

УДК 622.343.5

© Коллектив авторов, 2009

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ПОЛНОТЫ И КОМПЛЕКСНОСТИ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ*



И. А. Абдрахманов, генеральный директор, канд. техн. наук (ОАО «Учалинский ГОК»)



Д. Р. Каплунов, заведующий отделом, проф., чл.-корр. РАН (УРАН ИПКОН РАН)



М. В. Рыльникова, главный научный сотрудник, проф., д-р техн. наук (УРАН ИПКОН РАН)



Д. Н. Радченко, старший научный сотрудник, канд. техн. наук (УРАН ИПКОН РАН)

На основных медноколчеданных месторождениях, осваиваемых Учалинским ГОКом, – Учалинском, Узельгинском, Молодежном, эксплуатационные запасы руд находятся в завершающей стадии разработки. В среднесрочной перспективе будут разрабатываться резервные месторождения – Ново-Учалинское, Озерное, Западно-Озерное, которые обеспечат градообразующее предприятие сырьем на ближайшие 70 лет. Эти месторождения характеризуются более сложными горнотехническими условиями разработки и низким содержанием полезных компонентов. Перспективы успешной работы предприятия обуславливают необходимость непрерывного совершенствования технологических процессов добычи и переработки разно-

сортных руд в части повышения уровня извлечения и расширения номенклатуры извлекаемых в концентраты цветных, благородных и редких металлов. В решении этого вопроса комбинат достиг серьезных успехов. В настоящее время на предприятии весьма актуально стоит вопрос восполнения минерально-сырьевой базы также за счет вовлечения в эксплуатацию техногенного сырья, что будет способствовать повышению полноты и комплексности освоения месторождений, росту эффективности производства и снижению экологической нагрузки в регионе.

Учитывая, что резервные месторождения будут преимущественно разрабатываться подземным способом, наиболее перспективным направлением утилизации

отходов является закладка ими выработанного пространства после предварительного извлечения ценных компонентов. В связи с этим на предприятии постоянно проводятся поисковые научно-исследовательские и внедренческие работы в области изыскания технологий, позволяющих повысить полноту и комплексность освоения природных и сопутствующих им техногенных месторождений, представленных неравномерным по качеству минеральным сырьем. Широкая промышленная реализация данных технологий призвана обеспечить устойчивое развитие ОАО «Учалинский ГОК» в изменяющихся экономических условиях.

Сложный вещественный состав руд разрабатываемых и перспективных месторождений (см. рисунок, табл. 1), преобладание в них сульфидов меди и цинка predeterminedли выбор способа переработки методом флотации. При этом производятся медный и цинковый концентраты, но большая часть перерабатываемой минеральной массы (в среднем 90–95 %) переходит в отходы и размещается в хвостохранилище, создавая дополнительную экологическую нагрузку.

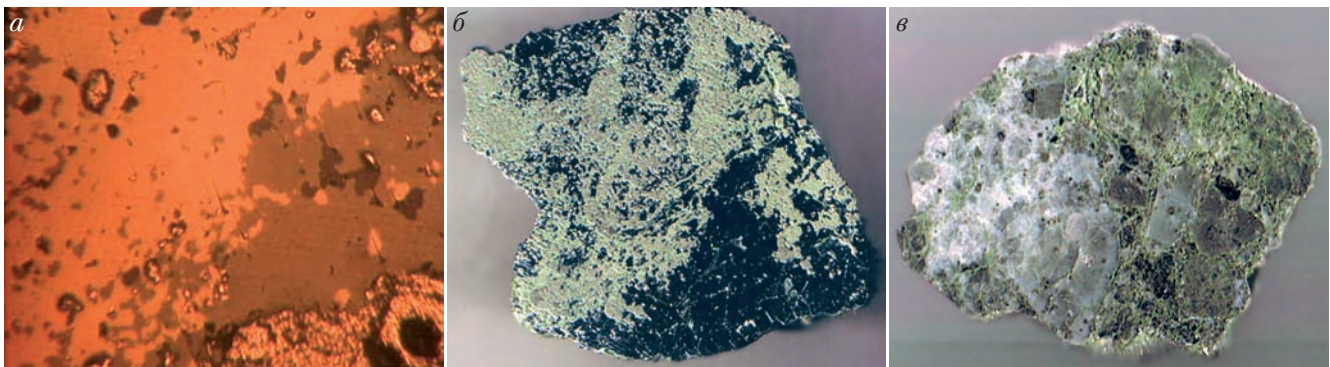
Для реализации концепции комплексного освоения медноколчеданных месторождений предприятию необходимы:

- ◆ наиболее полная оценка и экономически оправданное извлечение из недр основных и попутных полезных ископаемых, в том числе различных по составу и качеству, на всех стадиях добычи и переработки руд с получением в товарной продукции концентратов, товарных металлов и их соединений;
- ◆ рациональное использование в промышленных и хозяйственных целях вскрышных вмещающих пород и отходов обогащения руд;
- ◆ решение экологических проблем путем применения малоотходных техноло-

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант 09-05-00675.

Таблица 1. Характеристика вещественного состава руд месторождений, разрабатываемых Учалинским ГОКом

| Месторождение | Компоненты | | | Минералы | | | | Текстуры | Структуры |
|-------------------------------------|-------------------|--|-------------------|---|--|--|---|---|---|
| | главные | полезные | вредные | рудные | | нерудные | | | |
| | | | | главные | второстепенные | главные | второстепенные | | |
| Учалинский рудный район | | | | | | | | | |
| Учалинское | Cu, Zn, S, Au, Ag | Pb, Mo, Co, Ge, Sc, Sn, Pt, V, P | As, Sb, F, Hg | Пирит, халькопирит, сфалерит | Теннантит, галенит, магнетит, гематит, борнит | Кварц, серицит, хлорит, барит, кальцит | Сидерит, гипс, арагонит, гранат, турмалин, аксинит, родонит, браунит, опал, монтмориллонит, ярозит, вивичанит | Массивные, пятнистые, полосчатые, брекчиевые, брекчиевидные, слоистые, прожилковые | От мелко- до крупнозернистых, метаколлоидные структуры замещения и катакластические |
| Ново-Учалинское | Cu, Zn, S | Se, Te, Cd, In | As, Sb, F, Hg | Пирит, халькопирит, сфалерит | Блеклые руды, галенит, магнетит | Кварц, барит, серицит, хлорит, кальцит | Лейкоксен, аксинит | Массивные, пятнистые, полосчатые, брекчиевые, брекчиевидные, слоистые, прожилковые | От мелко- до крупнозернистых, метаколлоидные структуры замещения и катакластические |
| Западно-Озерное | Cu, Zn, S | Au, Ag, Se, Te, Cd, In, Pb, Ga, Co, Bi, Ni, Ge, Ti | As, Sb, F, Hg | Пирит, халькопирит, сфалерит | Галенит, блеклая руда, марказит, пирротин, арсенопирит | Кварц, хлорит, серицит, кальцит, барит | Плагиоклаз, амфибол | Брекчиевые, массивные, прожилково-вкрапленные, полосчатые | Зернистые, метаколлоидные структуры замещения и катакластические |
| Озерное | Cu, S | Zn, Au, Ag, Se, Te, In, Cd, Tl, Ga, Ge, Pb, Co, Bi, Ni | As, Sb, F | Пирит, пирротин, халькопирит, сфалерит | Магнетит, арсенопирит | Кварц, хлорит, серицит, кальцит | Барит | Брекчиевые, брекчиевидные массивные, колломорфные, пятнистые, прожилково-вкрапленные, полосчатые и слоистые | Зернистые, метаколлоидные структуры замещения и катакластические |
| Верхнеуральский рудный район | | | | | | | | | |
| Узельгинское | Cu, Zn, S | Au, Ag, Te, Cd, In, Ba, Pb, Co, Bi, Ni, Ge, Ti | As, Sb, F | Халькопирит, сфалерит, блеклая руда, пирротин, пирротин-пирит | Галенит, арсенопирит, магнетит, марказит | Кварц, кальцит, серицит, хлорит и гипс | Барит | Брекчиевые, массивные, колломорфные, пятнистые, прожилково-вкрапленные, полосчатые и слоистые | Зернистые, метаколлоидные структуры замещения и катакластические |
| Талганское | Cu, Zn, S | Ba, Se, Te, In, Cd, Ga, Tl, Ge | Pb, As, F, Hg, Sb | Пирит, халькопирит, сфалерит и блеклая руда | Галенит, борнит, гематит | Кварц, хлорит, серицит | Кальцит, барит | Брекчиевые, брекчиевидные массивные, колломорфные, пятнистые, прожилково-вкрапленные, полосчатые и слоистые | Зернистые, метаколлоидные структуры замещения и катакластические |
| Молодежное | Cu, Zn, S | Au, Ag, Ba, Se, Te, In, Cd, Co, Ni, Mo, Bi, Tl, Ge, Ga | As, Sb | Пирит, сфалерит, халькопирит, борнит, теннантит | Галенит, магнетит, гематит | Барит, кварц, серицит, хлорит, гипс, кальцит | Эпидот, флюорит | Брекчиевые, массивные, колломорфные, пятнистые, прожилково-вкрапленные, полосчатые и слоистые | Зернистые, метаколлоидные структуры замещения и катакластические |
| Чебаचे | Cu, Zn, S | Au, Ag, Se, Te, Cd, In, Ba, Tl, Ga, Ge, Bi, Ni, Co | Pb, Hg, As, F | Пирит, халькопирит, сфалерит | Борнит, блеклая руда, галенит | Кварц, барит, серицит | Хлорит, карбонат, эпидот, лейкоксен, апатит, флюорит | Брекчиевые, массивные, колломорфные, пятнистые, прожилково-вкрапленные, полосчатые | Зернистые, метаколлоидные структуры замещения и катакластические |



Руды разрабатываемых и перспективных месторождений Учалинского ГОКа:

а – взаимные проникновения сфалерита (серое) и халькопирита (желтое) – Учалинское месторождение; *б* – вкрапления сульфидов – пирита и халькопирита во вмещающих метасоматитах (Узельгинское месторождение); *в* – скопление обломков кварцевого агрегата (светлое) и нерудных минералов с вкрапленностью сульфидов (Молодежное месторождение)

гий, обеспечивающих сокращение объемов накопленных и текущих твердых отходов, очистку и деминерализацию сбрасываемых шахтных и дренажных вод с извлечением ионов тяжелых металлов в товарные концентраты для предотвращения их миграции в окружающую среду;

- ♦ использование в хозяйственных целях пустот, создаваемых в результате извлечения из недр полезных ископаемых.

Стратегия комплексного освоения медноколчеданных месторождений должна предусматривать, наряду с комплексным использованием добываемых руд, вовлечение в эксплуатацию различного по составу природного и техногенного сырья, а также применение в процессе промышленного освоения месторождений различного сочетания способов и технологий добычи и глубокой переработки руд. Выбор приоритетной технологии осуществляется в соответствии с конкретными горно-геологическими условиями отдельных рудных участков и залежей техногенного сырья на осваиваемом участке недр. Это совместное или последовательное применение открытой, подземной и физико-химической геотехнологий, использование процессов выщелачивания для извлечения цветных, редких и благородных металлов из промпродуктов, отходов добычи руд и обогащенного передела, рудничных вод.

Возможность комплексного освоения медноколчеданных месторождений определяется следующими факторами:

- ♦ геологическими, т. е. наличием в залежах и других минеральных скоплениях, представляющих природное или техногенное месторождение, и во вмещающих породах попутных полезных ископаемых и

основных компонентов в количествах, достаточных для промышленного освоения;

- ♦ техническими, определяющими возможность высокопроизводительного и наиболее полного извлечения полезных ископаемых и компонентов при добыче и переработке рудной массы и сопутствующих отходов с обеспечением снижения вредного воздействия горных работ на окружающую среду в результате применения рационального сочетания различных геотехнологий;

- ♦ экономическими, обуславливающими необходимость превышения доходов, получаемых в результате реализации всей произведенной основной и дополнительной продукции, над затратами, связанными с переходом от традиционных способов добычи полезных ископаемых к комплексному освоению месторождений.

Для оценки перспектив применения комбинированной геотехнологии на медноколчеданных месторождениях Учалинского ГОКа были систематизированы его природные и техногенные георесурсы и определены перспективы их вовлечения в промышленную эксплуатацию. В табл. 2 приведены перспективные технологии разработки и комплексного использования георесурсов в свете повышения эффективности освоения месторождений. По признаку формирования минерального сырья выделены природные (геогенные) ресурсы и техногенные, появление которых является следствием реализации геотехнологических процессов. Природные запасы делятся на балансовые, учтенные в балансе предприятия и предназначенные для разработки и переработки руд известными методами, и забалансовые, представленные бед-

ными и некондиционными рудами в недрах либо извлеченными и заскладированными на поверхности.

К техногенным георесурсам отнесены отвалы вскрышных пород и некондиционных руд, отходы обогащения, минерализованные промышленные стоки, специфические отходы производства, определенные в результате проведения геолого-минералогических исследований (просыпь, отходы рентгенометрической сепарации, пиритный концентрат и др.), а также выработанное пространство, сформированное в ходе открытых и подземных горных работ.

Основная часть балансовых запасов месторождений извлекается методами физико-технической геотехнологии – открытым, подземным или сочетанием этих способов, с последующей переработкой руд на обогатительных фабриках. Повышение полноты выемки запасов природных руд, оставленных за контуром разработки, достигается путем рационального сочетания процессов и оборудования открытых и подземных горных работ. Комбинированная открыто-подземная геотехнология как результат многолетних исследований, производственной апробации и промышленной реализации применяется в настоящее время для отработки запасов Учалинского, Молодежного и Ново-Учалинского месторождений. Данные технологии и условия их реализации на месторождениях Учалинского ГОКа описаны в работе «Разработка и широкая промышленная реализация комбинированных технологий комплексного освоения медноколчеданных месторождений Урала», отмеченной

премией Правительства РФ в области науки и техники за 2002 г.

В настоящее время развитие комбинированных технологий осуществляется в направлении рационального сочетания физико-технических и физико-химических способов добычи. Так, для вовлечения в эксплуатацию особо сложных участков место-

рождений, освоения труднодоступных запасов, а также запасов бедных вкрапленных и окисленных руд перспективно сочетание открытых и подземных технологий с физико-химическими методами добычи на основе подземного и кучного выщелачивания. При этом кучное выщелачивание техногенного сырья перспективно осуществ-

лять в выработанном пространстве карьеров и подземных камер, а также на специально подготовленных полигонах на отвалах, что исключает необходимость отчуждения дополнительных площадей земель.

Перспективы вовлечения техногенных георесурсов в промышленную эксплуатацию связаны с необходимостью решения

Таблица 2. Характеристика природных и техногенных георесурсов медноколчеданных месторождений и перспективы их комплексного освоения

| Вид георесурсов | Характеристика сырья по условиям залегания, хранения и эксплуатации | Основные технологии разработки и направления комплексного использования | Перспективы вовлечения в эксплуатацию комбинированной геотехнологией на основе сочетания физико-технических и физико-химических геотехнологий |
|-----------------|---|--|---|
| Природные | Балансовые запасы месторождений | Разработка открытым, подземным и открыто-подземным способами, обогащение флотационным методом с получением в качестве готовой продукции медного и цинкового концентратов | Основная часть балансовых запасов месторождения извлекается и перерабатывается флотационным методом или физико-химическими геотехнологиями |
| | Балансовые запасы, оставленные за контуром разработки | Запасы в охранных целиках, в основании карьера, в выклинках рудных тел и на контактах с вмещающими породами, в закладке, в зонах обрушения. Не отработываются по условиям безопасности или ввиду убыточности | Сочетание процессов открытых и подземных горных работ с освоением сложных участков физико-химическими технологиями с поверхности или из существующих выработок |
| | Забалансовые запасы, бедные и некондиционные руды | Оставление в недрах ввиду убыточности технологий разработки известными методами | Вскрытие запасов и подготовка рудных тел из существующих выработок для реализации физико-химической геотехнологии на основе выщелачивания; переработка продуктивных растворов с получением товарных концентратов; выщелачивание и обогащение руды на месте залегания; добыча обогащенной в недрах руды сложного вещественного состава для гидро- и пирометаллургической переработки |
| Техногенные | Отвалы вскрышных пород | Использование для нужд строительной индустрии, в составе закладочной смеси | Разработка открытым способом для применения в строительной индустрии. Рекультивация с использованием освобожденных территорий для нужд сельского хозяйства и в других отраслях |
| | Отвалы бедных руд | В результате окисления при хранении не подлежат обогащению флотацией | Открытая добыча, сепарация, раздельное складирование руд различного качественного состава. Переработка руды физико-химической технологией. Кучное выщелачивание бедных руд с утилизацией отработанного сырья в выработанном подземном пространстве |
| | Хвосты обогатительных фабрик | Складирование и долговременное хранение в хвостохранилищах. Использование в составе закладочной смеси без доизвлечения ценных компонентов | Сухое складирование на специально подготовленных полигонах и в подземных выработках, выщелачивание на поверхности и в выработанном пространстве, утилизация в составе закладочной смеси материала, прошедшего технологический цикл переработки физико-химическими методами |
| | Пиритный концентрат | Складирование в отвалы ввиду отсутствия спроса | |
| | Специфические отходы производства: просыпи, отходы рентгенорадиометрической сепарации и др. | Складирование на земной поверхности в отдельных отвалах либо в отвалах и хранилищах других отходов производства | Разработка эффективных технологических схем с применением процессов физико-химической геотехнологии. Утилизация в выработанном пространстве после доизвлечения ценных компонентов |
| | Минерализованные промышленные стоки | Локализация в коллекторах (технологических прудах), отработанных карьерах. Очистка до норм ПДК и сброс в природные водоемы. Использование в обороте обогатительных фабрик | Глубокая очистка с извлечением широкого спектра ценных компонентов, сброс в природные водоемы. Использование в качестве химического агента и транспортирующей среды при выщелачивании |
| | Выработанное пространство | Использование карьеров в качестве хранилищ отходов горно-обогатительного производства. Закладка подземных горных выработок. Самолокализация подземных пустот | Использование в качестве хранилищ различного назначения, а также в качестве технологического пространства для реализации физико-химических процессов |

вопросов управления качеством техногенного сырья путем отдельного складирования руд различного качественного состава, включения в технологические схемы процессов рентгенометрической сепарации с дальнейшей переработкой руд кондиционных фракций на обогатительной фабрике, а бедных руд, поступающих в отходы сепарации, — физико-химической технологией. Бедные отвальные руды могут быть также подвергнуты кучному выщелачиванию с утилизацией отработанного сырья в закладке выработанного пространства подземного рудника.

В 2008 г. на предприятии была реализована опытно-промышленная апробация технологии кучного выщелачивания отвальных, окисленных за многие годы хранения руд Учалинского месторождения и просыпи рентгенометрической сепарации. Результаты этих исследований показали реальную возможность и экономическую целесообразность промышленной реализации данной технологии с получением дополнительной товарной продукции и утилизацией отходов выщелачивания в закладке выработанного пространства.

Для обоснования возможности применения физико-химических процессов для переработки хвостов обогащения Учалинской обогатительной фабрики в разные годы были проведены исследовательские работы, результаты которых свидетельствуют о реальной возможности извлечения из текущих и лежалых хвостов цветных и благородных металлов и приготовления из отходов выщелачивания твердеющих закладочных смесей. Использование отходов обогащения медноколчеданных руд в качестве закладочного материала представляется перспективным направлением развития комбинированных геотехнологий.

С целью повышения полноты и комплексности освоения природных и техногенных месторождений Учалинского ГОКа комбинированными физико-техническими и физико-химическими методами было предложено в технологиях выщелачивания отходов добычи и переработки руд ис-

пользовать в качестве растворителя минерализованные промышленные стоки, в частности, высокоминерализованные шахтные и подотвальные воды, имеющие кислую реакцию. Объем образующихся на Учалинском руднике подотвальных вод составляет 500 тыс. м³ в год. Источником образования рудничных вод являются поверхностные и грунтовые порово-трещинные (до глубин 6–70 м), трещинные (до глубин 100–120 м), трещинно-жильные воды зон тектонических нарушений (на глубинах ниже 120 м, до 350–400 м). Водоприток в разведочно-водоотливную шахту составляет от 200 до 650 м³/ч. Объем откачиваемых дренажных вод оценен в 2,2–2,8 млн м³ в год. Общая минерализация вод составляет 2950–3970 мг/дм³. Ежегодно воды выносятся до 150 т меди, до 800 т цинка, а также другие металлы. Учалинским ГОКом реализуется комплекс мер по очистке рудничных стоков до норм ПДК, обеспечивающий возможность их сброса в окружающую среду и использования для технологических нужд. Использование рудничных вод в процессах физико-химической геотехнологии существенно снизит нагрузку на очистные сооружения и будет способствовать дополнительному извлечению из них промышленно-значимых ценных компонентов.

Описанные направления комплексного использования природного и техногенного сырья Учалинского ГОКа составили основу стратегии комплексного освоения группы генетически однотипных месторождений медноколчеданных руд. Технологии защищены патентами на изобретения. Положительные результаты промышленной апробации новых технологий при комплексном освоении месторождений позволят предприятию:

- ◆ повысить уровень извлечения полезных компонентов и обеспечить дополнительный выпуск товарной продукции;
- ◆ реализовать сухой, экологически безопасный способ кратковременного складирования отходов на специально подготовленных полигонах;

- ◆ вовлечь в эффективное освоение техногенные стоки (подотвальные, шахтные воды), которые могут быть использованы в качестве растворителя ценных компонентов при выщелачивании;

- ◆ использовать отходы кучного выщелачивания техногенного сырья в качестве инертного заполнителя в составе закладочной смеси;

- ◆ применять в качестве вяжущего при приготовлении закладочной смеси местные материалы и отходы производства.

Наличие в крупных промышленных регионах, таких, как Учалинский, группы генетически однотипных, близко расположенных месторождений, позволяет поэтапно вводить участки месторождений в эксплуатацию и формировать комплексные решения по вскрытию и отработке запасов природных руд и переработке отходов горно-обогатительного комплекса в едином технологическом проекте путем рационального сочетания физико-технических и физико-химических процессов добычи и переработки кондиционных и бедных руд с извлечением цветных, благородных и редких металлов и утилизацией отходов в закладке выработанного пространства. ■■■

Prospects for more complete mineral recovery and comprehensive development of deposits operated by the Uchalinsky GOK

I. A. Abdrakhmanov, D. R. Kaplunov, M. V. Rylnikova, D. N. Radchenko

The article presents the estimates of the feasibility of combined geotechnology application for the enhancement and diversification of the recovery of useful mineral components.

The authors emphasize the importance of technogenic mineral deposit development for more complete and comprehensive mineral recovery, higher efficiency of production and minimization of the environmental pressure of mining in the region.

Key words: Uchalinsky GOK, copper pyrite ore deposits, combined technology, waste utilization