

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЫРЬЯ

УДК 669.002.68;669.658.567;669.002.8;669.004.8

Извлечение металлов из хвостов обогащения железных руд

В.И. Голик

(Центр геофизических исследований Владикавказского научного центра РАН и Правительства Республики Северная Осетия-Алания),

О.Н. Полухин

(Белгородский государственный университет)

Для комплексных руд КМА характерно кроме железа содержание других металлов: алюминия, золота, платины и платиноидов, меди, никеля, кобальта, хрома, редких и радиоактивных элементов. Так, содержание радиоактивных элементов в породах, рудах и продуктах их переработки позволяет отнести железорудные месторождения КМА к опасным по радиации [1].

В породах Стойленской свиты фоновое содержание урана составляет 60 г/т, тория — 320 г/т, в породах Коробковской свиты концентрация урана (до 60 г/т) приурочена к повышенному содержанию кобальта (до 1,3%). Содержание урана в лейкократовых и аляскитовых гранитах атаманского комплекса составляет 17 г/т. Повышенными содержаниями урана обладают бат-келловейские глины и горизонты галечно-желваковых фосфоритов в кварцево-глауконитовых песках мелового возраста (18–50 г/т).

В стоках хранилищ хвостов обогащения концентрация урана достигает $580 \cdot 10^{-4}$ мг/л, радия — $43 \cdot 10^{-10}$ мг/л, что в 100 раз превышает естественный фон по урану и в 14 раз — по радю. Из хвостохранилищ Лебединского и Стойленского горно-обогатительных ком-

бинатов в водную систему района ежегодно попадает 4 т урана и 35 т тория.

При выборе параметров системы разработки радиационная опасность учитывается как ограничивающий фактор. Уровень радиационного загрязнения снижают путем минимизации эманлирующих поверхностей рудных отделенностей. С этих позиций наименее опасной считается разработка рудных тел горизонтальными нисходящими слоями с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями, при которой радон выделяется только из рудной почвы очистной выработки [2].

При отработке мощных рудных тел в устойчивых вмещающих породах выбирают системы или с обрушением налегающих пород, или с погашением образующихся пустот закладкой твердеющими смесями. В обоих случаях сравниваемые варианты должны гарантировать сохранность земной поверхности. Варианты с обрушением пород форсируют процессы радиации, образуя множество рабочих поверхностей радиоактивных руд, смешивающихся с породами при выпуске и остающихся в зоне горных работ в виде потерь руд. Поэтому по



радиационному признаку предпочтительнее системы разработки с твердеющей закладкой образующихся пустот, что при значительном извлечении руд из недр повышает уровень радиационной защиты. Фактором, определяющим преимущество камерных систем разработки, является минимизация разубоживания добываемой руды при гарантии сохранности земной поверхности. Повышенное разубоживание увеличивает объем хвостов и затраты на их хранение.

Ограниченность запасов урана и дефицит его в промышленности обуславливают актуальность рационального использования имеющихся минеральных ресурсов, а необходимость комплексного использования руд — повышение уровня извлечения попутных компонентов на действующих месторождениях КМА.

Для снижения вредного воздействия радиоактивного сырья на окружающую среду осуществляют ряд мероприятий, в том числе:

- минимизируют площади излучающих поверхностей за счет отказа от технологий с магазинированием и с обрушением руды;
- ускоряют движение рудных потоков;
- применяют технологии с закладкой выработочного пространства твердеющими смесями;
- применяют схемы нагнетательного проветривания при направлении работ от выдающих стволов к стволам, подающим свежий воздух.

Погашение технологических пустот закладкой твердеющими смесями сокращает площадь эманлирующих поверхностей вдвое, уменьшая дебит радона в 3 раза. Но действенным способом уменьшения радиационной опасности яв-

ляется только утилизация урана, как и других металлических элементов [3].

В развитых индустриальных странах уровень использования промышленных отходов достигает 70%, тогда как в России он не превышает 10%. В США, например, из отходов добычи и переработки получают 20% производимого в стране алюминия, 33% железа, 50% свинца и цинка, 44% меди и т.д. В ЮАР из отвалов золотоизвлекательных фабрик при содержании в них золота 0,53 г/т и урана 40 г/т получают соответственно 3,5 т золота и 700 т урана в год. Подобная практика характерна для Канады, Великобритании, Испании и ряда других стран. Себестоимость товарной продукции при утилизации отходов оказывается в 10–15 раз ниже и может обеспечить прибыль, сравнимую с прибылью от основного производства.

Проблема утилизации отходов является глобальной, потому что радиоактивный компонент представлен в хранилищах отходов переработки всех металлургических центров мира, в том числе и России. При утилизации хвостов обогащения традиционными методами магнитного, гравитационного и электрохимического обогащения (магнитной сепарации и дробной классификации) в селективные товарные продукты выделяют железо, марганец, титан, серу и другие составляющие отходов, обеспечивая обогащение оставшейся части отходов гравитационными методами.

В Северо-Кавказском горно-металлургическом институте с помощью магнитной сепарации измельченного клинкера с повышенным содержанием металлов в концентрат извлекали железо, медь и редкие металлы.



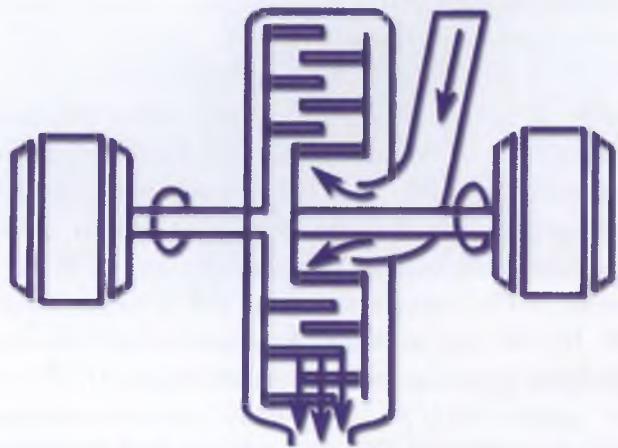


Рис. 1. Принципиальная схема дезинтегратора

При дроблении клинкера до 1 мм получали магнитный концентрат (5,8% С; 2,8% Cu; 2,8 г/т Au; 588 г/т Ag) и вторичные хвосты (23,2% С; 0,28% Cu; 0,33 г/т Au; 49 г/т Ag). Извлечение меди, золота, серебра составило соответственно 83,2; 80,6; 85,5% [4].

Традиционные технологии обогащения ограничены пределом извлечения, каковым являются хвосты, дальнейшее использование которых невозможно из-за несоответствия санитарным нормам.

С середины прошлого века известен новый компонент технологии — активация вещества большой механической энергией [5]. В 1942 г. было сформулировано понятие «механохимия» — разложение карбонатов, хлоридов и других веществ при обычных процессах помола, образование новых веществ, ускорение химических реакций, усиление каталитических свойств, изменение физико-технических свойств и т.п.

Для мелкого измельчения хрупких материалов используется дезинтегратор, состоящий из двух вращающихся в противоположные стороны роторов, насаженных на соосные валы и заключенных в рабочую корзину (рис. 1). На дисках роторов по концентрическим окружностям расположены пальцы так, что каждый ряд одного ротора свободно входит между двумя рядами другого. Материал подается в ротор и подвергается многократным ударам пальцев, вращающихся со скоростью 500–1000 об/мин во встречных направлениях.

При механической обработке вещества с перегрузкой до 400 млн ускорений свобод-

ного падения в нем накапливается энергия особого вида. При обработке поликристаллического сырья оно разрушается по поверхностям спайности кристаллов, вследствие чего минералы, содержащие фазы различной прочности, разрушаются по границе разделов фаз. Процессы сепарирования фаз упрощаются, а выход целевого продукта увеличивается.

Использование дезинтегратора в горной практике впервые в мире было осуществлено на месторождении «Шокпак» (Северный Казахстан) [6]. Промышленная установка ДУ-65 позволяла менять режим обработки материала, была укомплектована универсальными ступицами, дающими возможность менять роторы с 4- на 3-рядные, а также заменять двигатели мощностью 200 кВт на двигатели мощностью 250 кВт (рис. 2). Дезинтегратор обеспечивал выход активного класса до 55%, а в комбинации с вибромельницей — 70%, что позволяло активированным шлакам конкурировать с цементом при эквиваленте 1 кг цемента и 4 кг активированных шлаков. Активация в дезинтеграторе обеспечивала приращение прочности на 30% больше, чем в мельнице.

Особенность комбинированной активации заключается в том, что извлечение металлов в раствор происходит одновременно с разрушением кристаллов, а выщелачивающий раствор интенсивно запрессовывается в образующиеся трещины от дезинтеграции частиц. Так, из активированных хвостов обогащения при рН 9–10 за 16–18 ч в поровое пространство переводится 40–60% золота.

Механохимическая технология позволяет производить продукты не менее чем на 30% дешевле и с 30%-й экономией энергии.

Механохимическая технология развивается в части ускорения процесса с более полным раскрытием зерен обрабатываемого материала по следующим направлениям [7–9]:

1. На обрабатываемый в дезинтеграторе материал дополнительно воздействуют вибрацией в горизонтальной плоскости с подбрасыванием его. При обработке в дезинтеграторе частицы вещества приобретают новые технологические свойства, рациональ-

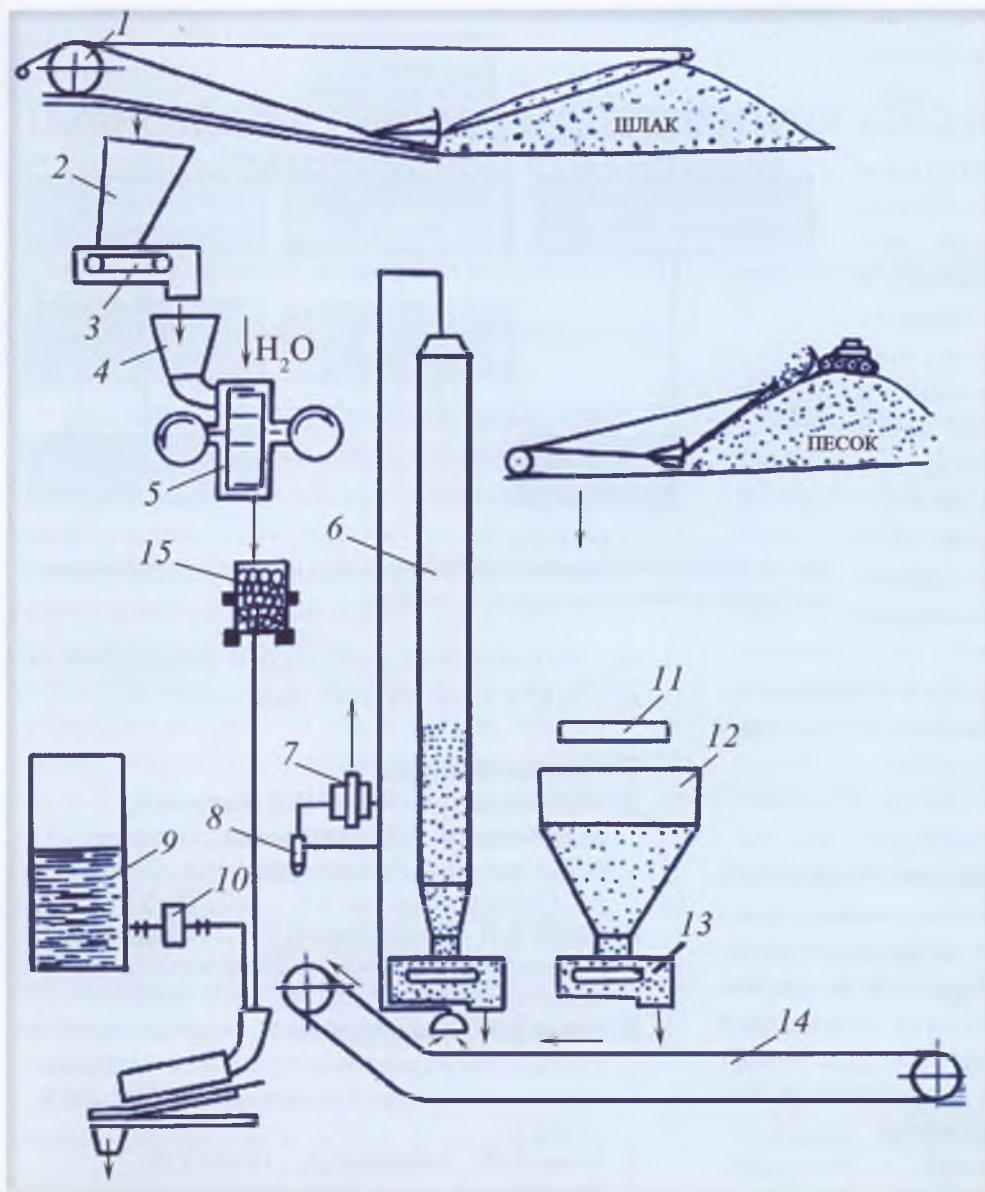


Рис. 2. Место дезинтегратора в технологической цепи приготовления твердеющих закладочных смесей:

1 – скреперная лебедка ЛС-50; 2 – бункер-накопитель; 3 – дозатор СБ-110; 4 – питатель; 5 – дезинтегратор ДУ-65; 6 – силос СБ-2/2; 7 – вентилятор; 8 – циклон; 9 – блок воды; 10 – насос – 1,5 К-6; 11 – грохот вибрационный; 12 – бункер песка; 13 – дозатор СБ-71; 14 – конвейер; 15 – мельница вертикальная вибрационная

ное использование которых обеспечивает технологический и экономический эффект. Однако этот эффект использовался лишь в последующих технологических операциях, что при разрыве между последними снижало эффективность процесса за счет падения активности поверхностей обработанных в дезинтеграторе частиц со временем.

При одновременной загрузке хвостов обогащения и выщелачивающего реагента возникает синергетический эффект, обуслов-

ленный воздействием реагента на выщелачиваемый материал непосредственно в момент раскрытия зерен. Повышение эффективности выщелачивания происходит в пределах частоты колебаний от 30 до 1500 Гц при амплитуде горизонтальных колебаний от 2 до 50 мм и амплитуде вертикальных подбрасываний до 30 мм.

2. Перед подачей в дезинтегратор хвостов в смеси с серой производят предварительную обработку раствором смеси серной и азотной кислот. В результате этого образуются сильные окислители, которые переводят неокисленные упорные минералы металлов в легко вскрываемые формы. При дальнейшем выщелачивании эти разрушенные предварительной обработкой соединения металлов переходят в растворимые комплексы. Обработка руды смесью серной и азотной кислот уменьшает или исключает расход сульфата меди,

поскольку роль катализатора окисления выполняет нитрозилсерная кислота.

3. После активации хвостов в дезинтеграторе их укладывают в штабеля и обрабатывают раствором серной кислоты концентрацией 10–30 г/л, затем промывают водой и выщелачивают растворами сульфидотриоксосульфата натрия концентрацией 10–20 г/л.

При использовании данной технологии повышается извлечение металлов, товарное

содержание металлов в продуктивных растворах, снижается удельный расход реагентов на выщелачивание за счет неограниченной во времени дополнительной стадии извлечения полезных компонентов. Возникает синергетический эффект от совмещения извлечения в дезинтеграторе и выщелачивания в стационарной массе, поскольку механохимически активированная в дезинтеграторе минеральная масса продолжает интенсивно отдавать содержащиеся в ней металлы в течение определенного времени, увеличивая их извлечение по сравнению с обоими базовыми способами в отдельности.

Схема извлечения попутных металлов из хвостов обогащения комплексных руд приведена на рис. 3.

Выводы

1. Для комплексных месторождений КМА характерны промышленные содержания алюминия, золота, платины и платиноидов, меди, никеля, кобальта, хрома, редких и радиоактивных элементов, попутное извлечение которых из хвостов обогащения руд может улучшить экономические и экологические показатели региональной экономики.

2. Применение технологий с изоляцией эманулирующих поверхностей минерального сырья твердеющими смесями позволяет уменьшить площадь таких эманулирующих поверхностей и обезопасить условия труда.

3. При утилизации промышленных отходов себестоимость товарной продукции оказывается в 10–15 раз меньше, чем при основном производстве, поэтому реализация этой возможности может обеспечить прибыль.

4. В процессе механохимической активации извлечение металлов в раствор происходит одновременно с разрушением кристаллов, а выщелачивающий раствор интенсивно запрессовывается в образующиеся трещины от дезинтеграции частиц.

5. Развитие механохимической технологии заключается в повышении эффективности извлечения металлов за счет ускорения процесса с более полным раскрытием зерен

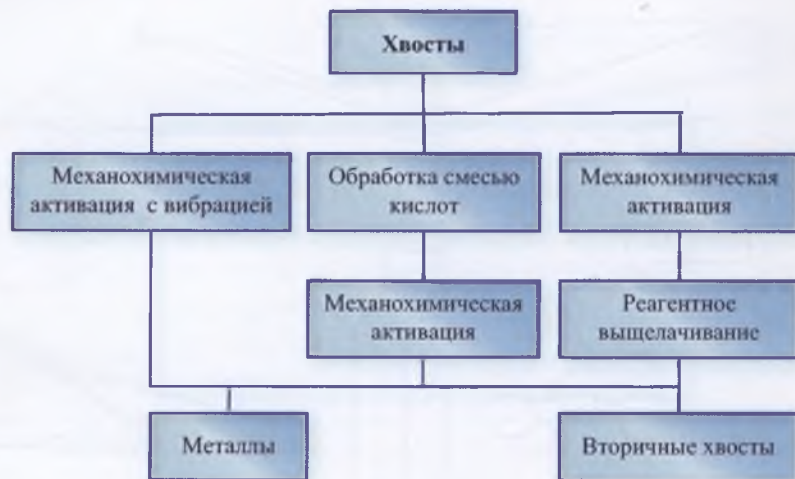


Рис. 3. Схема извлечения попутных металлов из хвостов обогащения методами механохимической активации

обрабатываемого материала и активацией поверхности структурных компонентов.

Список литературы

1. Железные руды КМА / Н.И. Голикин, Н.Д. Кононов, В.П. Орлов и др.; под ред. В.П. Орлова, И.А. Шевырева, Н.А. Соколова. – М.: Геоинформмарк, 2001. – С. 35–40.
2. Голик В.И., Брюховецкий О.С., Габараев О.З. Технологии освоения месторождений урановых руд. – М.: МГИУ, 2007. – 131 с.
3. Голик В.И., Комащенко В.И. Природоохранные технологии управления состоянием массива на геомеханической основе. – М.: КДУ, 2010. – 555 с.
4. Голик В.И., Алборов И.Д., Цгоев Т.Ф. Повышение экологической безопасности утилизацией отходов горного производства. – Владикавказ: ИПО СОИГСИ, 2010. – 217 с.
5. Хинт И.А. УДА-технология: проблемы и перспективы. – Таллин, 1981. – 121 с.
6. Голик В.И. Разработка месторождений полезных ископаемых. – Владикавказ: МАВР, 2006. – 950 с.
7. Пат. РФ № 2011105254/02(007422). Способ извлечения металлов из хвостов обогащения / Голик В.И., Комащенко В.И., Заалишвили В.Б.; опубл. 27.11.2012, Бюл. № 33.
8. Пат. РФ № 2011105255/02(007423). Способ извлечения металлов из хвостов обогащения / Голик В.И., Комащенко В.И., Заалишвили В.Б.; опубл. 27.11.2012, Бюл. № 33.
9. Пат. РФ № 2011105256/02(007424). Способ извлечения металлов из хвостов обогащения / Голик В.И., Комащенко В.И., Заалишвили В.Б.; опубл. 27.11.2012, Бюл. № 33.