



DOI 10.22363/2312-8143-2018-19-3-365-377

УДК 504.55.054: 622(470.6)

Направления совершенствования механохимических процессов при утилизации хвостов обогащения руд

В.И. Голик, В.Б. Келехсаев, Ю.А. Майстров, А.С. Олисаев

Северо-Кавказский государственный технологический университет
Российская Федерация, 362021, Владикавказ, ул. Николаева, 44

Рассмотрена проблема безотходного извлечения металлов из хвостов первичной переработки руд. Представлена обобщенная концепция развития механохимической технологии извлечения металлов путем выщелачивания в дезинтеграторе. Рассматривается теория и практика механохимического извлечения металлов из руд, и дается оценка существующего положения.

В статье освещены проблемы повышения скорости и полноты извлечения металлов, оставшихся после первичной переработки методами традиционного обогащения, приводится аргументация и научное описание новых методов интенсификации выщелачивания металлов в дезинтеграторе. Особое внимание уделено эффективности комплексования способов воздействия на минерал с целью повышения извлечения, что позволит снизить эксплуатационные затраты.

Область применения прорывной технологии безотходного извлечения металлов из омертвленного убогого сырья может быть повышена путем использования новых и перспективных технологий, основанных на увеличении энергетики процессов. Экспериментально подтвержден феномен безотходного извлечения суммы металлов в коллективный концентрат путем многократной активации в дезинтеграторе.

Необходимо осваивать новую технологию с получением экономических, экологических и стратегических преимуществ. Открывается кластер новых проблем, например, селективное извлечение металлов из коллективного раствора, оптимизация стойкости рабочего органа дезинтегратора, утилизацию маточных растворов и т.п.

Ключевые слова: металл, руда, механохимия, извлечение, выщелачивание, дезинтегратор, воздействие, эксперимент, активация

Введение

Хорошо освоенные в различных отраслях промышленности дезинтеграторы позволяют обрабатывать материалы крупностью до 2,5 мм со скоростью удара до 250 м/с. В зависимости от свойств материала и режима обработки при их использовании получают тонину порошков от грубого порошка (95% менее 500 мкм) до тонкого порошка (95% менее 20 мкм).

Если функции измельчения фаз и перемешивания при приготовлении смесей и суспензий используются довольно широко, то феномен механической активации веществ при интенсивных режимах обработки используется сравнительно редко.

Основные области применения дезинтегратора — лабораторные и исследовательские работы, тестирование и подготовка к анализу различных веществ. В середине прошлого столетия Й. Хинт теоретически обосновал и экспериментально доказал феномен изменения состояния вещества в процессе активации большой механической энергией, однако только сейчас он получает осмысление.

Феномен активации при обработке в дезинтеграторной установке (ДУ) наблюдается во многих отраслях, что подтверждает корректность метода:

- фосфоритную муку растения усваивают в несколько раз лучше, чем муку, измельченную в мельнице;
- портландцемент из клинкера обеспечивает одинаковую прочность через 16 дней вместо 28 дней;
- производство искусственного камня из силикальцита обходится в 2 раза дешевле при уменьшении расхода энергии на 50%;
- активация стекольной смеси и шихты для производства огнеупоров на 20 °С понижает температуру плавления или обжига, в 2 раза увеличивает скорость процесса;
- обработка железной руды на 100 °С снижает температуру восстановления металла и на 20% уменьшает затраты времени;
- обработка вольфрамовых концентратов на 10% увеличивает степень извлечения металла и на 15—20% скорость гидротермической обработки;
- обработка медных и железорудных концентратов совместно с вяжущим до 35% повышает прочность окатышей;
- активация воды увеличивает рост растений на 30—40%, животных на 20%, рыб на 45—100%, повышает стойкость растений к экстремальным условиям на 20%, а добавка активированной воды в количестве 10 мл на 1 кг веса животных на 20% увеличивает привес и т.п.

В горной практике промышленное использование дезинтегратора осуществлено в 1980-х гг. на месторождении «Шокпак» (Северный Казахстан) МАЭП СССР в цепи закладочного комплекса. Установка ДУ-65 была оборудована четырёх- и трехрядными роторами с защитным самофутерующимся слоем и двигателями мощностью от 200 до 250 кВт. Установка располагалась на трех уровнях с площадью основания 5—7 м [1].

Сырьем служили гранулированные кислые хвосты Карагандинского металлургического завода. По вяжущей способности эквивалентом 1 кг стандартного цемента М-400 являлось 4 кг активированных хвостов.

В условиях 10-летней эксплуатации определено, что активация в ДУ обеспечивала при равных условиях приращение прочности до 30% больше, чем обработка в шаровой мельнице. Выход до после ДУ 55% активного класса с доработкой в вибромельнице до 70% активной фракции позволил свести расход промышленного цемента до 30 кг/м³.

Солидный срок использования с закладкой около 100 000 м³ пустот ежегодно позволяет положительно оценить результаты промышленного эксперимента и рекомендовать его как реальную возможность получения многопланового эколого-экономического эффекта.

Работами ученых Северо-Кавказской школы экспериментально доказана перспективность комбинирования технологий механической активации в дезинтеграторах и химического выщелачивания [2].

Процесс комбинированной механохимической активации металлосодержащего сырья заключается в том, что в рабочий орган дезинтегратора вместе с сырьем подается выщелачивающий реагент, а извлечение металлов в раствор происходит одновременно с разрушением кристаллов при запрессовке раствора в образующиеся микротрещины.

Цель работы

Для доказательства эффективности предлагаемой технологии используется комплексный метод исследований, включающий критический анализ существующих представлений и многолетний эксперимент по единой комплексной программе. На основе полученных результатов разрабатываются новые способы интенсификации процесса, защищенные на уровне патентов.

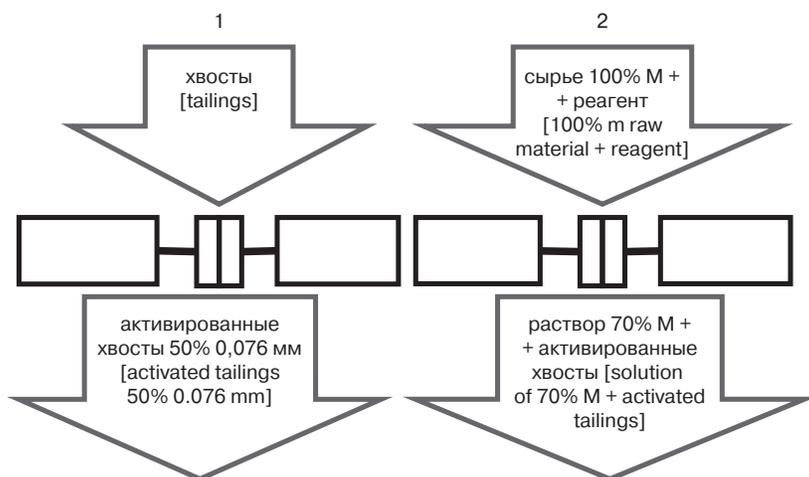


Рис. 1. Аспекты использования дезинтеграторов: 1 — для улучшения качества в составе бетонов; 2 — для извлечения металлов и улучшения качества в составе бетонов
[Fig. 1. Aspects of disintegrator use: 1 — for improving quality when used in concrete; 2 — for extraction of metals and improving quality when used in concrete]

Экспериментальное исследование с целью определения количественных параметров перевода металлических компонентов в раствор при комбинировании базового варианта агитационного выщелачивания и нового варианта выщелачивания в дезинтеграторе осуществлено на хвостах обогащения цветных и черных металлов и углей с использованием дезинтегратора ДУ-11, изготовленного в Центре прикладной механохимии «Гефест». Продолжительность эксперимента четыре года. Исходное содержание цинка и свинца в хвостах обогащения по 0,05%.

Исследованию подлежат два направления использования дезинтеграторов (рис. 1):

1) активация твердых полезных ископаемых для улучшения качества изделий из них;

2) активация твердых металлосодержащих полезных ископаемых и хвостов первичной переработки для улучшения качества изделий из них и извлечения металлов.

Полученные результаты

При сравнении вариантов механохимического извлечения металлов получены результаты:

— выщелачивание в дезинтеграторе с последующим выщелачиванием вне его по сравнению с простым агитационным выщелачиванием увеличивает извлечение:

из хвостов обогащения — по свинцу — в 1,4 раза, по цинку — в 1,2 раза, из забалансовой руды — по свинцу — в 1,7 раза, по цинку — в 2,1 раза;

— выщелачивание в дезинтеграторе по сравнению с вариантом отдельной активации в дезинтеграторе и выщелачивания увеличивает извлечение примерно на такую же величину, но резко различается временем достижения этого результата.

Если при агитационном выщелачивании коэффициент извлечения металлов оценивается величиной 0,40, то извлечение в дезинтеграторе обеспечивает коэффициент:

— из хвостов обогащения — по свинцу — 0,56, по цинку — 0,48;
— из забалансовой руды — по свинцу — 0,68, по цинку — 0,82;

При исходном содержании свинца и цинка в хвостах 0,05% во вторичных хвостах будет содержаться не более 0,025% металлов, что позволяет использовать их для производства некоторых видов товарной продукции строительного назначения. Некондиционное сырье утилизируется полностью, при этом устраняются негативные последствия его хранения.

В раствор выщелачивания извлекаются все металлы, содержащиеся в исходной минеральной массе. При решении вопросов извлечения металлов из раствора экономическая эффективность процесса увеличивается многократно, что особенно важно для переработки хвостов комплексных ценных руд.

Экспериментально определено, что при переработке хвостов обогащения минералов различных типов — полиметаллов Садона, угля российского Донбасса и железистых кварцитов КМА в раствор извлекается от 50 до 80% ранее теряемых в хвостах металлов. При необходимости путем увеличения циклов переработки со снижением остаточное содержание понижается до норм ПДК.

Установленные закономерности механохимического выщелачивания весьма различающихся типов убогого сырья в дезинтеграторах включают в себя:

— процесс извлечения металлов управляется путем изменения параметров переработки;

— выщелачивание в дезинтеграторе по сравнению с агитационным выщелачиванием вне его обеспечивает равное извлечение металлов на два порядка быстрее;

— после извлечения металлов до уровня санитарных требований вторичные хвосты пригодны для изготовления товарной продукции без ограничения.

Важные аспекты технологии — увеличение прочности смеси за счет увеличения активных фракций крупностью до 0,076 мм до 50% и повышение однородности и подвижности смесей [3].

В мировой горной практике преобладает мнение, что действенной мерой снижения глобальной опасности хвостов переработки для окружающей среды может быть полная утилизация химически опасных хвостов обогащения металлических руд [4]. В настоящее время этого можно достичь только путем перевода металлических компонентов в раствор выщелачиванием. Развитие этой технологии сдерживается продолжительностью процесса и трудностью контроля полноты извлечения.

Новая технология позволяет путем увеличения циклов переработки снижать содержание металла в хвостах до допустимого уровня. По сравнению с альтернативными вариантами выщелачивания она обеспечивает одинаковое извлечение металлов на два порядка быстрее. Такие возможности недоступны для технологий традиционного обогащения.

Естественно, что новая технология нуждается в решении кластера технологических проблем, например, повышении стойкости рабочего органа дезинтегратора, селективизации извлечения металлов и солей из комплексного раствора, нейтрализации маточников и т.п. Решение этих вопросов получит естественное ускорение по мере увеличения области использования механохимической технологии.

Совершенствование процессов механохимической активации или выщелачивания в дезинтеграторе нуждается в усилении слагающих его механохимических компонент использование известных в смежных отраслях процессов (таблица).

Таблица

Направления совершенствования процессов выщелачивания металлов
[Table. Directions for improvement of metal leaching]

Воздействие [Impact]	Цель совершенствования [Purpose of improvement]	Способ осуществления [Method of implementation]
Механическое: вибрация в процессе выщелачивания [Mechanical: vibration in the process of leaching]	Увеличение поверхности реагирования и профилактика слипания частиц [Increasing reacting surface and prevention of clumping of particles]	Повышение импульсов вибрации путем сотрясения рабочего органа дезинтегратора [Increasing vibration impact by shaking the working body of disintegrator]
Химическое: обработка на стадии подготовки [Chemical: treatment during preparation]	Ускорение процесса извлечения металлов в раствор в дезинтеграторе [Acceleration of the process of extracting metal into solution in disintegrator]	Предварительная обработка раствором реагентов, улучшающих условия выщелачивания в дезинтеграторе [Pretreatment with solution of reagents that improve leaching conditions in disintegrator]
Комбинированное: извлечение упорных компонентов после выщелачивания в дезинтеграторе [Combined: extraction of resistant components after eaching in disintegrator]	Увеличение полноты использования сырья путем дополнительного выщелачивания упорных металлов [Increasing fullness of raw materials utilization by additional leaching of resistant metals]	Обработка раствором реагентов после выщелачивания [Processing with reagent solution after leaching]

Механическое воздействие. Физико-химические и технологические процессы в твердых веществах протекают тем быстрее и полнее, чем больше поверхность участвующего в процессе вещества. Так как тонкий помол дорог и требует больших энергетических затрат, выбирают оптимальные значения тонины помола. Если вещество разрушается, каждая новая открывающаяся поверхность активна.

Механическую активацию рассматривают как изменение структуры материала посредством воздействия механических сил, придающих ему новые физические и химические свойства. Диапазон вызванных механической активацией изменений вещества или степень механической активации зависит как от структуры самого материала, так и от величины и вида воздействующих на него механических сил, а в случае периодически действующих сил — также от амплитуды и частоты их колебания.

Эффективность диспергирования твердых тел путем приложения механической силы раньше оценивали по изменению гранулометрического состава, а в настоящее время — по увеличению общей поверхности вещества. Эффективность помольных агрегатов тем выше, чем меньше расход энергии на создание новой поверхности.

Механическая активация характеризуется как следствие изменений вида и количества дефектов структуры материалов. При продолжающемся процессе обработки часть ранее возникших дефектов исчезает. В таких случаях механическая активация может быть увеличена путем интенсивной обработки.

Недостатком механической компоненты процесса выщелачивания является снижение химической активности и снижение эффективности процесса из-за слипания зерен обрабатываемого материала.

Для решения этой задачи в процессе дезинтеграции на сырье дополнительно воздействуют вибрацией в горизонтальной плоскости и подбрасыванием с колебаниями от 30 до 1500 Гц при амплитуде горизонтальных колебаний от 2 до 50 мм и амплитуде вертикальных подбрасываний до 30 мм [2].

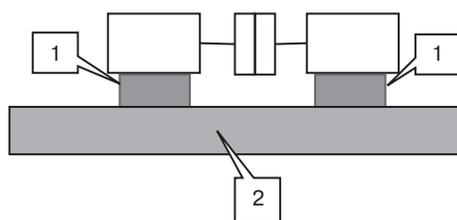


Рис. 2. Схема механической компоненты активации процесса выщелачивания:

1 — вибраторы; 2 — виброгасящая основа

[Fig. 2. Scheme of mechanical component of leaching process activation:

1 — vibrators; 2 — damping base]

Воздействие на обрабатываемый материал вибрацией с подбрасыванием обеспечивает очистку поверхностей зерен от налипания продуктов дезинтеграции и коагуляции микротрещин, повышая степень контакта выщелачивающего реагента с сырьем.

Полнота извлечения металла из хвостов обогащения влияет на прочность изготовленного на их основе бетона. Прочность бетонов при соединении возмож-

ностей химических и механических активаторов при одинаковом соотношении цемента и хвостовой добавки, количестве воды, заполнителя, тонкости помола добавки увеличивается на 30–40%.

Дезинтегратор установлен на виброплощадку, состоящую из вибровозбудителя, короба и виброизолирующих опор. Короб, установленный на упругую систему, совершает направленное возвратно-поступательное колебание. Хвосты, поступающие в дезинтегратор вместе с реагентом, дополнительно к основным процессам механохимической активации и выщелачивания совершают еще и поступательное движение с подбрасыванием. В процессе вибрации, контактируя с рабочими поверхностями дезинтегратора, частицы лишаются возможности слипаться между собой и прилипнуть к рабочим поверхностям, что обеспечивает повышение эффективности комбинированной механохимической активации хвостов.

Химическое воздействие. Недостатком механохимической технологии является неполное извлечение металлов в случае переработки упорных руд при недостаточной химической активности последних.

Хесс К., Штойнер Е. и Фромм Х. ввели в обиход понятие «механохимии» как разложение карбонатов, хлоридов и других веществ при обычных процессах помола в шаровых и вибромельницах, образование веществ, например, сернистых соединений и силикатов, увеличение растворимости веществ, ускорение химических реакций, усиление каталитических свойств, улучшение физико-технических свойств искусственных камней и полимеров, понижение реагирования. Эти показатели составляют основу и технологии выщелачивания в дезинтеграторе.

В отличие от механохимии выщелачивание в дезинтеграторе использует, кроме содержащихся в составе минерала химических элементов, более сильные искусственные реагенты, ускоряющие процесс выщелачивания.

Эффективность извлечения металлов из хвостов обогащения увеличивается, если перед подачей сырья в дезинтегратор хвосты в смеси с элементарной серой обработать раствором смеси серной и азотной кислот (рис. 3) [6].

Так, хвосты обогащения в виде пульпы при соотношении твердой фазы к жидкой 1:2 измельчают в смеси с элементарной серой в количестве 12% до крупности 100% фракции 0,01 мм. Обработку пульпы смесью кислот осуществляют при массовом соотношении последних 2:1 до доведения водородного показателя pH до значения 1 с дальнейшим его повышением в течение двух часов до значения 3.

В выщелачиваемой массе образуются окислители, которые переводят неокисленные упорные минералы металлов в легко вскрываемые формы. При дальнейшем выщелачивании разрушенные предварительной обработкой соединения

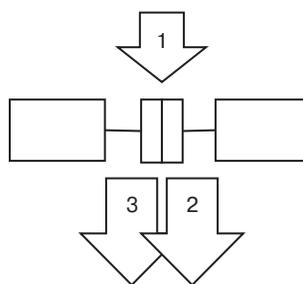


Рис. 3. Схема химической компоненты активации процесса выщелачивания: 1 — закисленное сырье; 2 — металлосодержащий раствор; 3 — вторичные хвосты
[Fig. 3. Scheme of chemical component of leaching process activation: 1 — acidified raw material; 2 — metal-containing solution; 3 — secondary tailings]

металлов переходят в растворимые комплексы. Обработка смесью серной и азотной кислот позволяет уменьшить или исключить расход сульфата меди, поскольку роль катализатора окисления выполняет нитрозилсерная кислота.

Преимущества технологии заключаются в существенном ускорении процесса выщелачивания и повышении извлечения металлов из упорных неокисленных руд.

Дезинтеграторы не только осуществляют механическую активацию веществ. При обработке поликристаллическое сырье разрушается по поверхностям спайности кристаллов, вследствие чего минералы или другие материалы, содержащие фазы различной прочности, измельчаются под действием ударов в различной степени, в том числе и по границе разделов фаз.

Поэтому процессы сепарирования фаз из обработанных в дезинтеграторе многофазных веществ при помощи вибрации, воздействия магнитных полей, флотации или других методов значительно упрощаются, а выход целевого продукта существенно увеличивается.

Комбинированное воздействие. После выщелачивания в дезинтеграторе сырье укладывают в штабели, кучи или траншеи, обрабатывают раствором серной кислоты, промывают водой и дополнительно выщелачивают серной кислотой с концентрацией 10—30 г/л. Последующее выщелачивание осуществляют раствором сульфидотриоксосульфата натрия с концентрацией 10—20 г/л [7].

Результатом является повышение эффективности извлечения металлов из хвостов обогащения за счет более глубокой проработки механохимически активированных структурных компонентов. Повышается извлечение металлов, и снижается удельный расход реагентов на выщелачивание за счет увеличения продолжительности извлечения полезных компонентов.

Возникает синергетический эффект при совмещении извлечения в дезинтеграторе и выщелачивания в штабеле, поскольку активированная в дезинтеграторе масса продолжает отдавать содержащиеся в ней металлы, увеличивая извлечение металлов по сравнению с обоими базовыми способами в отдельности.

Эколого-экономическая эффективность интенсификации процессов выщелачивания в дезинтеграторе состоит в том, что при сравнимых затратах из уже извлеченного из недр сырья извлекается большее количество металла за счет утилизации в настоящее время некондиционного по содержанию металлов сырья [8—9]. Это увеличивает минерально-сырьевую базу металлургического производства и упрочняет сырьевую безопасность государства.

В процессе механоактивации извлекаются все содержащиеся в хвостах металлы до уровня санитарных требований, после чего вторичные хвосты становятся пригодными для изготовления твердеющей смеси и иной товарной продукции без ограничений по санитарным требованиям, что радикально повышает полноту использования извлекаемых на земную поверхность минеральных ресурсов [10].

При обработке в дезинтеграторе независимо от качества сырья, различий в удельном весе и влажности образуется однородная смесь, которая повышает качество изделий из вторичных хвостов, например, твердеющих смесей.

Отличия технологии выщелачивания в дезинтеграторе заключаются в следующем:

- используется новый вид воздействия на минеральное сырье — большой энергией;
- возникает синергетический эффект, создающий возможности для прорывных технологий;
- появляется возможность извлекать из хвостов все металлы до фоновых значений;
- реализуется возможность ликвидации хранилищ хвостов переработки.

Вовлечение в производство колоссальных минеральных ресурсов создает новую сырьевую базу для горной промышленности и избавляет от необходимости вовлечения в эксплуатацию новых месторождений, что особо актуально ввиду дефицита ряда металлов для обеспечения национальной безопасности России.

Концепция радикальной утилизации отходов обогащения металлургии наиболее полно отвечает принципам взаимодействия человека и биосферы в интересах устойчивого развития земной цивилизации [11; 12]. Она особенно актуальна для решения проблем диверсификации регионального производства в условиях рыночной системы хозяйствования [13], а также при безотходном использовании ценных природных ресурсов в горнодобывающих регионах, где опасное производство соседствует с идеальными условиями для существования живого вещества [14–16].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В., Радченко Д.Н. Проблема использования возобновляемых источников энергии в ходе разработки месторождений твердых полезных ископаемых // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2015. № 1. С. 88–96.
- [2] Голлик В.И., Комащенко В.И., Моркун В.С. Механохимические процессы извлечения металлов из некондиционных руд: монография. Германия: LAP Lambert Academic Publ., 2015. 148 с.
- [3] Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В., Радченко Д.Н. Научно-методические основы проектирования экологически сбалансированного цикла комплексного освоения и сохранения недр земли // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № S4-2. С. 5–11.
- [4] Голлик В.И. Извлечение металлов из хвостов обогащения комбинированными методами активации // Обогащение руд. 2010. № 5. С. 38–40.
- [5] Golik V., Komashchenko V., Morkun V. Geomechanical terms of use of the mill tailings for preparation // Metallurgical and Mining Industry. 2015. No. 4. P. 321–324.
- [6] Golik V., Komashchenko V., Morkun V. Feasibility of using the mill tailings for preparation of self-hardening mixtures // Metallurgical and Mining Industry. 2015. No. 3. P. 38–41.
- [7] Golik V., Komashchenko V., Morkun V. Innovative technologies of metal extraction from the ore processing mill tailings and their integrated use // Metallurgical and Mining Industry. 2015. No. 3. P. 49–52.
- [8] Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В., Радченко Д.Н. Расширение сырьевой базы горнорудных предприятий на основе комплексного использования минеральных ресурсов месторождений // Горный журнал. 2013. № 12. С. 29–33.
- [9] Голлик В.И., Комащенко В.И., Моркун В.С. Инновационные технологии комплексного использования хвостов обогащения переработки руд // Вісник Криворізького національного університету. Кривий Ріг: КНУ, 2015. № 39. С. 72–77.

- [10] Голик В.И., Комащенко В.И., Заалишвили В.Б. Способ извлечения металлов из хвостов обогащения. Патент № 2011105254/02(007422) от 25 мая 2012.
- [11] Голик В.И., Комащенко В.И., Заалишвили В.Б. Способ извлечения металлов из хвостов обогащения. Патент № 2011105254/02(007423) от 1 июня 2012.
- [12] Голик В.И., Комащенко В.И., Заалишвили В.Б. Способ извлечения металлов из хвостов обогащения. Патент № 2011105254/02(007423) от 25 мая 2012.
- [13] Каплунов Д.Р., Радченко Д.Н. Обоснование полного цикла комплексного освоения недр при разработке месторождений твердых полезных ископаемых // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2011. № 1. С. 447—455.
- [14] Golik V.I., Komashchenko V.I. Environmental technologies of massif control on geomechanics base M.: KDU, 2010. 556 p.
- [15] Komashchenko V.I., Golik V.I., Drebenstedt K. Effect of exploration and mining industry on the environment. M.: KDU, 2010. 356 p.
- [16] Плешко М.С., Насонов А.А. Внедрение эффективных геотехнологий на основе комплексного мониторинга всех стадий жизненного цикла горнодобывающего предприятия // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № 11. С. 69—76.

© Голик В.И., Келехсаев В.Б., Майстров Ю.А., Олисаев А.С., 2018

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 07 апреля 2018

Дата принятия к печати: 15 июля 2018

Для цитирования:

Голик В.И., Келехсаев В.Б., Майстров Ю.А., Олисаев А.С. Направления совершенствования механохимических процессов при утилизации хвостов обогащения руд // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2018. Т. 19. № 3. С. 365—377. DOI 10.22363/2312-8143-2018-19-3-365-377

Сведения об авторах:

Голик Владимир Иванович — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры горного дела, Северо-Кавказский государственный технологический университет. *Область научных интересов:* разработка месторождений полезных ископаемых, способы добычи металлов выщелачиванием, утилизация отходов добычи и переработки минералов с активацией компонентов, подготовка кадров высшей квалификации. *Контактная информация:* e-mail: v.i.golik@mail.ru

Келехсаев Валерий Борисович — ассистент кафедры горного дела, Северо-Кавказский государственный технологический университет. *Область научных интересов:* разработка месторождений полезных ископаемых, способы добычи металлов выщелачиванием. *Контактная информация:* e-mail: v.i.golik@mail.ru

Майстров Юрий Александрович — аспирант кафедры горного дела, Северо-Кавказский государственный технологический университет. *Область научных интересов:* разработка месторождений полезных ископаемых, способы добычи металлов выщелачиванием. *Контактная информация:* e-mail: v.i.golik@mail.ru

Олисаев Аслан Сергеевич — аспирант кафедры горного дела, Северо-Кавказский государственный технологический университет. *Область научных интересов:* разработка месторождений полезных ископаемых, способы добычи металлов выщелачиванием. *Контактная информация:* e-mail: v.i.golik@mail.ru

Directions for improvement of mechanochemical processes of utilizing ore tailings

V.I. Golik, V.B. Kelekhsaev, Yu.A. Majstrov, A.S. Olisaev

North-Caucasian State Technological University
44, Nikolaev str., Vladikavkaz, 362021, Russian Federation

Abstract. The article is devoted to the problem of waste-free extraction of metals from the tailings of primary ore processing. It represents a generalized approach of development of a mechanochemical technology of metal extraction by leaching in disintegrator and includes a summary of existing views on the problem, an analysis of prospects of the technology and the real steps taken in this direction. In the article, the theory and practice of mechanochemical extraction of metals from ores is examined and the assessment of the existing state of subject matter is given.

The essence of the problem is that for the expansion of applications of the recommended technology, it must be improved. The article includes an introduction, a purpose statement and the results of improvement on the level of patents in Russian Federation. The article highlights the problems of increasing the speed and fullness of the extraction of metals remaining after primary processing by traditional beneficiation methods, provides arguments and scientific description of the new methods of intensification of metal leaching in a disintegrator. Particular attention is paid to the effectiveness of combination of the methods of interaction with a mineral in order to increase the degree of extraction which allows to reduce operating costs. The essence of the above is the following: the scope of application of the breakthrough technology of waste-free metal extraction from deadstock poor raw materials can be improved by the use of new and prospective technologies based on the increase of process energetics. The main significance of the study lies in the experimental confirmation of the phenomenon of waste-free metal extraction into bulk concentrate by repeated activation in a disintegrator.

The study's advantage is the argument for the need of development of the new technology in order to gain economic, environmental and strategic benefits. The study is pioneering. It opens up a cluster of new problems, for example, selective extraction of metals from a collective solution, optimizing the resistance of the working body of disintegrator, utilizing master solutions, etc.

Key words: Metal, ore, mechanochemistry, extraction, leaching, disintegrator, impact, experiment, activation

REFERENCES

- [1] Kaplunov D.R., Ryl'nikova M.V., and Radchenko D.N. Utilization of renewable energy sources in hard mineral mining. *Journal of Mining Science*. 2015. Vol. 51. No. 1. 88–96. DOI: 10.1134/S1062739115010147
- [2] Golik V.I., Komashenko V.I., Morkun V.S. *Mekhanokhimicheskie protsessy izvlecheniya metallov iz nekonditsionnykh rud: monografiya* [Mechanochemical processes of metal extraction from offgrade ores: monograph]. Germany: LAP Lambert Academic Publ., 2015. 148 p. (In Russ.)
- [3] Kaplunov D.R., Ryl'nikova M.V., Radchenko D.N. Scientific and methodological bases of design of ecologically balanced cycle of comprehensive exploitation and conservation of the Earth's reserves. *Gorny informatsionno-analiticheskiy byulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal)* [Mining Informational and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal)]. 2015.No. S4-2. 5–11. (In Russ.)
- [4] Golik V.I. Metals recovery from mineral processing tailings by combined activation methods. *Obogashchenie Rud* [Mineral Processing]. 2010. No. 5. 38–40. (In Russ.)
- [5] Golik V., Komashchenko V., Morkun V. Geomechanical terms of use of the mill tailings for preparation. *Metallurgical and Mining Industry*. 2015. No. 4. 321–324.

- [6] Golik V., Komashchenko V., Morkun V. Feasibility of using the mill tailings for preparation of self-hardening mixtures. *Metallurgical and Mining Industry*. 2015. No. 3. 38—41.
- [7] Golik V., Komashchenko V., Morkun V. Innovative technologies of metal extraction from the ore processing mill tailings and their integrated use. *Metallurgical and Mining Industry*. 2015. No. 3. 49—52.
- [8] Kaplunov D.R., Ryl'nikova M.V., Radchenko D.N. Rasshirenie syr'evoi bazy gornorudnykh predpriyatii na osnove kompleksnogo ispol'zovaniya mineral'nykh resursov mestorozhdenii [Expanding the raw material foundation of mining enterprises on the basis of combined utilization of mineral deposits]. *Gornyi Zhurnal [Mining journal]*. 2013. No. 12. 29—33. (In Russ.)
- [9] Golik V.I., Komashchenko V.I., Morkun V.S. Innovacionnye tekhnologii kompleksnogo ispol'zovaniya hvostov obogashcheniya pererabotki rud [Innovative technologies of combined utilization of ore processing tailings]. *Journal of Kryvyi Rih National University*. Kryvyi Rih: KNU Publ., 2015. No. 39. 72—77. (In Russ.)
- [10] Golik V.I., Komashchenko V.I., Zaalishvili V.B. Sposob izvlecheniya metallov iz khvostov obogashcheniya [Method of extraction of metals from ore tailings]. Patent № 2011105254/02 (007422) dated May 25, 2012. (In Russ.)
- [11] Golik V.I., Komashchenko V.I., Zaalishvili V.B. Sposob izvlecheniya metallov iz khvostov obogashcheniya [Method of extraction of metals from ore tailings]. Patent № 2011105254/02 (007424) from June 1, 2012. (In Russ.)
- [12] Golik V.I., Komashchenko V.I., Zaalishvili V.B. Sposob izvlecheniya metallov iz khvostov obogashcheniya [Method of extraction of metals from ore tailings]. Patent № 2011105254/02 (007423) dated May 25, 2012. (In Russ.)
- [13] Kaplunov D.R., Radchenko D.N. Obosnovanie polnogo tsikla kompleksnogo osvoeniya nedr pri razrabotke mestorozhdenii tverdykh poleznykh iskopaemykh [Explanation of the full cycle of integrated subsoil development in mining solid mineral deposits]. *Gorny informatsionno-analiticheskiy byulleten [Mining Informational and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal)]*. 2011. No. 1. 447—455. (In Russ.)
- [14] Golik V.I., Komashchenko V.I. Environmental technologies of massif control on geomechanics base. Moscow: KDU Publ., 2010, 556 p.
- [15] Komashchenko V.I., Golik V.I., Drebenstedt K. Effect of exploration and mining industry on the environment. Moscow: KDU Publ., 2010, 356 p.
- [16] Pleshko M.S., Nasonov A.A. Vnedrenie effektivnykh geotekhnologii na osnove kompleksnogo monitoringa vsekh stadii zhiznennogo tsikla gornodobyvayushchego predpriyatiya [Introduction of effective geotechnologies on the basis of combined monitoring of all stages of mining enterprise life cycle]. *Gorny informatsionno-analiticheskiy byulleten [Mining Informational and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal)]*. 2013. No. 11. 69—76. (In Russ.)

Article history:

Received: April 07, 2018

Accepted: July 15, 2018

For citation:

Golik V.I., Kelekhsaev V.B., Majstrov Yu.A., Olisaev A.S. (2018). Directions for improvement of mechanochemical processes of utilizing ore tailings. *RUDN Journal of Engineering Researches*, 19(3), 365—377. DOI 10.22363/2312-8143-2018-19-3-365-377

Bio note:

Vladimir I. Golik — Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Mining, North Caucasus State Technological University. *Research interests:* development of mineral deposits, methods of extraction of metals by leaching, utilization of waste from production and processing of minerals with activation of components, training of highly qualified personnel. *Contact information:* e-mail: v.i.golik@mail.ru

Valery B. Kelehsaev — Assistant of the Department of Mining, North Caucasus State Technological University. *Research interests*: development of mineral deposits, methods of extraction of metals by leaching. *Contact information*: e-mail: v.i.golik@mail.ru

Yuri A. Maistrov — Postgraduate student of the Department of Mining, North Caucasus State Technological University. *Research interests*: development of mineral deposits, methods of extraction of metals by leaching. *Contact information*: e-mail: v.i.golik@mail.ru

Aslan S. Olisaev — Postgraduate student of the Department of Mining, North Caucasus State Technological University. *Research interests*: development of mineral deposits, methods of extraction of metals by leaching. *Contact information*: e-mail: v.i.golik@mail.ru