

УДК 622.014.3:553.042]:621.31:18

DOI: 10.18454/2313-1586.2016.01.079

Борисков Федор Федорович

кандидат геолого-минералогических наук,
старший научный сотрудник,
Институт горного дела УрО РАН,
620075, г. Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, 58
e-mail: ukr07@mail.ru

Boriskov Pheodor Ph.

candidate of mineralogical
and geological sciences,
senior researcher,
the Institute of mining, the Ural branch,
Russian academy of sciences,
620075, Yekaterinburg, Mamin-Sibiryak st., 58
e-mail: ukr07@mail.ru

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ
ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
ВОЗДЕЙСТВИЙ НА СЫРЬЕ ДЛЯ
РАЗРАБОТКИ ЭФФЕКТИВНЫХ И
ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ
АВТОГЕННЫХ ГЕОТЕХНОЛОГИЙ
ОСВОЕНИЯ ГЕОРЕСУРСОВ****EMPLOYMENT NATURAL
TEMPERATURE ENERGY IMPACTS
ON RAW MATERIALS FOR EFFICIENT
AND ECOLOGICALLY SAFETY
AUTOGENOUS GEO-TECHNOLOGIES OF
GEO-RESOURCES DEVELOPMENT***Аннотация:*

Автогенные геотехнологии, исключая затраты энергии на переработку минерального сырья и повышающие эффективность и экологическую безопасность освоения георесурсов, разработаны на основе использования природных температурных энергетических воздействий: холода зимнего сезона для дезинтеграции руды кристаллизационной силой льда путем замораживания технологических растворов в рудах при кучном выщелачивании руд и тепла недр Земли, температура которых повышается с глубиной за счет геотермического градиента и применяется для интенсификации процессов подземного выщелачивания сырья.

Ключевые слова: автогенные геотехнологии, энергосбережение, экологическая безопасность, холод зимы, кристаллизационная сила льда, геотермический градиент, выщелачивание

Abstract:

Autogenous geo-technologies, excluding energy costs on mineral raw materials processing and increasing both the efficiency and ecological safety of geo-resources development are worked out in terms of natural temperature and energy impacts employment that is winter season cold for ore disintegration by ice crystallization force freezing technological solutions in raw materials and heat of subsurface earth, their temperature being increased with depth by geo-thermal gradient.

Key words: autogenous geo-technologies, energy saving, ecological safety, winter cold, ice crystallization force, geo-thermal gradient, leaching

Россия занимает первое место в мире по числу минеральных видов, извлекаемых из недр Земли. По добыче твердых полезных ископаемых (9,7 % мирового производства) наша страна уступает только США и Китаю (15,8 и 15,4 %) [1]. Снижение массовой доли (α) ценных компонентов, например, меди (α_{Cu}) до 0,3 %, железа (α_{Fe}) до 13 % и т. д. в рудах Михеевского [2], Качканарского и других месторождений приводит к увеличению выхода отходов производства (вскрышные горные породы, забалансовые руды, хвосты обогащения, металлургические шлаки, шламы и т. д.), для складирования которых отчуждаются значительные территории. К настоящему времени перерабатываются в основном отходы черной металлургии Урала прошлых лет с повышенным содержанием железа [3].

При добыче и переработке колчеданных, медно-никелевых и других типов сульфидных руд, являющихся источниками цветных, драгоценных металлов и многих редких элементов, образуются сульфидсодержащие отходы производства, характеризующиеся повышенной экологической опасностью. При хранении сульфиды, потерянные с отходами, окисляются с образованием серной кислоты, сульфатов различных металлов и других токсикантов. Продукты окисления выносятся в окружающую среду в течение многих лет и наносят существенный ущерб экологии [4, 5]. Только на Урале накопилось

~ 0,25 млрд. т хвостов обогащения медно-колчеданных руд с α_{Cu} и α_{Zn} до 0,3 – 0,5 и 0,5 – 1,0 %, соответственно, с запасами меди ~ 0,65, цинка ~ 1,04 млн. т [1], для хранения которых отчуждены значительные территории. Сложные структурно-текстурные и минералогические особенности сульфидсодержащих отходов (высокая дисперсность и влажность хвостов обогащения руд и шламов нейтрализации рудничных стоков, тонкозернистая и стекловатая структура металлургических шлаков и т. д.) сдерживают переработку отходов производства традиционными методами, основанными на больших затратах энергии.

Освоение отходов и других георесурсов на основе энергосбережения, повышения эффективности и экологической безопасности достигается применением автогенных геотехнологий, разработанных на основе использования методологии автогенного процесса А.В. Ванюкова – плавки сульфидных концентратов в жидкой ванне (ПЖВ), исключая затраты энергии из коммерческих источников на ПЖВ [6]. В качестве источника энергии используется теплота сгорания (Q) сульфидов в концентратах, достигающая 6 МДж/кг – только до 1,37 раз меньше Q некоторых сортов бурого угля [7]. С применением ПЖВ, снижающей затраты энергии на переработку сульфидных концентратов, увеличиваются сырьевые ресурсы Урала за счет освоения сульфидсодержащих забалансовых руд и отходов производства, например, хвостов обогащения колчеданных руд Карабашского района, в которых содержание ценных компонентов сравнялось с кондиционным сырьем. Усилиями многих исследователей разработаны технологии обогащения сульфидсодержащих хвостов магнитной сепарации железной руды Высокогорского ГОКа, медной руды Алмалыкского горно-металлургического комбината и других отходов [8].

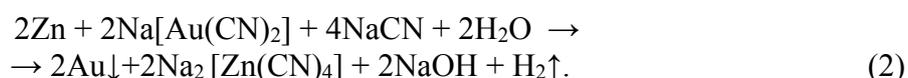
Увеличение потребности России также в золоте – валютном, ювелирном и ценном техническом металле – в связи с расширением использования его в электронике и других прорывных отраслях науки и техники обеспечивается повышением производства этого металла интенсивной отработкой действующих и вводом в эксплуатацию новых месторождений. Изыскание и внедрение эффективных методов разработки природного и техногенного золотосодержащего сырья является прогрессивным направлением, так как потери золота при добыче и обогащении руд выше, чем в металлургическом переделе [9].

Повышение эффективности золотодобычи методом кучного выщелачивания (КВ), широкое применение которого в мире началось во второй половине XX века, распространяется и в России с 1994 г., когда была введена в эксплуатацию первая промышленная установка цианидного КВ золотосодержащей руды месторождения Майское (Хакасия), АОЗТ «Артель старателей «Саяны» (Красноярский край) [10]. Затем было освоено КВ на Светлинском, Березняковском, Кировском, Сафьяновском, Воронцовском (Урал), Боголюбовском, Еловом, Кузнецовском (Красноярский край) и других месторождениях золота [11].

Цианидная золотодобыча основана на применении водорастворимого комплекса $Na[Au(CN)_2]$, получаемого при взаимодействии золота с водным раствором цианида натрия ($NaCN$):



и осаждением золота из раствора на цинк, уголь и другими методами:



Для повышения извлечения золота при КВ использовался холод зимнего сезона для разрушения сырья кристаллизационной силой льда, возникающей при увеличении объема льда на 8 % при замораживании в руде водных технологических растворов. Воздействие давления льда на стенки пор, трещин и каверн в минералах было использовано

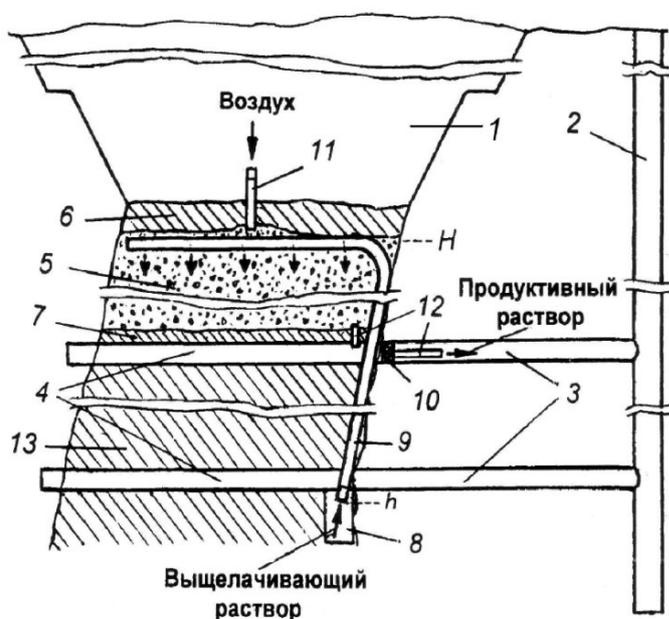
для дополнительной дезинтеграции сырья зимой на установке КВ золота месторождения Майское [12].

Перед замораживанием выщелачивающего раствора в отвале руды для ее дезинтеграции α_{Au} в растворе была снижена до 1 г/м^3 осаждением золота на цинк по (2). Криогенная дезинтеграция руды льдом выщелачивающего раствора обеспечила дополнительное раскрытие частиц золота и улучшила доступ к нему раствора весной после таяния льда: α_{Au} в растворе повысилась в 4 раза: с 1 до 4 г/м^3 . Наполнение отвалов выщелачивающим раствором поздней осенью для зимней криогенной дезинтеграции руды льдом производится без потерь выщелачивающих реагентов. Реагенты сохраняются в замороженном растворе в течение зимнего сезона и возвращаются в процесс переработки сырья при таянии цианидсодержащего льда весной. Эффективность обработки сырья льдом выщелачивающих растворов повышается при использовании отвалов сырья высотой, которая не превышает глубину промерзания грунта зимой (до 2,5 м для Хакасии).

Доизмельчение сырья кристаллизационной силой льда в зимний сезон является автогенным процессом, осуществляемым без затрат энергии из коммерческих источников на процесс дезинтеграции. Суровый климат в северных и северо-восточных регионах России, богатых месторождениями полезных ископаемых, создает возможность широкого использования криогенной дезинтеграции руд в зимний период.

Скорость большинства химических реакций повышается до 2 – 4 раз при увеличении температуры (T) на 10°C [13]. Температура в подземных горных выработках увеличивается в среднем на $+3^\circ \text{C}$ на 100 м глубины за счет геотермического градиента планеты Земля. Тепло недр предлагается использовать для интенсификации подземного выщелачивания сырья при снижении затрат энергии из коммерческих источников на его осуществление.

В шахте Гайского горно-обогатительного комбината T повышается до $\sim 30^\circ \text{C}$ на глубине 1 км. Тепло недр Земли предлагается использовать для интенсификации процесса выщелачивания сырья, например, хвостов обогащения сульфидных руд в камерах отработанных подземных горных выработок (рис. 1) [14]. Площадь земель, отведенных для хранения отходов производства, и вынос из них продуктов окисления сульфидов (кислотные воды, водорастворимые сульфаты меди, цинка и т.д.) в окружающую природную среду существенно уменьшаются.



- 1 – Карьер, 2 – ствол шахты,
- 3 – квершлаг, 4 – орт,
- 5 – отработанная камера с закладкой,
- 6 и 7 – потолочина и днище камеры,
- 8 – насос, 9 – подача раствора,
- 10 – переключатель, 11 – подача воздуха,
- 12 – вывод продуктивного раствора,
- 13 – добычный блок,
- h и H – горизонты в руднике

Рис. 1 – Подземное выщелачивание сырья с использованием тепла недр Земли

Скорость выщелачивания сырья в камере подземной горной выработки и качество продуктивного раствора повышаются при использовании автоклавного режима – одновременного воздействия на сырье T и давления, создаваемого насосом 8 при закрытых патрубках 11 и 12 (рис. 1) [14, 15].

Литература

1. Чантурия В.А. Перспективы устойчивого развития горноперерабатывающей индустрии России / В.А. Чантурия // Прогрессивные технологии комплексной переработки минерального сырья. – М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2008. – С. 5 - 22.
2. Грабежев А.И. Рениеносные медно-порфиновые системы Урала: геологическое положение, изотопно-петрографическая и возрастная зональность / А.И. Грабежев // Литосфера. - 2012. - № 4. - С. 190 – 207.
3. Смирнов Л.А. Реализация программы «Переработка техногенных образований Свердловской области» – один из эффективных путей снижения экологической нагрузки на территорию области / Л.А. Смирнов, Ю.В. Сорокин // Экологическая безопасность Урала: материалы науч.-техн. конф., проводимой в рамках международной выставки «Уралэкология. Техноген – 2002». - Екатеринбург: Изд. дом «Урал-Принт», Изд-во «Виктор», 2002. - С. 13.
4. Подуст А.Н. Техногенные образования как источник загрязнения окружающей среды Техноген-98. Вторая вставка и НТК по переработке техногенных образований: Офиц. каталог: Тез. докл. / А.Н. Подуст; Комитет по охране природы Свердловский области. - Екатеринбург, 1998. - С. 24 - 25.
5. Маслобоев В.А. Оценка экологической опасности хранения отходов добычи и переработки медно-никелевых руд / В.А. Маслобоев, С.Г. Селезнев, Д.В. Макаров, А.В. Светлов // ФТПРПИ. – 2014. – № 3.
6. Ванюков А.В. Плавка в жидкой ванне / А.В. Ванюков, В.П. Быстров, А.Д. Васкевич. - М.: Металлургия, 1988. - 208 с.
7. Халемский А.М. Плавка медно-цинкового сырья в печи Ванюкова / А.М. Халемский, А.В. Тарасов, А.Н. Казанцев, В.Д. Кинев - Екатеринбург: Изд-во «Кедр», 1993. - 80 с.
8. Борисков Ф.Ф. Импульсные и автогенные методы переработки сырья / Ф.Ф. Борисков, В.Д. Алексеев. - Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2005. – 150 с.
9. Антонинова Н.Ю. Экологические особенности реабилитации земель, нарушенных кучным выщелачиванием / Н.Ю. Антонинова // Проблемы недропользования: материалы II Всероссийской молодежной научно-практической конференции. – Екатеринбург: УрО РАН, 2008. – С. 191 - 196.
10. Борисков Ф.Ф. Кучное выщелачивание золота в России / Ф.Ф. Борисков // Изв. вузов. Горный журнал. - 1997. - № 11 - 12. - С. 193 - 198.
11. Ермоленко В.Е. ЗАО ЗДК «Золотая звезда» - пионер кучного выщелачивания в России / В.Е. Ермоленко // Рациональное освоение недр. - 2011. - № 3. - С. 35 – 40.
12. Борисков Ф.Ф. Разработка автогенных инновационных методов освоения сульфидсодержащих отходов производства / Ф.Ф. Борисков // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2011. - ОВ № 11. - С. 330 – 339.
13. Некрасов Б.В. Учебник общей химии / Б.В. Некрасов. - М.: Химия, 1981. – 400 с.
14. Пат. 2385956 РФ. МПК⁷ С 22 В 3/04, С 22 В 15/00. Способ подземного выщелачивания сульфидсодержащих материалов / Волков Ю.В., Борисков Ф.Ф., Соколов И.В., Антипин Ю.Г.; заявитель и патентообладатель Институт горного дела УрО РАН. - № 2009119083/02; заявл. 20.05.2009; опубл. 10.04.2010, Бюл. № 10 (II ч.). С. 547.
15. Пат. 2429303 РФ. МПК⁷ С22В 3/04, Е21В 15/00. Способ подземного выщелачивания полезных компонентов из сырья / Борисков Ф.Ф.; заявитель и патентообладатель Институт горного дела УрО РАН. - № 2009143040/02; заявл. 20.11.2009; опубл. 27.09.2011, Бюл. № 26. С. 475.