЛ. Однако, они обладают известными недостатками: это устаревший способ регистрации информации и большая масса дефектоскопов [4-12].

Для преодоления этого недостатка немецкие специалисты уменьшили зоны контроля, измерительная (магнитная) головка их прибора охватывает только 340 *мм* по ширине РТЛ. Поэтому, при контроле ленты полной ширины приходится передвигать магнитную головку поперек ленты. А для контроля таким прибором РТЛ шириной 2000 *мм* требуется прокрутить ленту 6-7 раз, каждый раз перемещая измерительную головку [1, 13-17].

Для решения этой задачи российские специалисты установили прямо на конвейер стационарно блок датчик прибора УКТЛ (масса блока датчиков 40 *кг*), что дало возможность устранить проблему перемещения большой массы. Проанализировав результаты этих испытаний, специалисты ООО «ИНТРОН Плюс» (Россия), выдвинули идею создания измерительной головки (Сканера) с использованием вихретокового метода контроля. Дефектоскоп получил название «Интрокон» (*рис. 4*) [13]. Эти дефектоскопы подходят для уста-

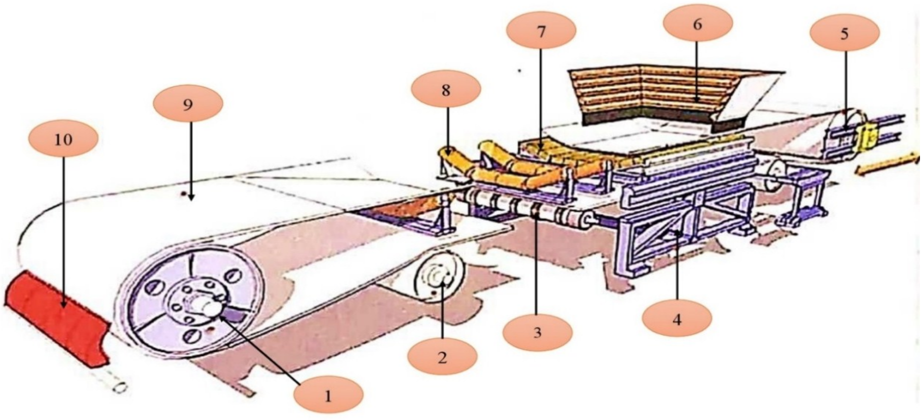


Рис. 1. Ленточный конвейер: 1 – приводной барабан; 2 – отклоняющий барабан; 3 – роликоопора нижней ветви; 4 – опорная конструкция; 5 – концевой барабан (натяжная станция); 6 – загрузочное устройство; 7 – демпферная станция; 3 – роликоопора верхней ветви; 9 – конвейерная лента; 10 – очистное устройство

новки и применения в наших условиях, но стоимость этого дефектоскопа составляет около 30 млн. *рублей* (4,2 млрд. *сум*).

Для снижения количества простоев и уменьшения материальных затрат, в конвейерную установку, авторами выдвинута новая версия дефектоскопа разрывоискателя, который своевременно и точно определяет место обрыва дорогостоящей ленты [1, 13].

Принцип работы данного дефектоскопа.

При прохождении переменного электрического тока по катушке индуктивности (КИ), установленной на холостой (обратной) ветви конвейера вблизи концевого барабана, появляется электромагнитное поле, пересекающее трос РТЛ. Вариации электромагнитного поля, вызванные дефектами металлотросовой основы ленты, создают на выходе электрический ток, который принимает вторая установочная установка. Сигнал, после улучшения усилителем (У) и преобразования в цифровую форму специальным прибором – преобразователем переменного тока (ППТ), обрабатывается в микропроцессоре компьютера на центральном пульте управления (ЦПУ). В микропроцессор поступают также импульсы со счетчика метража (рук дел мастера программиста). Получаемая информация запоминается и выводится на монитор (*рис. 5*).

Рис. 2. Резинотканевая конвейерная лента

Рис. 3. Поперечные (а) и продольные (б) порывы конвейерных лент

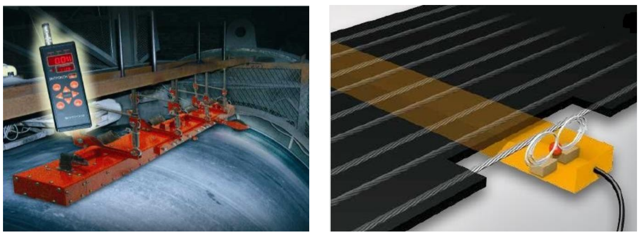


Рис. 4. Вихретоковые дефектоскопы : а – ООО «Интрон Поюс»; б – фирмы «ContiTech»

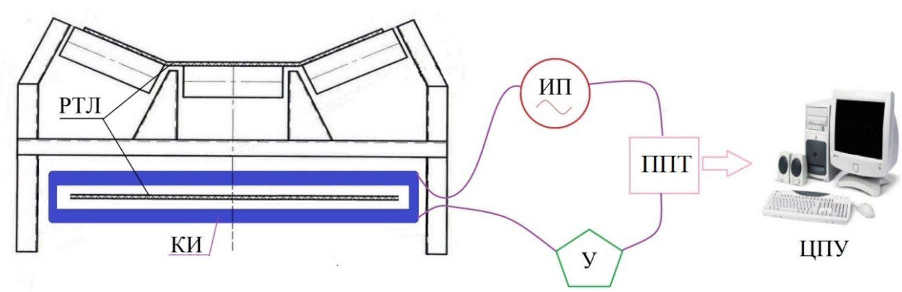


Рис. 5. Принципиальная схема работы дефектоскопа: РТЛ – резинотросовая лента; КИ – катушка индуктивности; ИП – источник питания переменного тока; У – усилитель сигнала; ППТ – преобразователь переменного тока; ЦПУ – центральный пульт управления

В комплект собранного дефектоскопа входят две установки: первая, создающая электромагнитное поле и вторая, принимающая сигнал магнитной индукции взаимодействия тросов с катушкой. Отличие схем собранных установок заключается лишь в толщине обмотки КИ и в количестве электросталевых пластин.

Эти установки некоторое время являлись совершенными, но недостатки всё-таки есть, оборудования являются тяжёлыми и при вибрации конвейера могут развалится.

Создание инновационного устройства для определения дефектов в ленте и оценки изменений состояния конвейерных лент, используемых в горнодобывающей промышленности, является актуальность сегодняшнего дня [6, 9-11].

Из описания Польского патента № PL215143, которое имеет рамку в форме прямоугольной буквы «С» с параллельными горизонтальными рычагами длиной не менее половины ширины конвейерной ленты, два бесконтактных датчика расстояния, предпочтительно лазерные, установлены на плечах коаксиально и направлены навстречу друг другу на базовом расстоянии. Датчики установлены с возможностью скольжения на направляющих вдоль кронштейнов рамы и соединены с установочным блоком, который сохраняет соосное положение во время движения. Сигналы от датчиков передаются на электронный анализатор толщины, а результаты сохраняются в регистраторе, к которому также подключается сигнал от кодировщика, что позволяет определить место, где лента изнашивается в продольном направлении [7, 8, 16-17].

Также, известно описание патента WO2013053013A1, в котором измерительное устройство имеет форму прямоугольной рамки с параллельными более длинными плечами, расположенными над и под поверхностью тест-полоски, на которых ультразвуковые датчики расстояния размещены в один ряд.

В мире известны устройства для измерения толщины ленты и оценки изменения поперечного и продольного профиля ленты, в решениях других авторов измерительный прибор крепится к конструкции ленточного конвейера. Главный недостаток такого решения, отрицательное влияние вибрации ленточного конвейера на результаты измерений, еще один существенный недостаток, это невозможность регулировки расстояния между мерными полосами, что требует высокой точности и аккуратности при установке устройства на конвейер. В устройстве предлагаемым устранены все вышеперечисленные недостатки.

На кафедре «Горная электромеханика» НГГИ ведётся исследование по разработке устройств определения дефектов и по оценке состояния конвейерных лент. Изображенное на *рис. 7* устройство, послужившее прототипом, состоит из двух измерительных полос, расположенных одна над другой параллельно. Ультразвуковые датчики расположены в полосах. Обе планки размещены на двух регулируемых стойках. Верхняя измерительная планка имеет на концах лазерный датчик расстояния. Дефектоскоп для измерения толщины ленты *5* и оценки изменений его поперечного и продольного профиля состоит из опоры и ультразвуковые датчики *3* и *4* установлены на стойках *1*, которые соединены с помощью центровки конвейерной ленты *2* (*рис. 8*).

Датчики крайних расстояний верхней измерительной планки расположены в положении, в котором они находятся вне зоны конвейерной ленты во время работы. Нижняя измерительная планка к каждой стойке жестко и постоянно фиксируется с помощью горизонтальных рычагов, прикрепленных к штанге и стойкам. Верхняя измерительная планка, расположенная над

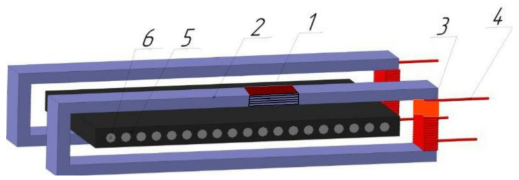


Рис. 6. Схема собранного дефектоскопа-разрывоискателя: *1* – электросталевые пластины (внутр корпуса); *2* – корпус стенда; *3* – изолируюший материал; *4* – медная обмотка; *5* – резинотросовая лента; *6* – трос ленты

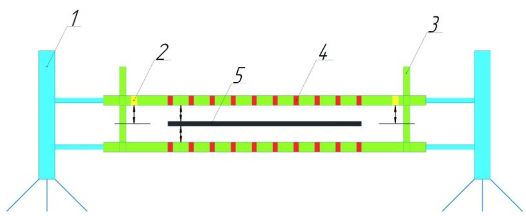


Рис. 7. Конструктивная схема дефектоскопа: *1* – опора, *2* – центровка конвейерной ленты, *3* – опора изменяющего расстояния, *4* – ультразвуковые датчики, *5* – конвейерного лента

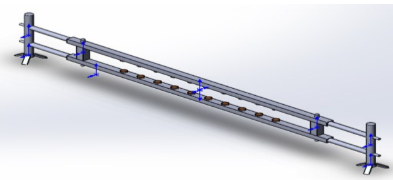


Рис. 8. Дефектоскоп: *1* – опора; *2* – центровка конвейерной ленты; *3* – опора изменяющего расстояния; *4* – ультразвуковые датчики

нижней измерительной полосой, параллельна каждой стойке и прикрепляется путем подвешивания ее на подвеске, прикрепленной к стойке. Каждый кулон регулируется по длине. К нижней измерительной планке на каждом из ее концов прикреплена направляющая в виде стержня или трубки с круглым поперечным сечением, направленная вертикально вверх. Детали дефектоскопа приведены на *рис. 9.* Принцип действия устройства идентичен принципу действия устройств выше указанных авторов. Измерение заключается в регистрации в реальном времени расстояния комплекта датчиков расстояния от поверхности полосы с обеих ее сторон. Сигналы датчиков расстояния передаются на электронный анализатор толщины, а результаты сохраняются в регистраторе, к которому также подключается сигнал от датчика положения, что позволяет определить место износа конвейерной ленты в продольном направлении. Взаимное параллельное положение измерительных полос определяется перед измерением, а во время использования оно контролируется с помощью крайних датчиков, расположенных на обоих концах верхней измерительной полосы.

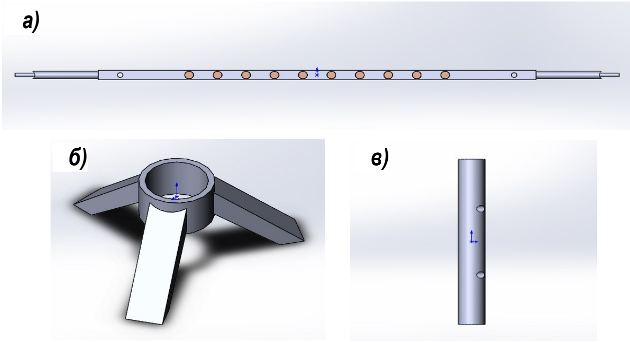


Рис. 9. Детали дефектоскопа: *а* – опора для ультразвуковых датчиков, *б* – основа толщиномера, *в* – стойка

Таким образом на кафедре «Горная электромеханика» НГГИ ведутся исследования над устройством для определения дефектов конвейерных лент. К достоинствам этого устройства относятся: возможность получения обширных данных о работоспособности лент; обнаружение возникающих начальных моментов повреждения лент в местах стыковки (обрывы, порывы, выход троса на поверхность); своевременная остановка конвейера при обрыве лент; малые затраты времени на ликвидацию неисправностей лент, связанные с ремонтом поврежденного участка ленты (при своевременной подаче сигнала); простота управления и обслуживания оборудования; экономичность и лёгкость металлоконструкции устройства.

Библиографический список:

1. Атакулов Л.Н., Тошов Ж.Б., Каххаров С.К., Хайдаров Ш.Б. Метод обнаружения обрыва резинотросовых лент в местах их стыковки // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2018. – №3. – С. 61-65.

2. Phoenocord. Steel Cord Conveyor Belt / Phoenix Conveyor Belt Systems GmbH, 2018. URL: http://www.phoenix-conveyorbelts.com/pages/ products/steel-cord/ phoenocordhistory/phoenocord-history_en.html.

3. Polyflex. Textile Conveyor Belt / Phoenix Conveyor Belt Systems GmbH, 2018. URL: http://www.phoenix-conveyorbelts.com/pages/ products/textile/polyflex/ polyflex_en.html.

4. Атакулов Л.Н., Тошов Ж.Б., Каххаров С.К., Хайдаров Ш.Б. Альтернативный метод стыковки резинотросовых лент // Проблемы энерго- и ресурсосбережения. – Ташкент, 2018. – №3-4. – С. 340-343.

5. Галкин В.И. Современная теория ленточных конвейеров горных предприятий. В.И. Галкин, В.Г. Дмитриев, В.П. Дьяченко и др. – М.: Изд-во МГГУ, 2005. – 543 с.

6. Дмитриев В. Г., Вержанский А. П. Основы теории ленточных конвейеров. – М.: Горная книга, 2017. – 592 с.

7. Ипатов И., Новожилов О., Рябыкин В., Леус Д., Шпякин А. Дефектоскопия резинотросовых конвейерных лент при экспертизе промышленной безопасности // Технадзор. 2016. – № 2. – С. 112-113.

8. Błażej B., Jurdziak L., Kirjanów A., Kozłowski T. A device for measuring conveyor belt thickness and for evaluating the changes in belt transverse and longitudinal profile, Diagnostyka 8(4), 2017, pp. 97-102.

9. Jurdziak L. Określenie wpływu długości przenośnika na trwałość taśm przenośnikowych w kopalni podziemnej, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa PWr, nr 50, Seria: Konferencje nr 11, Podstawowe Problemy Transportu Kopalnianego. – Wrocław, 1988.

10. Küsel 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., 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.

13. Атакулов Л.Н., Каххаров С.К., Хайдаров Ш.Б. Выбор оптимального метода стыковки резинотросовых конвейерных лент // Горный журнал. – Москва, 2018. – №9. С. 97-101. DOI: 10.17580/gzh.2018.09.16.

14. Галкин 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.

15. Polyflex. Textile Conveyor Belt / Phoenix Conveyor Belt Systems GmbH, 2018. URL: http://www.phoenix-conveyorbelts.com/pages/ products/textile/polyflex/ polyflex_en.html.

16. Liu X., Pang Y., Lodewijks G., He D. Experimental research on condition monitoring of belt conveyor idlers // Measurement. 2018. Vol. 127, pp. 277-282.

17. 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.

УДК 616.5:616.516-08-08-084

ДИАГНОСТИКА И ЛЕЧЕНИЕ РАЗНОЦВЕТНОГО ЛИШАЯ У РАБОТНИКОВ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Рахматов А.Б.,
руководитель отдела
генодерматозов РСНПМЦДВиК МЗ РУз.,
д.м.н., профессор

Джалилов Ш.С.,
врач дерматовенеролог МСО НГМК

Kon-metallurgik soxada ishlovchilarni tibbiy ko'rikdan o'tkazilgandi zambrug' kasalliklar (rang-barang temiratki) xolatlari aniqlandi, ularni kelib chiqishi kop xollarda ishlab chiqarishda professional axamiyatga ega bo'ladi (yuqori xarorat, namlik, changlanish va boshqalar). Kasallikni erta aniqlash, diagnostika qilish, laborator tekshiruvlar va kerak bo'lgan davo muolajalarini o'tkazish ushbu mikozni o'sish sonlarini kamayishiga olib keldi. Barcha NTMK di maxsus davolash va oldini olish choralari ishlab chiqildi (kiyimlarni tozalash, dushli erlarda maxsus eritmalarni qo'llash va boshqalar) bu esa o'z navbatida ushbu kasallikni oldini olish samaradorligini oshiradi.
Tayanch iboralar: *Zamburug' kasalliklari, rang-barang temiratki, klinika, diagnostika davolash, oldini olish.*

Проведение медицинских осмотров среди работников горно-металлургической отрасли позволили выявить случаи грибкового заболевания (разноцветный лишай), возникновение которого во многом было связано с определенными профессиональными особенностями производства (повышенная температура, влажность, запыленность и др.). Ранняя диагностика заболевания, включая и лабораторные исследования, и проведение соответствующей терапии способствовало снижению частоты выявления данного микоза. На всех предприятиях НГМК организованы специальные лечебно-профилактические мероприятия (обработка белья, использование специальных растворов в душевых и др.), что позволило эффективно проводить профилактику данного заболевания.
Ключевые слова: *грибковые заболевания, разноцветный лишай, клиника, диагностика, лечение, профилактика.*

Малассезиозы кожи – объединяют инфекционные заболевания, обусловленные грибами из рода Malassezia: разноцветный (отрубевидный) лишай, фолликулит и редкие диссеминированные инфекции. Поражения кожи, связанные с грибами рода Malassezia, включают не только перечисленные инфекции, но и себорейный дерматит [1-4]. Разноцветный лишай является поверхностной хронической грибковой инфекцией. Частота встречаемости данного микоза колеблется от 5 до 10% в умеренном климате и до 40-50% – в тропиках и субтропиках, в связи с высокой температурой и влажностью [1, 5].

При малассезиозах кожи поражается роговой слой эпидермиса, в связи с чем, согласно классификации грибковых заболеваний кожи, указанные заболевания рассматриваются как группа кератомикозов [6-8, 4]. Согласно современной номенклатуре возбудитель разноцветного лишая называется Malassezia furfur, причем их антигенные свойства весьма различные и зависят от климатогеографического распространения [4, 9]. От больных разноцветным лишаем выделялись разные виды Malassezia: M. globosa, M. sympodialis, M. furfur. Ранее возбудителем называли вид Pityrosporum orbiculare. На сегодня известно 13 видов этого рода – комменсалы на коже человека и теплокровных. Они могут вызвать дерматоз и системные инфекции у людей, а также, поражения кожи и наружный отит у животных. Грибы Malassezia обитают на коже человека и теплокровных животных. Считается, что не менее 90% всего населения являются носителями Malassezia. На коже человека наибольшая плотность колонизации кожи отмечается в наиболее богатых сальными железами участках: в области волосистой части головы (особенно около ушных раковин), на лице и посередине груди и спины, а также в области гениталий. Интенсивность колонизации изменяется с возрастом: она крайне низка у новорожденных и затем постепенно повышается к пубертатному периоду по мере возрастающей активности сальных желез [10]. На качественные и количественные характеристики колонизации могут влиять климатогеографические условия, чем объясняют большую вероятность носительства и развития разноцветного лишая в жарких странах [1, 4]. По данным североамериканских и европейских источников, на коже здоровых лиц преобладают M. sympodialis и M. globosa, в сообщениях японских ученых несколько чаще регистрируются M. furfur и M. restricta. Помимо возможной зависимости видовой структуры колонизации от географических или этнических факторов, указывают на разное распределение видов Malassezia на различных участках тела. Так, на коже туловища (особенно спины) чаще выделяют M. sympodialis, на волосистой части головы – M. restrica, а M. globosa, может почти с равной частотой обнаруживаться в любой локализации.

Разноцветный лишай распространен повсеместно, поражая до 10% всего населения. В жарких странах разноцветный лишай встречается чаще [1, 5]. В средних широтах большинство случаев заболевания приходится на летний период. Болеют чаще взрослые и молодые люди; пик заболеваемости приходится на 20-летний возраст, причем у детей и пожилых заболевание встречается редко [3]. Передача возбудителя от больного разноцветным лишаем или носителя происходит через одежду, однако, в большинстве случаев источник инфекции эндогенный. Поэтому разноцветный лишай не считается контагиозным заболеванием. Предрасполагающим состоянием считается ятрогенное иммунодефицитное состояние [2, 4, 11].

Заболевание начинается с появления небольших, с четким краем, пятен или слегка приподнятых над поверхностью кожи папул. Мелкие пятна часто располагаются вокруг волосяных фолликулов. Цвет пятен от желтовато-розового «кофе с молоком», до коричневого разных оттенков. Пятна часто сливаются, образуя крупные очаги. На поверхности пятен можно заменить незначительное «отрубевидное» шелушение. Цвет пятен отличается от цвета окружающей кожи: у людей со светлой кожей очаги поражения выглядят темнее, у смуглых или загорелых людей они светлее, депигментированы. У одного и того же больного могут присутствовать как гиперпигментированные, так и гипопигментированные пятна, напоминая иногда такое заболевание как синдром Пейтца-Егерса-Турена [12]. Цвет пятен в основном определяется воздействием ультрафиолетового облучения, в отличие от цвета окружающей кожи, он не меняется после загара. В редких случаях встречаются воспалительные, с эритемой и небольшой инфильтрацией, очаги [4, 8].

Типичная локализация поражений при разноцветном лишае – богатые сальными железами области тела: грудь, спина, шея, плечи. Реже вовлекаются подмышечные, паховые области, предплечья и голени. В тропическом климате чаще наблюдаются поражения лица, живота, волосистой части головы. Волосы и ногти не поражаются. Изменения на коже, как правило, не сопровождаются субъективными ощущениями. Для заболевания характерно многолетнее рецидивирующее течение [13]. Несмотря на большое количество научных исследований, посвященных изучению патогенетических механизмов развития и лечения разноцветного лишая, клинической структуре, особенности течения с учетом иммунного статуса у работников горно-металлургической отрасли ранее не изучались, вышеуказанные параметры позволят глубже понять патогенез и усовершенствовать методику терапии разноцветного лишая.

Целью настоящего исследования являлось усовершенствование методики лечения больных разноцветным лишаем, учитывая состояние иммунной системы.

Объектом и предметом исследования являлись 120 пациентов (мужчин 109, женщин 11), являющихся работниками НГМК, у которых был установлен клинический диагноз разноцветного лишая.

Методы исследования: клинические, микробиологические, иммунологические, статистические.

Материалы и методы исследования. Под нашим наблюдением находилось 120 больных в возрасте от 20 до 55 лет, из них городских жителей было 75 (62,5%) и сельских – 45 (37,5%). Давность заболевания составляла от 1 месяца до 10 лет, в том числе до 1 года – у 64 (53,3%) больных, от 1 до 5 лет – у 20 (16,7%) и свыше 5 лет – у 36 (30%) больных.

Из возможных источников заражения были отмечены следующие: посещение душевых – 17 (14,2%) пациентов, использование чужих нательных предметов – 10 (8,3%), несоблюдение правил личной гигиены – 68 (56,7%) и остальные 25 (20,8%) больных не смогли связать возникновение своего заболевания с воздействием какого-либо экзогенного фактора. При изучении анамнестических данных больных разноцветным лишаем были установлены следующие сопутствующие заболевания: у 12 (10%) больных выявлены заболевания желудочно-кишечного тракта; у 23 (19,2%) – патология печени и желчевыводящих путей; у 4 (3,3%) – патология почек; у 10 (8,3%) – состояние железодефицитной анемии; у 20 (16,7%) – очаги хрониосепсиса. У 51 (42,5%) пациента разноцветный лишай протекал без сопутствующей патологии. Перед началом лечения было проведено тщательное клинико-лабораторное обследование больных, включающее микроскопическое исследование чешуек с очагов поражений. Микробиологический метод заключается в обнаружении возбудителя Malassezia furfur. Добавление капли 10-20% раствора щелочи (KOH или NaOH) к препарату на предметное стекло позволяет растворить кератин и остатки клеток эпидермиса, оставляя неповрежденными клетки гриба. Препарат накрывается покровным стеклом, слегка надавливая, отжимают излишнюю жидкость и высушивают на слабом пламени горелки, микроскопируют препарат через 10-15 *мин*.

Определение относительного количества Т- и В-лимфоцитов, Т-хелперов и Т-супрессоров проводили методом непрямого розеткообразования с использованием иммунореагента – эритроцитов человека I группы Rh- и нагруженные через 3% раствор хлорного хрома моноклональными антителами специфичности СД3 – для рецепторов Т-лимфоцитов, СД4 – для Т-хелперов, СД8 – для Т-супрессоров и СД19 – для В-лимфоцитов.

Полученные при исследовании данные подвергали статистической обработке на персональном компьютере Pentium-V с помощью программного пакета Microsoft Office Excel-2008, включая использование встроенных функций статистической обработки. Использовались методы вариационной параметрической и непараметрической статистики с расчетом средней арифметической изучаемого параметра (M), среднего квадратичного отклонения (õ), стандартной ошибки среднего (m), относительных величин (частота, %), статистическая значимость полученных измерений при сравнении средних величин определялась по критерию Стьюдента (t) вычислением вероятности ошибки (р) при проверке нормальности распределения (по критерию эксцесса) и равенства генеральных дисперсий (F-критерий Фишера). За статистически значимые изменения принимали уровень достоверности $p<0,05$, при этом придерживались существующим указаниям по статистической обработке данных клинических и лабораторных исследований.

Таблица 1

Разновидности атипичных форм разноцветного лишая

Клинические формы	Количество больных	
	абсолютное количество	%
Псевдопапулезная	5	10,2
Уртикароподобная	3	6,1
Фолликулярная	3	6,1
Себорейная	26	53,1
Стертая	5	10,2
Эритразмоподобная	2	4,1
Лихеноидная	3	6,1
Эритематозно-сквамозная	2	4,1
Итого:	*49*	*100*

Известно, что для установления диагноза разноцветного лишая необходимо провести микроскопические исследования на выявление в чешуйках, взятых с очагов поражений, Malassezia furfur. При обследовании всех 120 больных диагноз разноцветного лишая был подтвержден выявлением Malassezia furfur с очагов поражений. Необходимо указать, что для клинического течения разноцветного лишая характерно мелко-пластинчатое шелушение, иногда невидимое, что предполагает проведение специальной пробы Бальцера (йодная проба): при смазывании очагов поражений 5% спиртовой настойкой йода происходит окрашивание очагов поражений в буровато-коричневатый цвет за счет пропитывания невидимых чешуек настойкой йода. Следует указать, что одной из клинических особенностей современного течения разноцветного лишая является наличие субъективных ощущений в виде жжения и зуда кожи, на что указали 96 (80%) больных. Все больные разноцветным лишаем в зависимости от характера высыпаний были подразделены на II группы: I группа состояла из 71 (59,2%) пациентов с наличием распространенных микотических высыпаний (классическая форма); II группа – 49 (40,8%) больных с наличием атипичных форм микоза (папулезная, уртикароподобная и др.). При наличии атипичных форм разноцветного лишая значительно затрудняется диагностика микоза, так как, согласно анамнестическим данным, все наблюдаемые пациенты ранее получали лечение по поводу разнообразных кожных и грибковых заболеваний. Наличие атипичных форм разноцветного лишая (40,8%) значительно затрудняет диагностику данного микоза. Так, в исследованиях Абдуллоевой М.А. и Зоирова П.Т. [1] было отмечено выявление атипичных форм разноцветного лишая у 20,9% пациентов, причем были описаны такие формы, как цирцинатная и витилигинозная.

Исследование иммунного статуса у 64 больных разноцветным лишаем показало, что до начала лечения у них наблюдалось достоверное снижение количества СД4-клеток и повышение содержания СД8- и СД19-клеток ($p<0,05$). Анализ иммунологических показателей среди больных разноцветным лишаем I и II группы выявил значимые отличия, так если снижение уровня СД4-клеток в первой группе составляло 23,2%, то уже во второй группе аналогичный показатель был снижен у 44,9%, что является доказательством взаимосвязи иммунитета именно с развитием атипичных форм разноцветного лишая. Аналогичная тенденция было отмечена и со стороны других показателей клеточного звена иммунитета.

Исследование состояния иммунной системы больных разноцветным лишаем в зависимости от давности заболевания выявило, что во всех обследованных группах больных отмечалось достоверное снижение СД4-клеток, причем выраженность снижения была более заметна у больных с давностью заболевания свыше 5 лет (на 47,8%). С увеличением давности заболевания наблюдалось более выраженное повышение СД8-клеток по сравнению с контрольными значениями. Это показывает, что изменения содержания СД4- и СД8-клеток оказались в прямой зависимости от длительности существования грибковой инфекции, что может вызывать ослабление защитных сил организма и служить толчком рецидивов заболевания. Ранее было отмечено, что нарушение микробиоза кишечника у больных разноцветным лишаем может приводить к иммунологическим нарушениям, которые могут рассматриваться как один из патогенетических механизмов развития рассматриваемого микоза [14, 15]. На основании вышеизложенного, лечение больных разноцветным лишаем предусматривало использование антимикотического препарата (текназол) в сочетании с иммунотропным препаратом (полиоксидоний), причем все пациенты были подразделены на II группы: I группа (60 больных) – получала только текназол; II группа (60 больных) – текназол в сочетании с полиоксидонием. Текназол назначался по 100мг 2 раза в день (после еды) в течение 20 дней, полиоксидоний применялся по 12 *мг* 2 раза в день также в течение 20 дней.

Следует указать, что существуют разные методы использования итраконазола при разноцветном лишае, в частности имеются указания о назначении итраконазола по 200 *мг* 2 раза в день на протяжении 7 дней [13, 16]. Проведенное лечение показало, что у больных разноцветным лишаем, получавших только текназол отмечалось исчезновение субъективных ощущений в среднем на 6,7±0,7 *сут* с момента начала лечения, в то время как у больных второй группы данный показатель составлял 4,2±0,3 *сут*, что указывает на более быстрое исчезновение субъективных ощущений у пациентов, получавших комплексное лечение (текназол+полиоксидоний).

Разрешение и исчезновение клинических проявлений разноцветного лишая отмечалось у больных I группы в среднем на 10,9±1,2 день, а у больных II группы – на 6,9±0,8 день, что является доказательством более высокой этиопатогенетической терапии, включением полиоксидония.

Ближайшие результаты лечения оценивали по следующим критериям: клиническое выздоровление – полное разрешение всех высыпаний; значительное улучшение – полное исчезновение патологических симптомов и небольшие остаточные явления; улучшение – уменьшение количества высыпаний и субъективных ощущений; без эффекта – отсутствие эффекта. Проведенное лечение позволило получить клиническое и микологическое выздоровление у больных I группы в 72,3%, во II группе – в 95,9%, что подтверждает целесообразность применения иммунотропных препаратов (полиоксидоний) при лечении больных разноцветным лишаем.

Ранее было отмечено, что у больных разноцветным лишаем, выявляется иммунодефицитное состояние, для коррекции которой был использован иммунотропный препарат. После проведенного лечения у больных I и II групп отмечалось достоверное повышение относительного количества СД4-клеток и снижение уровня СД8-клеток, соответственно. Однако эффективность в обеих группах была неодинакова. Так, если у больных I группы содержание СД4-клеток увеличилось на 10,2% и количество СД8-клеток снизилось на 9,5%, то у больных II группы показатель СД4-клеток повысился на 57,2%, а количество СД8-клеток, наоборот, уменьшилось на 37,3%, что является убедительным доказательством иммуномодулирующего эффекта полиоксидония у больных разноцветным лишаем.

Обязательным условием сохранения длительной клинической ремиссии является профилактика микоза, особенно в условиях производства путем использования специальных средств в душевых (растворы, гели и др.) [13, 17].

Таким образом, полученные данные свидетельствуют, что разработанный метод лечения больных разноцветным лишаем, оказывает более эффективное действие на показатели системы иммунитета. Включение в комплексную терапию препарата полиоксидоний, способствует нормализации изученных показателей клеточного звена иммунитета, наряду с повышением терапевтической эффективности, когда значительно возрастает число пациентов с клинико-микробиологическим выздоровлением. Все лечебно-диагностические мероприятия должны проводиться параллельно с улучшением медико-санитарных условий производственной деятельности пациентов, страдающих данным микозом, что исключит вероятность возникновения последующих рецидивов разноцветного лишая.

Библиографический список:

1. Абдуллоева М.А., Зоиров П.Т. Современный взгляд на разноцветный лишай: некоторые аспекты патогенеза и клинические особенности течения в условиях жаркого климата. Вестник Авиценны, 2017. – № 19(1). – С. 31-35.

2. Антонов В.Б., Медведева Т.В. Все о грибковых болезнях человека. – Санкт-Петербург: БИНОМ, 2015. – 252 с.

3. Котрехова Л.П. Отрубевидный лишай. Вестник дерматологии и венерологии. – Москва, 2016. – № 2. – С. 104-109.

4. Сергеев А.Ю., Сергеев Ю.В. Грибковые инфекции. Руководство для врачей. – Москва: БИНОМ, 2008. – 480 с.

5. Karakas M. Epidemiology of Pityriasis versicolor in Adana. J. Dermatol. – Turkey.2009.

6. Кочергин Н.Г., Толчина Л.В. Еще раз о разноцветном лишае и малассезиях. Клиническая дерматология и венерология, 2008. – №4. – С. 115-119.

7. Кутасевич Я.Ф. К вопросу об атипичных формах микозов гладкой кожи. Дерматология и венерология. – Украина, 2015. – № 4. – С. 96-101.

8. Панкратов В.Г., Панкратов А.О., Худобокова Н.Н. К вопросу о клинике, диагностике и лечении отрубевидного лишая // Медицинский журнал, 2015. – № 53(3). – С. 18-22.

9. Framil VMS. Pityriasis versicolor: isolation and identification of the main species of Malassezia. Ann Bras Dermatol. 2010. 85(1), pp. 111-114.

10. Касихина Е.И. Поверхностные микозы у детей. – Москва: ВИДАР, 2016. – 168 с.

11. Day T. Vilvar pityriasis versicolor in an immunocompetent woman. J. Low Genit Tract Dis. 2014. 18(3), pp. 71-73.

12. Серебрякова И.С., Корнишева В.Г., Шевяков М.А. Разноцветный лишай у пациента с синдромом Пейтца-Егерса-Турена. Проблемы медицинской микологии, 2020. – №22(3). – 126 с.

13. Романенко К.В., Сидоренко И.А., Ермилова Н.В., Романенко В.Н. Профилактика обострений разноцветного лишая гель-бальзамом с тербинафином. – 2019. – № 24(2). – С. 55-58.

14. Махсудов М.Р., Маматкулов У.А. Взаимосвязь нарушений иммунной системы и микробиоза кишечника у больных разноцветным лишаем. Российский журнал кожных и венерических болезней, 2016. – № 19(6). – С. 349-351.

15. Махсудов М.Р., Сабиркулов Ш.У. Микробиота толстой кишки при разноцветном лишае. Проблемы медицинской микологии. – Россия, Санкт-Петербург, 2016. – № 18(1). – С. 17-19.

16. Романенко К.В., Белик И.Е., Ермилова Н.В., Романенко В.Н. Опыт использования итраконазола в терапии распространенного разноцветного лишая. Архив клинической и экспериментальной медицины. Кафедра дерматовенерологии ГОО ВПО ДОННМУ им. М. Горького. – Донецк, 2020. – № 29 (1). – С. 60-62.

17. Хамидов Ф.Ш. Спреи в лечении разноцветного лишая. Успехи медицинской микологии, 2017. – № 17. – 54 с.

ШАРИПОВ ХАСАН ТУРАБОВИЧ

Директору Института общей и неорганической химии АН РУз, профессору Национального университета РУз им. М. Улугбека, доктору химических наук, профессору, известному ученому в области неорганической, физической химии и технологии редких, благородных металлов Хасану Турабовичу Шарипову исполнилось 75 лет и 50 лет научно-педагогической деятельности.

В 1971 г. после окончания института по специальности «Химическая технология редких и рассеянных элементов» работал лаборантом НИС МИТХТ им. Ломоносова и в том же году поступил на учебу в очную аспирантуру МИТХТ им. Ломоносова. В 1974 г. защитилкандидатскую диссертацию «Спектроскопические исследования активированных кристаллов на основе CeF_3».

По окончании аспирантуры Хасан Турабович направлен на работу в Институт электроники АН РУз. С 1976 по 1993 гг. работал в Институте химии АН РУз сначала младшим, позже старшим научным сотрудником, а с 1982 года заведующим лабораторией физико-химических методов исследований. В 1994 г. назначен на должность заместителя руководителя по науке и проектированию, а в 2000 г. постановлением КМ РУз от 23 мая 2003 г. № 201 – руководителем Республиканской организации «Спецсплав» при Кабинете Министров Республики Узбекистан.

В 1999-2000 гг. был директором института «Узрангметлойиха» Ассоциации «Узалмаззолото». В 1990 г. защитил докторскую диссертацию на тему «Кристаллохимия и спектрохимия некоторых классов соединений d- и f-переходных металлов» по специальностям неорганическая и физическая химия. Звание профессора присвоено в 1992 г.

В 1995 г. избран академиком Международной академии информатизации по отделению «Драгоценные металлы и драгоценные камни».

Под руководством профессора Х.Т. Шарипова сформировалась и успешно развивается научная школа в одном из важнейших разделов физической химии-кристаллохимии, спектрохимии неорганических и координационных соединений редких, рассеянных элементов и элементов платиновой группы, устанавливающих связь между структурными и химическими свойствами, которая позволяет прогнозировать и проводить целенаправленный синтез химических соединений с заданными свойствами и является физико-химической основой создания технологии получения редких и благородных металлов.

Общеизвестными и классическими являются выполненные им и его школой исследования кристаллической, электронной структуры, стереохимии, спектроскопических свойств и природы химической связи в оксокомплексах и в 18 электронных нитрозокомплексах Ru, Os, в оксидных и фторидных кристаллах, активированных ионами редкоземельных элементов.

Одним из таких шагов было создание РО «Спецсплав», в задачу которого входило создание новых наукоемких технологий комплексной переработки минерального сырья.

Х.Т. Шарипов являясь заместителем руководителя РО «Спецсплав» активно работает по созданию новых наукоемких технологий в металлургии цветных и редких металлов в республике.

Х.Т. Шарипов – автор более 700 научных работ, в том числе десяти монографий и одного учебного пособия, 22 авторских свидетельств и патентов РУз., а также ряда учебно-методических пособий.

За последние два года для горной промышленности Республики Узбекистан были подготовлены под руководством проф. Шарипова Х.Т. свыше десяти высоквалифицированных докторов философии PhD и докторов технических наук DSc, в том числе два доктора технических наук PhD и DSc. Под его руководством и при его участии подготовлены более двадцати кандидатов, докторов философии PhD и 9 доктора наук DSc, многочисленные бакалавры и магистры для металлургической отрасли республики.

Х.Т. Шарипов ведет большую научно-организационную работу: был заместителем председателя Объединенного специализированного совета Д 015.13.01 по присуждению ученой степени доктора наук при Институте химии АН РУз, председателем научного совета по присуждению ученой степени доктора наук по специальности 05.17.02 – «Химическая технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов» ТХТИ, заместитель председателя Научного Совета Национального университета Узбекистана им. Мирзо Улугбека. В настоящее время при Научном Совете при ИОНХ начаты защиты по специальности 02.00.19 «Химическая технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов».

Большую работу проводит по формированию приоритетных направлений науки в республике, являясь членом проблемных советов и будучи председателем и членом экспертного совета Министерства инновационного развития РУз .

Большую работу проводит по повышению уровня научных публикаций в качестве редактора научных изданий «Узбекский химический журнал», члена редколлегии журнала «Химия и химическая технология».

Награжден дипломами и премиями ВХО им. Д.И. Менделеева, дипломом и премией ГКНТ РУз и юбилейной медалью в честь 10-летия и 30-летия Независимости Республики Узбекистан, нагрудными знаками «Горняцкая слава» III-степени, «Ветерана труда» I-степени, медалью «Основатель научной школы», медалью Альберта Нобеля за заслуги в области науки и изобретательства.

Профессор Х.Т. Шарипов полон энергии и находится в расцвете творческих сил. Его многогранная жизнь ученого-педагога и разносторонняя общественная деятельность пример беззаветного служения отечественной науке.

Руководство АО «НГМК», АО «АГМК», ГП «Навоийуран», ТГТУ им. И. Каримова, НГГИ, Академия наук Республики Узбекистан, Алмалыкский филиал НИТУ «МИСИС», Алмалыкский филиал ТГТУ, ООО «O'zGEORANGMETLITI», редакция журнала «Горный вестник Узбекистана», а так же друзья и коллеги поздравляют Шарипова Хасана Турабовича с 75-летним юбилеем и желают ему крепкого здоровья, жизненной энергии, творческих успехов и новых научных достижений.

SAYYIDQOSIMOV SAYYIDJABBOR SAYYIDQOSIM O'G'LI

2022 yil 1 yanvarda, konchilikning, marksheyderiya va geomexanika fanlari sohasidagi taniqli olim, texnika fanlari doktori, Toshkent davlat texnika universiteti Marksheyderlik ishi va geodeziya kafedrasining professori Sayyidqosimov Sayyidjabbor Sayyidqosim o'g'li 75 yoshga to'ldi.

1971-1989 yillarda Toshkent politexnika institutining «Geodeziya va marksheyderiya» kafedrasida katta o'qituvchi lavozimida faoliyat olib borgan.

1989 yil yanvar oyida Leningrad konchilik institutining ixtisoslashtirilgan ilmiy kengashida nomzodlik dissertatsiyasini yoqlab, 1990 yil aprel oyidan Toshkent davlat texnika universtetining «Marksheyderiya va geodeziya» kafedrasida dotsent lavozimida o'qituvchilik faoliyatini davom ettirgan.

1979-1989 yillar Toshkent politexnika instituti ko'p nusxali gazetasi «Politexnik» da muharrirlik qilgan (jamoatchilik asosida). 1985 yil O'zbekiston Respublikasi va SSSR jurnalistlari uyushmasi a'zoligiga kabul qilingan.

1996 yilda Navoiy davlat konchilik institutida Tezlashtirilgan ta'lim fakulteti dekani lavozimida faoliyat ko'rsatgan.

1997 yil iyun oyidan boshlab O'zbekiston Respublikasi kichik tadbirkorlik va xususiy biznesni ko'llab-kuvvatlash fondi «Biznes fond» ga ishga o'tgan. Mazkur aktsiyadorlik jamiyatida bosh mutaxassis, boshqarma boshlig'i, departament boshlig'i-rais o'rinbosari maqomidagi lavozimlarda ishlagan.

1999 yil oktyabrdan boshlab «San-te» xorijiy korxonasida ishni davom ettirib, shu korxonaga karashli tizimda prezident maslahatchisi, Savdo uyi ijrochi direktori, ko'shma korxona vitse-prezidenti lavozimlarida faoliyat olib borgan.

2002-2006 yillarda Turkiya – O'zbekiston qo'shma korxonasi «Semurg-Sante» da ta'sischilar kengashi raisi lavozimida ishlagan.

2007 yildan ToshDTU Konchilik ishi kafedrasi dotsenti, 2008-2015 yillarda «Marksheyderlik ishi va geodeziya» kafedrasida dotsenti, mudiri lavozimida ilmiy-pedagogik faoliyatini davom ettirgan. 2020 yildan shu kungacha «Marksheyderlik ishi va geodeziya kafedrasi»da professor lavozimida ishlab kelmoqda.

Professor S.S. Sayyidqosimov 5 ta ilmiy monografiya, 4 ta o'kuv ko'llanma, 2 ta darslik, 4 ta uslubiy qo'llanma, uchta praktikum, ikkita lug'at va 150 dan ortiq ilmiy maqolalar muallifi.

Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining «Oliy ta'lim a'lochisi» ko'krak nishoni, II, III – darajali «Konchilik shuhrati» medali bilan taqdirlangan.

2011 yilda Xalqaro ekologiya va hayot faoliyati havfsizligi fanlari akademiyasining haqiqiy a'zoligiga saylangan. Akademiya tarkibidagi faoliyati akademiya prezidumi tomonidan «Jasorat» ordeni va «MANEB xizmatlari uchun» ordeni bilan baholangan.

Butun jahon ekspert-attestatsion qo'mita qoshidagi Butun jahon attestatsion komissiyasining 2015 yil 28 oktyabrdagi qarori bilan unga «Sanoat xavfsizligi» mutaxassisligi bo'yicha professor ilmiy unvoni berilgan.

2016 yil 14 sentyabrda Avstraliyaning Brisbern shahrida bo'lib o'tgan Jahon marksheyderlari jamiyatining XVI Xalqaro Kongressida (ISM) Prezidumi a'zosiga saylangan.

2016 yildan Rossiya Federatsiyasining «XXI Vek-Texnosfernaya bezopanost» jurnalining tahririyat kengashi a'zosi.

2018 yilda O'zbekiston marksheyderlari jamiyatining 1-s'ezdida Jamiyat Prezidenti etib saylangan.

2017 yildan Moskvadagi «Gornaya kniga» nashriyoti marksheyderiya, kon geometriyasi, konchilik kvalimetriyasi va geomexanika bo'yicha Xalqaro o'quv uslubiy kengashi a'zosi.

O'zbekiston Respublikasi Oliy Attestatsiya komissiyasining 2020 yil 31 dekabrdagi qarori bilan Marksheyderiya fani bo'yicha professor ilmiy unvoni berilgan.

2021 yil 13 yanvarda Moskva Milliy tadqiqotlar universiteti (MISiS) ning Olmaliq filiali qoshidagi ilmiy kengashda «Polimetall konlarni er osti usulida qazib olishdagi tog' jinslari massivida sodir bo'ladigan geomexanik jarayonlarni marksheyderlik monitoringining kon geometrik asoslari» mavzuida doktorlik dissertatsiyasini yoqlagan.

Professor S.S. Sayyidqosimov ilmiy faoliyati er osti boyliklarini qazib olishda sodir bo'ladigan geomexanik jarayonlarning monitoringiga bag'ishlangan bo'lib, seysmofaol zonalarda joylangan murakkab strukturali ruda konlaridagi tog' jinslari massivi ustuvorligi, ularda sodir bo'ladigan kon zarbasining paydo bo'lish sharoitini prognoz qilishga bag'ishlangan.

Kon ko'rsatkichlarini ko'p faktorli geometrizatsiyalash va matematik modellashtirish negizida tog' jinslari massivida geomexanik jarayonlarni prognozlashni nazariy asoslagan.

S.S. Sayyidqosimov tomonidan taklif qilingan nazariy g'oyalar O'zbekiiston Respublikasidagi rangli metalli ruda konlarini qazib olish korxonalari amaliyotida tadbiq etilgan.

S.S. Sayyidqosimov Toshkent davlat texnika universitetida olib borilayotgan qator ilmiy ishlanmalar rahbari, marksheyderlik ishi, geodeziya, kartografiya va kadastr ta'lim yo'nalishi va magistratura mutaxassisliklari bo'yicha davlat standarti va malaka talablarini ishlab chiqqan mualliflardan biri.

Professor S.S. Sayyidqosimov konchilik ishi, marksheyderlik ishi, geodeziya, kartografiya va kadastr sohasida oliy ma'lumotli mutaxassislarni tayyorlash jarayonining faol ishtirokchisi. Ular tomonidan Kon geometriyasi, Konchilik kvalimetriyasi, Konchilik huquqi, Xatolar nazariyasi va tenglash hisoblari, Marksheyderlik-geodezik o'lchovlarni matematik ishlab chiqish kabi fanlar bo'yicha darslar olib boriladi.

S.S. Sayyidqosimov rahbarligida 6 ta fan nomzodi va 60 dan ortiq magistrlar tayyorlangan. Ular ishtirokida diplomli bo'lgan 1000 dan ortiq marksheyderlar geologiya-qidiruv va konchilik sohasida faol mehnat qilishmoqda.

«NKMK» AJ, «AGMK» AJ rahbariyati, «Navoiyuran» davlat korxonasi, I. Karimov nomidagi TDTU, NDKI, O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi, PQMU «MISIS» Olmaliq filiali, TDTU Olmaliq filiali, «O'zGEORANGMETLITI» MChJ, «O'zbekiston konchilik xabarnomasi» jurnali muharrirlari, shuningdek, do'stlar va hamkasblari Sayyidqosimov Sayyidjabbor Sayyidqosim o'g'lini 75 yoshga to'lgan tavallud ayyomi bilan tabriklab, unga mustahkam sog'lik, kuch-g'ayrat, ijodiy muvaffaqiyatlar va yangi ilmiy yutuqlar tilaydi.

INOGAMOV IBRAGIM ILXAMOVICH

2022 yil 31 mayda, Toshkent davlat texnika universitetining «Muxandislik geologiyasi va konchilik ishi» fakultetining «Marksheyderlik ishi va geodeziya» kafedrasi dotsenti, respublikamizdagi kon-marksheyderlik sohasidagi eng yaxshi mutaxassislardan biri Inogamov Ibragim Ilxamovich 70 yoshga to'ldi.

Inogamov Ibragim Ilxamovich 1974 yilda Toshkent politexnika institutining «Kon-metallurgiya» fakulteti «Marksheyderlik ishi» ixtisosligi bo'yicha tugatib, o'z ish faoliyatimni «Sredazniprotsvetmet» ilmiy tekshirish institutida injener lavozimidan boshlagan.

1975 yilda Toshkent politexnika institutida avval stajer-izlanuvchi, 1977-1980 yillar aspirant, 1980-1997 yillar assistent, katta o'qituvchi, dotsent lavozimlarida ishlagan.

1985 yilda Moskva konchilik institutida nomzodlik dissertatsiyasini yoklab, 1985 yildan 1997 yilgacha dekan muovini, prorektor o'rinbosari lavozimlarida ishlagan.

2000-2002 yillar «Transqurilishservis» korxonasida bosh direktor lavozimlarida ishlagan.

2002 yildan Toshkent shaxar «Nuroniy» jamg'arma Uchtepa tuman bo'limida bosh mutaxassis va 2005-2013 yillar jamg'arma raisi sifatida ishlagan.

2011 yilda «O'zbekiston Respublikasi Mustaqilligining 20 yilligi» ko'krak nishoni bilan taqdirlangan.

2013 yildan Toshkent Davlat texnika universitetining «Muxandislik geologiyasi va konchilik ishi» fakultetining «Marksheyderlik ishi va geodeziya» kafedrasi dotsenti lavozimida hozirgi kungacha ishlab kelmokda.

Shu yillar davomida Inogamov Ibragim Ilxamovich 20 ga yaqin magistrlik dissertatsiyalariga, va 100 dan ortiq malakaviy bitiruv ishlariga raxbarlik qilgan. Hozirgi kunda 1 ta doktorantga ham rahbarlik qilmoqda.

Uning ko'plab bitiruvchilari bugungi kunda yirik korxonalarda bosh geodezist bo'lib, davlat apparatida yuqori lavozimlarda faoliyat yuritmoqda.

Inogamov Ibragim Ilxamovich muallifligida jami 100 ga yaqin ilmiy maqola va tezislar chop etilgan, ulardan so'nggi yillarda yozilgan maqola va tezislarni orasida Amerika, Xindostonda chop etilgan maqola va tezislar ham bor.

2017 yilda Kutumova G.S. bilan hammualliflikda «Marksheyderlik ishi» o'quv qo'llanmasi, 2021yil «Geodeziya va marksheyderlik ishi»-darsliqi va «Marksheyderiya» fani bo'yicha 1 ta darslik chop etgan. Respublikamizdagi konchilik va geologiya yo'nalishidagi oliygoxlar uchun ushbu adabiyotlar yolg'iz o'zbek tilidagi adabiyotlar hisoblanadi.

Inogamov I.I. DSc.22/30.12.2019.T.98.01 fan nomzodi ilmiy darajasini himoya qilish bo'yicha ixtisoslashtirilgan Ilmiy kengash, shuningdek uning Olmaliq shahridagi «MISiS» Milliy tadqiqot texnologik universiteti filialidagi 04.00.09 «Marksheyderlik» ixtisosligi bo'yicha ilmiy seminari a'zosi.

«NKMK» AJ, «AGMK» AJ rahbariyati, «Navoiyuran» davlat korxonasi, I. Karimov nomidagi TDTU, NDKI, O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi, PQMU «MISIS» Olmaliq filiali, TDTU Olmaliq filiali, «O'zGEORANGMETLITI» MChJ, «O'zbekiston kon xabarnomasi» jurnali muharrirlari, shuningdek, do'stlari va hamkasblari Inogamov Ibragim Ilxamovichni 70 yoshga to'lgan tavallud ayyomi bilan tabriklab, unga mustahkam sog'lik, kuch-g'ayrat, ijodiy muvaffaqiyatlar va yangi ilmiy yutuqlar tilaydi.

DM75

Станки серии DM75 для бурения взрывных скважин от «Epiroc» - демонстрируют высокую производительность при бурении пород любой категории