

УДК 622.7: 622.775

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ОСВОЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ**Коростовенко В.В., Коростовенко Л.П., Стрекалова Т.А.***ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», Институт цветных металлов и материаловедения, Красноярск, e-mail: root@gold.sfu-kras.ru*

На основе анализа литературных источников показана необходимость создания эффективных методов переработки руд цветных металлов. Описано отрицательное воздействие горнообогатительного производства на окружающую среду. Рассмотрены проблемы освоения месторождений сырья и предложены пути их решения. Приведена схема рационального освоения минеральных ресурсов рудного месторождения с применением разрядноимпульсных методов. Обоснована возможность использования разрядноимпульсных воздействий в обогатительных процессах, что позволит повысить полноту извлечения полезных компонентов при переработке минерального сырья. Выделены ограничения применения импульсных методов. Установлено, что разрядноимпульсные методы интенсифицируют избирательное раскрытие минеральных ассоциаций во всем диапазоне исходных классов крупности. Эти методы эффективны в комбинированных схемах переработки труднообогатимых руд сложного состава. Применение комбинированных схем позволит сократить на 10–15 % время измельчения до выхода контрольного класса.

Ключевые слова: минеральные ресурсы, разрядноимпульсные методы, обогатительные процессы, измельчение, комбинированные схемы

PROSPECTS OF USE OF ELECTROPHYSICAL METHODS AT DEVELOPMENT OF MINERAL DEPOSITS**Korostovenko V.V., Korostovenko L.P., Strekalova T.A.***FGAOU VPO «Siberian Federal University», Institute of Non-Ferrous Metals and Materials, Krasnoyarsk, e-mail: root@gold.sfu-kras.ru*

On the basis of the analysis of references necessity of creation of effective methods of processing of ores of nonferrous metals is shown. Negative influence of ore dressing manufacture on environment is described. Problems of development of deposits of raw materials are considered and ways of their decision are offered. The scheme of rational development of mineral resources of an ore deposit with application discharge impulse methods is resulted. Use possibility discharge impulse influences in concentrating processes that will allow to raise completeness of extraction of useful components at processing of mineral raw materials is proved. Restrictions of application of pulse methods are allocated. It is established that discharge impulse methods intensify selective disclosing of mineral associations in all range of initial classes крупности. These methods are effective in the combined schemes of processing hard-cleaning ores of difficult structure. Application of the combined schemes will allow to reduce to 10-15 % time of crushing to an exit of a control class.

Keywords: mineral resources, discharge impulse methods, concentrating processes, the crushing, the combined schemes

Одним из главных направлений рационального освоения месторождений руд цветных металлов является повышение полноты и комплексности использования сырья. В целом, состояние этого вопроса нельзя назвать благополучным. Как отмечают ученые Гинцветмета [1], снижение за последнее десятилетия содержания металлов в рудах меди с 1,25 до 0,8 %, свинца с 1,34 до 0,98 %, цинка с 2,66 до 2,05 %; значительное изменение минералогического состава и физико-химических свойств основных полезных компонентов, увеличение доли металлоколлоидных и полиметаллических руд привело к снижению их обогатимости и соответственно ухудшению качества концентратов. Созданы техногенные месторождения, представленные шлаками металлургических заводов, содержащие до 0,5 % меди и до 1 % цинка, пиритных продуктов с содержанием до 0,5 % меди, 1 % цинка, 1–3 г/т золота, клинкеров. Значительную проблему представляют хвосты

обогащения, общий объем которых исчисляется миллиардами тонн [1].

На золоторудных месторождениях извлечение полезного ископаемого из недр составляет 90–92 %, объем попутно отработываемых забалансовых запасов не превышает 13 %. В итоге на месторождениях осваивается около 50 % запасов, а на отдельных месторождениях степень освоения не превышает 17,5 %. Весомую долю в общих потерях золоторудного сырья занимают потери металла на стадии переработки в скрапах и нераскрытых сульфидных сростках.

По данным А.И. Топоровского [2] потери цветных металлов на стадии обогащения чрезвычайно высоки; анализ, потеря на основных технологических переделах показывает, что потери при обогащении существенно выше, чем суммарно на стадиях добычи и металлургического передела, составляя по отраслям: медной – 60 против 40 %, свинцово-цинковой – 57 против 43 %, оловянной – 52 против 48 %.

В.Н. Мосинец с соавторами отмечает [3], что при соответствующем усовершенствовании технологии переработки руд принципиально возможно извлекать из них все необходимые полезные компоненты, однако, по мнению академика Б.Н. Ласкорина «в настоящее время практически невозможно использовать традиционные методы для интенсификации процессов обогащения полезных ископаемых... Возникла необходимость создания эффективных методов и процессов обогащения, основанных на достижениях фундаментальных наук: физики, химии, физической химии, электрохимии» [4]. Такого же мнения придерживается В.А. Чантурия [2]. Авторы работ [1; 6] к числу перспективных комбинированных технологий относят и такие, где используется кратковременное экстремальное воздействие на вещество – использование энергии взрыва, электровзрывная обработка.

Сдругой стороны, характер современной технологии горнообогатительного производства отличается крайне отрицательным воздействием на окружающую природную среду. Наиболее распространенный метод обогащения – флотация основан на тонком измельчении руд, что не только повышает затраты на обогащение (удельный вес затрат на измельчение составляет от 26 до 75 % от суммарных затрат), но и затрудняет обезвоживание концентратов и хвостов – после сгущения и фильтрования кеки содержат 10–30 % влаги. По данным К.Г. Гофмана [7] из общего объема природного вещества, вовлекаемого в горное производство, форму конечного продукта принимает лишь 1–1,5 %, а остальные 98,5–99 % – отходы производства. В.Н. Мосинец отмечает [3], что объемы отходов первичной переработки рудного сырья составляют 60–95 % (а для редких металлов и более); размещение этих отходов на поверхности предопределяет отчуждение значительных площадей, зачастую плодородных. На строительство хвостохранилищ расходуется 3–10 % от общих капиталовложений на предприятие [3].

Таким образом, освоение месторождений минерального сырья должно решить две тесно связанные друг с другом проблемы: интенсификации горно-обогатительных процессов с целью более комплексного и полного извлечения ценных компонентов и снижения отходов. Результат должен привести не только к росту экономической эффективности производства, но и уменьшить до разумных пределов вредное воздействие на природное геохимическое равновесие

в районах размещения горных территориально-промышленных комплексов.

Обе проблемы в значительной мере могут быть решены путем создания в технологических процессах контролируемых критических режимов, одним из которых можно считать импульсное воздействие на параметры процессов, позволяющих повысить полноту извлечения полезных компонентов при переработке минерального сырья, расширить возможности переработки отходов и в значительной мере оптимизировать освоение природных ресурсов.

Анализ работ, отражающих практическое применение разрядно-импульсных методов при переработке минерального сырья, свидетельствует в пользу таких методов, однако (в силу малой изученности), представляется весьма сомнительным утверждение об их неограниченных возможностях.

Выбор стратегии исследований в столь сложной области возможен только на основе системного анализа. Как свидетельствуют исследования Е.И. Панфилова [8], системный анализ отражает методологию исследований любых объектов, посредством представления их в качестве систем и анализа этих систем. Типичными ситуациями системного анализа являются выбор стратегии исследования и выявление целей развития и функционирования системы.

Анализ функции и целей системы способствует четкой спецификации целей, функций, задач системы, с одной стороны, и средств их реализации – с другой. Дерево анализа проблемы используется для выявления и структуризации труднопознаваемых и слабо сформулированных проблем, характеризующихся большим количеством или сложным характером взаимосвязей. При этом основная ветвь отвечает на вопрос – из чего состоит система, решающая данную проблему.

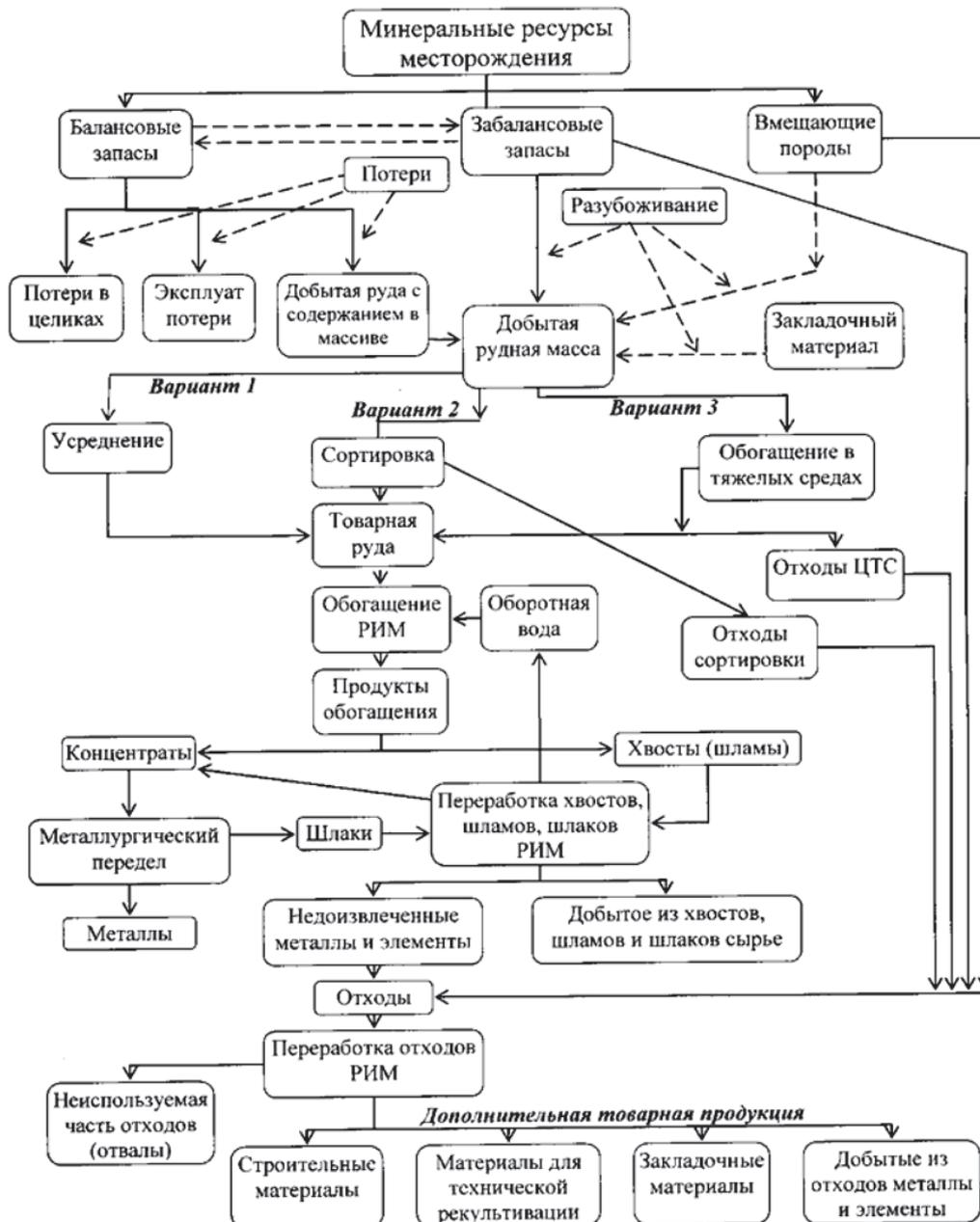
Такой анализ может быть выполнен путем построения графа логической структуры проблемы для того, чтобы, во-первых определить стратегию исследований, во-вторых, выявить цели дальнейшего развития системы.

Реальное освоение минеральных ресурсов месторождения – одно из основных направлений проблемы комплексного освоения недр. По определению академика Д.М. Бронникова «критерием эффективности комплексного освоения недр является достижение оптимальных для развития народного хозяйства страны и интересов будущих поколений показателей полноты использования ресурсов недр и участвующих

в процессе их освоения трудовых и материальных ресурсов. На оценку оптимизации освоения минеральных ресурсов недр влияют показатели полноты извлечения из недр и при переработке полезных ископаемых, особенно высокоценных и дефицитных» [5]. По утверждению этого ученого «.. проблема комплексного, т.е. полного использования минерального сырья первой привлекла к себе внимание и оформилась как составная часть общей проблемы комплексного освоения месторождений твердых полезных ископаемых. В горном производстве она от-

носится к завершающей стадии промышленного освоения месторождений – переработке добытого полезного ископаемого» [8].

Основываясь на общепринятой классификации М.И. Агошкова [9] потерь в недрах, принципиальной схеме безотходной технологии, предложенной группой исследователей [3], и взаимосвязь потерь и отходов при добыче и переработке руд (проф. Л.А. Барский [4]), принципиальную схему рационального освоения минеральных ресурсов рудного месторождения можно представить в виде, показанном на рисунке.



Принципиальная схема рационального освоения минеральных ресурсов рудного месторождения с применением разрядноимпульсных методов (РИМ)

Принципиальная схема отражает и стадии освоения минеральных ресурсов, на которых целесообразно применение разрядноимпульсных методов (РИМ), дополняя граф логической структуры проблемы, построенный в ходе системного анализа. Системный анализ позволяет существенно конкретизировать область возможного применения разрядноимпульсных методов.

При первичной переработке руд на основе флотации представляется возможным использование разрядноимпульсных воздействий на флотационные фазы с целью интенсификации вторичных изменений минералов, оптимизации реагентного режима, управления составом жидкой фазы и активного влияния на концентрацию в пульпе растворенных газов. Представляет интерес и оценка возможности разрядноимпульсной интенсификации рудоподготовки на стадии измельчения в целях повышения степени раскрытия минералов.

При исследовании гидрометаллургических процессов вызывают научный и практический интерес вопросы разрядноимпульсной интенсификации рудоподготовки при выщелачивании, выделении металлов из растворов, а также возможность высокоэнергетических воздействий в процессах разделения неоднородных дисперсных систем.

Наконец, очевидна необходимость оценки возможности разрядноимпульсной обработки промышленных стоков в целях как чисто экологических, так и для доизвлечения ценных компонентов, кондиционирования оборотных вод обогатительного производства.

Таким образом, в обогатительных процессах исследуются вопросы повышения полноты и комплексности извлечения полезных компонентов на основе комбинированных технологий с использованием разрядноимпульсных методов; в гидрометаллургических процессах исследуются вопросы интенсификации извлечения металлов, разделения дисперсных систем, оптимизации очистки промстоков и кондиционирования оборотных вод, предусматривает совершенствование технологий по всей цепочке переработки минерального сырья при обогащении, предусматривающих применение разрядноимпульсной обработки.

Объектами исследований могут быть типичные сульфидные и окисленные руды полиметаллических месторождений, а также продукты обогатительного и металлургического производств.

Таким образом, выполненный нами достаточно широкий комплекс исследований

по повышению полноты и комплексности освоения минеральных ресурсов на основе применения импульсных методов в комбинированных технологиях переработки минерального сырья позволил предложить, обосновать и промышленно освоить новые технологические решения ресурсосберегающих и экологически чистых схем основного обогащения и гидрометаллургии при извлечении полезных ископаемых.

Установлено, что разрядноимпульсные методы являются эффективным средством повышения полноты извлечения полезных компонентов из минерального сырья, добытого горными предприятиями из недр, и из техногенного сырья, традиционно считающегося отходами основного горного и металлургического производства, либо труднообогатимого по общепринятой терминологии сырья; применение этих методов в комбинированных технологиях высокоэффективно во всех процессах технологического цикла переработки минерального сырья, включая вспомогательные процессы основного обогащения.

Широкое применение импульсных методов в настоящее время ограничено ресурсными возможностями импульсных накопителей энергии, регламентированных конструктивными возможностями последних на уровне 10^7 – 10^8 импульсов; целесообразность импульсных методов определяется оптимальным соотношением реальных затрат на импульсное оборудование и оснастку и суммарного эффекта от применения этих методов в промышленных технологиях переработки минерального сырья; бесспорна выгода импульсных методов в комбинированных технологиях переработки высокоценных и традиционно труднообогатимых руд при достаточно ограниченных объемах производства.

Импульсное воздействие сопровождается рядом процессов, сопутствующих только такому воздействию: возникновением плотной низкотемпературной плазмы в канале разряда; пиролизом жидкости; формированием сложной системы прямых и отраженных волн сжатия и растяжения, исчисляемых в мега-паскалях, кавитационными процессами, насыщением технологической среды реакционно активными газами и ионами металлов-электродов; структурными изменениями жидкой фазы с образованием новых водородных связей и появлением продуктов рекомбинации активных радикалов.

На стадии подготовки минерального сырья импульсные методы интенсифициру-

ют избирательное раскрытие минеральных ассоциаций во всем диапазоне исходных классов крупности независимо от степени окисленности исходного материала, его структуры и текстуры; в комбинации с механическим измельчением импульсные методы снижают затраты времени и энергоемкость измельчения на 25% с уменьшением выхода шламовых частиц; эффективность комбинированных схем измельчения определяется изученными динамическими процессами, имеющими место при импульсном воздействии на технологический объект, при котором дисперсии минералов пульпы волнами сжатия приводятся в напряженное состояние, а волнами растяжения разгружаются с дроблением минеральных ассоциаций по местам концентрации локальных дефектов и плоскостям срастаний; определены оптимальные условия практического применения импульсных методов в комбинированных схемах подготовки минерального сырья к обогащению.

Разрядноимпульсные методы не могут выступать в качестве самостоятельных в процессе измельчения и раскрытия минеральных ассоциаций как с точки зрения технологических требований к последующему обогащению, так и по энергетическим соотношениям; такие методы эффективны и целесообразны в комбинированных схемах измельчения труднообогатимых руд

сложного состава, поскольку позволяют на 10–15% сократить время измельчения до выхода контрольного класса крупности.

Список литературы

1. Мечев В.В., Бочаров В.А., Рыскин М.Я. Совершенствование существующих и создание новых комбинированных прорывных технологий на основе сочетания обогатительных и химико-металлургических методов // Комбинированные малоотходные процессы комплексной переработки труднообогатимых руд и продуктов тяжелых цветных металлов. – М.: Гинццветмет, 1990.
2. Чантурия В.А. Электрохимическая технология в процессах первичной переработки минерального сырья // Новые процессы в комбинированных схемах обогащения полезных ископаемых. – М.: Наука, 1989.
3. Топоровский А.И. Роль обогатительного производства в повышении экологической эффективности цветной металлургии // Цветные металлы. – 1985. – № 10.
4. Мосинец В.Н., Шестаков В.А., Авдеев О.К., Мельниченко В.М. Охрана окружающей среды при проектировании и эксплуатации рудников. – М.: Недра, 1981. – 310 с.
5. Комплексная переработка сульфидных, фосфатных руд и угля. Некоторые проблемы интенсификации флотационных процессов / под ред. Б.Н. Ласкорин. – М.: Наука, 1981. – 140 с.
6. Мечев В.В., Бочаров В.А., Рыскин М.Я., Щербаков В.А. Малоотходные комбинированные процессы в схемах переработки труднообогатимых руд цветных металлов // Новые процессы в комбинированных схемах обогащения полезных ископаемых. – М.: Наука, 1989.
7. Гофман К.Г., Лемешев М.Я., Реймер Н.Ф. Социально-экономические проблемы природопользования // Экономика и математические методы. – 1973. – Т. IX, Вып. 5.
8. Горная энциклопедия. – М.: Изд-во «Советская энциклопедия». – 1987. – Т. 3. – С. 70–71.
9. Агошков М.И., Никаноров В.И., Панфилов Е.И. и др. Технико-экономическая оценка извлечения полезных ископаемых из недр. – М.: Недра, 1974. – 330 с.