

УДК 622.271.322.23

НАПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ РЕСУРСОВ ПРИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МУРУНТАУ



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



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

Введение

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

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

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

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

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

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

DOI: 10.17580/gzh.2018.09.07

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

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

Анализ возможностей использования техногенных ресурсов на карьере «Мурунтау»

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

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

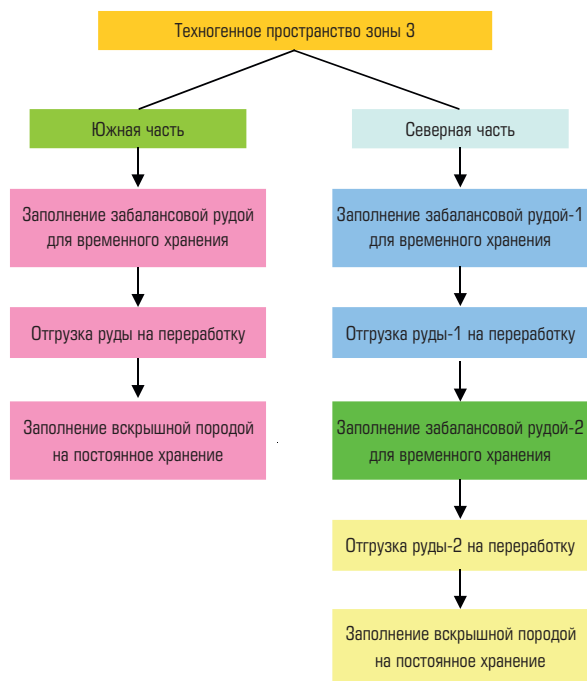


Рис. 1. Схема формирования циклов при использовании пространственных ресурсов зоны 3

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

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

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

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

- во внешнем пространстве карьера – участки на месте временных складов руды на южном, северо-восточном, юго-восточном и восточном его флангах;
- в выработанном пространстве карьера – на его конечном контуре по северному борту и на откосе западного борта; а также на промежуточном контуре IV очереди карьера на участке 1-й залежи.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Горную массу в отвалах по содержанию золота в ней C_6 целесообразно разделить на три технологические группы (рис. 3): резервные ресурсы для переработки ($C_6 \geq 0,5$ г/т); потенциальные ресурсы для переработки ($0,18 \leq C_6 < 0,5$ г/т); гарантированные отходы ($C_6 < 0,18$ г/т).

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

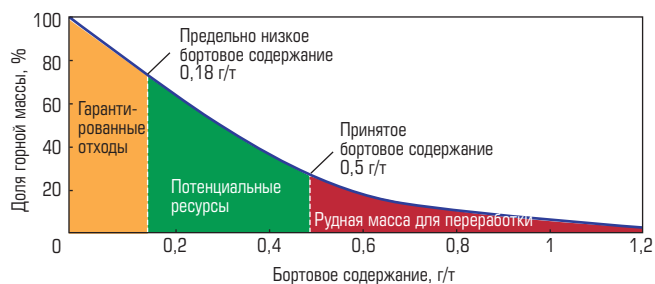


Рис. 2. Распределение пород внутренней вскрыши по потребительским свойствам в зависимости от бортового содержания

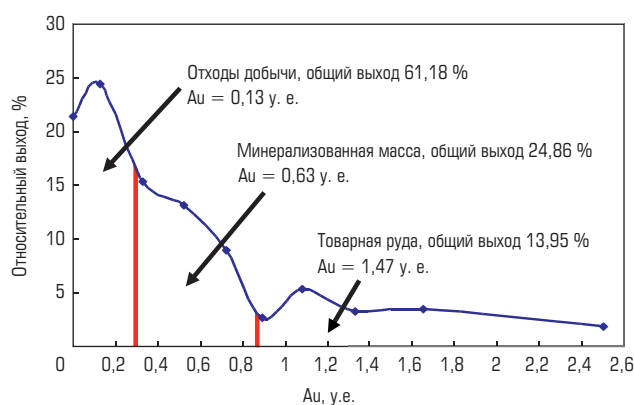


Рис. 3. Распределение содержания золота в отвалах

воспроизводства пространственных ресурсов в рассматриваемом случае определяется следующим образом:

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

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

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

Заключение

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

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

Библиографический список

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

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

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

Information about authors

N. P. Snitka¹, Chief Engineer, info@ngmk.uz

R. Sh. Naimova², Doctor of Engineering Sciences

¹ Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Navoi, Uzbekistan

² Karimov Tashkent State Technical University, Tashkent, Uzbekistan

Abstract

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

The analysis of the mining waste utilization problem at Muruntau open pit mine allowed distinguishing between three groups of such waste with respect to profitability: immediately economic for processing and gold extraction (round 14%); possible processing in the future (39%) and irreparable loss (61%). The party lines between the groups are nonconclusive and depend on the gold market situation as well as on the technology of extraction of raw materials from the waste.

The spatial resource can also be used fruitfully. Based on the studies of expansion of Muruntau open pit mine limits, the mined-out areas suitable for temporal stockpiling of low-grade ore and for overburden dumping were found. Furthermore, areas to be vacant on the surface in the future owing to selective treatment of dumps were determined.

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

References

1. Ilin S. A., Kovalenko V. S., Pastikhin D. V. Open method of mining: opportunities and ways. *Gornyy Zhurnal*. 2012. No. 2. pp. 37–40.
2. Emelianenko E. A. Technogenesis in formation of technogenic deposits of wastes of mining and processing production. *Mineralogiya tekhnogeneza*. 2013. No. 14. pp. 214–217.

3. Shumilova L. V. Testing of the combined methods of leaching gold from technogenic deposits in Trans-Baikal semiindustrial conditions. *Bulletin of Russian Academy of Natural Sciences*. 2013. No. 6. pp. 139–143.
4. Fedoseev I. V., Barkan M. Sh. Extraction of platinum and non-ferrous metals from old tails of Norilsk concentration plant. *Tsvetnye Metally*. 2014. No. 5. pp. 33–38.
5. Karpov Yu. A., Baranovskaya V. B., Loley S. I., Belyaev V. N. Analytical control of secondary metal-bearing raw materials. *Tsvetnye Metally*. 2015. No. 12. pp. 36–41. DOI: 10.17580/tsm.2015.12.06
6. Muzafarov A. M., Oslopovskiy S. A., Sattarov G. S. Radiometric investigations of technogenic objects. *Tsvetnye Metally*. 2016. No. 2. pp. 15–19. DOI: 10.17580/tsm.2016.02.02
7. Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves. The JORC Code 2012 Edition. Joint Ore Reserves Committee, 2012. 44 p.
8. Bloshenko T. A. Taxation of Mineral Products in Russian Federation. *Review of European Studies*. 2014. Vol. 6, No. 4. pp. 91–99.
9. Hall B. Cut-off Grades and Optimising the Strategic Mine Plan. Carlton Victoria : The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2014. 301 p.
10. Poniewierski J. Negatively Geared Ore Reserves – A Major Peril of the Break-even Cut-off Grade. *Good Practice and Communication : Proceedings of the Project Evaluation 2016*. Adelaide, 2016. pp. 236–248.
11. Konyaev V. P., Kryuchkova L. A. Mining waste and utilization trends in Russia. *Informatsionnyi sbornik*. Moscow. 1994. Iss. 1.
12. Shemetov P. A., Sytenkov V. N., Naimova R. Sh. Improvement of Efficient Use of Deep Open Pit Mining Waste. Tashkent : Fan, 2011. 181 p.
13. Lad R. J., Samant J. S. Environmental and social impacts of stone quarrying – a case study of Kolhapur District. *International Journal of Current Research*. 2014. Vol. 6, Iss. 3. pp. 5664–5669.
14. Legwaila I. A., Lange E., Cripps J. Quarry reclamation in England: a review of techniques. *Journal of The American Society of Mining and Reclamation*. 2015. Vol. 4, No. 2. pp. 55–79.
15. Jarvie-Eggart M. E. Responsible Mining: Case Studies in Managing Social & Environmental Risks in the Developed World. Colorado : Society for Mining, Metallurgy and Exploration, 2015. 804 p.
16. Aristov I. I., Rubtsov S. K., Snitka N. P. Experience of stagewise improvement in procedures of ore loss and dilution rating and accounting at open pit mines of the Navoi Mining and Metallurgical Combinat. *Gornyi vestnik Uzbekistana*. 2006. No. 4(27). pp. 38–42.
17. Raimzhanov B. R., Naimova R. S. Use of nonstandard mining waste for the replenishment of the mineral and raw materials base of the mining and processing enterprise. *Ratsionalnoe osvoenie nedr*. 2016. No. 5-6. pp. 74–79.

УДК 669.213(575.1)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛИСТЫХ ЗОЛОТОМЫШЬЯКОВИСТЫХ УПОРНЫХ РУД УЗБЕКИСТАНА



К. С. САНАКУЛОВ,
ректор,
проф., д-р техн. наук,
rektor@ndki.uz,
Навоийский
государственный горный
институт, Навои,
Узбекистан



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



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

Введение

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

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

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

DOI: 10.17580/gzh.2018.09.08

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

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

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