

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СЕЛЕКЦИЯ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ КОКПАТАС

У статті розглянуті деякі питання технологічної селекції золотонесних сульфідних руд родовища Кокпатас.

TECHNOLOGICAL SELECTION OF AURIC ORES OF A DEPOSIT OF KOKPATAS

In article some questions of technological selection of auric sulphide ores of a deposit of Kokpatas are considered.

Современное состояние минерально-сырьевой базы золоторудных месторождений Навоййского ГМК характеризуется вовлечением в эксплуатацию во все возрастающих объемах бедных по содержанию золота и сложных по вещественному составу руд. При этом наблюдается увеличение масштабов горного производства, внедряются прогрессивные способы ведения горных работ, благодаря использованию мощного горного оборудования и циклично-поточной технологии. Это приводит к повышению объемов выемочных блоков и, как следствие, к возрастанию разубоживания горнорудной массы и снижению эффективности селективной добычи. В итоге на заводской передел поступают значительные объемы разнообразных смесей технологических сортов руд, а не их отдельные типы.

Вышеприведенные тенденции в изменении технологии добычи необратимы, поэтому компенсация их вредных последствий, связанных с качеством руд, достигается созданием дополнительного звена (цикла операций по рудоподготовке) в технологической цепи на стыке между добычей и заводским переделом руд. Наиболее перспективным в этом направлении является создание горно-технологической системы рудоподготовки на основе покускового рентгенорадиометрического и фотометрического методов сортировки различных типов руд.

Месторождение Кокпатас образует в совокупности 21 участок золотосодержащих руд с различными физико-механическими характеристиками и вещественным составом. Общая площадь Кокпатинского рудного поля составляет порядка 80 км². В пределах каждого участка разведано несколько залежей, большинство из которых выходит на дневную поверхность. Рудные залежи локализуются в линейных зонах кварц-серицито-карбонатных метасоматитов. Границы метасоматитов характеризуются сложностью и трещиноватостью вмещающих пород. Залежи представляют собой зоны повышенной сульфидизации пород в контуре метасоматитов. Определение границ рудных залежей производится по геологическим признакам (степень измерения сульфидизации пород) и контролируется данными геологического опробования.

Основные запасы золота сосредоточены в крупных залежах, имеющих форму пластообразных тел, как правило, пологопадающих ($10-15^\circ$) с раздувами, как по простиранию, так и по падению. Меньшим распространением характеризуются небольшие залежи линзовидной формы. Встречаются залежи неправильной формы, доля запасов приходящаяся на такие залежи невелика.

Месторождение Кокпатас представляет собой сложный природный объект, промышленное освоение которого по традиционной схеме горнодобывающего производства, характеризуется низкими технико-экономическими показателями. Высокий коэффициент вскрытия, сравнительно низкое содержание золота в эксплуатационных запасах, сложный технологический тип первичных руд определяет высокий уровень затрат на добычу и переработку, высокую себестоимость получения золота в готовой продукции.

Имеющаяся практика эксплуатационной разведки и горных работ на месторождении Кокпатас показали прерывистость и весьма неравномерное распределение золотого оруднения, отсутствие визуальных границ рудных тел, наличие значительного количества участков некондиционных руд и пустой породы внутри сортовых контуров балансовых руд, сложную конфигурацию геологических контуров.

Указанные факторы ограничивают возможности селективной выемки пород и руд с помощью высокопроизводительного горного оборудования и приводят к существенному снижению валового содержания золота в добытой золоторудной массе. Вместе с тем, изучение особенностей геологического строения месторождения Кокпатас, технологии горно-эксплуатационных работ позволили сделать вывод о том, что имеются принципиальные возможности и реальные предпосылки для проведения избирательной и более производительной сортировки руды, чем по результатам опробования эксплуатационных скважин и сортовым планам очистной выемки.

На месторождении основными минералами носителями и концентратами золота являются пирит и арсенопирит. Содержание их в рудах неравномерное, колеблется от 5 до 20 % (в среднем 9-10 %). Количественное соотношение этих минералов изменяется в широких пределах. Содержание пирита изменяется от 2 до 13 %, в среднем 7 %, арсенопирита – от 0,5 до 8 %, в среднем 3 %. В других сульфидных минералах самородное золото присутствует в ничтожных количествах.

Золото является основным полезным ископаемым, а сопутствующими – серебро и сера сульфидная. К вредным примесям относится мышьяк. Он находится в тесной взаимосвязи с содержанием золота, которая уменьшается с увеличением доли золота пылевидного класса. В незначительных количествах в руде присутствуют селен, теллур, висмут, медь, свинец, кобальт, никель, молибден, вольфрам.

Наличие в сульфидной руде тесной связи золота с сульфидами (пиритом и арсенопиритом) предопределило выбор для реализации рудосортировки рентгенорадиометрического метода с использованием в качестве разделительного признака характеристического излучения мышьяка и железа. Его относительная величина ζ_{AsFe} используется для крупно-порционной сортировки (по

автосамосвалам) продуктов добычи на технологические классы руд и некондиционную по содержанию золота взорванную горную массу.

Установлено, что в результате крупно-порционной сортировки, за счет отделения пустой породы из выемочных площадей балансовых руд, содержание золота в обогащенном продукте может быть повышено на 20-25 % относительно исходного. Сортировка некондиционных руд позволяет выделить дополнительно порядка 6 % обогащенного продукта, пригодного для рентабельной переработки. Промышленное внедрение крупно-порционной сортировки характеризуется высокой экономической эффективностью и значительно улучшает экономику предприятия. На месторождении Кокпатас внедрена в опытно-промышленную эксплуатацию рудоконтрольная станция с производительностью 7 млн.т по исходной горнорудной горной массе.

В дополнение к этому изучена возможность предварительного обогащения сульфидных руд месторождения методами покусковой рентгенорадиометрической сортировки, так как технологические свойства руд благоприятны для эффективного их обогащения указанным способом.

Разработанной комбинированной технологической схемой предварительного обогащения (посамосвальной сортировкой, а затем покусковой сепарацией руд) достигается выход отвалных хвостов до 70 %. При этом содержание золота в обогащенном продукте увеличивается в 1,5-1,6 раза.

В мае 1995 г. осуществлен ввод пускового комплекса первой очереди гидрометаллургического завода № 3 (ГМЗ-3), предназначенного для переработки окисленных золотосодержащих руд этого месторождения по схеме прямого сорбционного цианирования. В дальнейшем планируется ввод в эксплуатацию второй очереди ГМЗ-3 для переработки упорных сульфидно-мышьяковых руд по биоксидной технологии (БИОКС).

Поскольку технологическая схема ГМЗ-3 рассчитана на переработку окисленных золотосодержащих руд, а не сульфидных (упорных) руд, то последние, в случае смешения с окисленными в процессе добычи и складирования, негативным образом сказываются на эффективности извлечения золота из руд методом прямого цианирования. В этой связи разделение руд на окисленные и сульфидные является актуальной задачей.

На месторождении Кокпатас породный состав руд на 80-90 % представлен хлорит-серацитовыми сланцами, окрашенными в зависимости от степени окисления от зеленоватого, зеленовато-серого цвета (неизменные породы и сульфидные руды) до серо-коричневого, бурого, красно-коричневого цвета (окисленные породы и руды). От 8 до 14 % породной матрицы руд составляют мелкозернистые песчаники на глинисто-карбонатном цементе серого и серо-коричневого цвета, а всего 1-2 % породной массы приходится на маломощные прослои углефицированных сланцев, которые имеют окраску от темно-серого до черного цвета. Они обладают высокой сорбционной емкостью и резко ухудшают технологические свойства руд при извлечении из них золота методом цианирования.

Сульфидные руды составляют 65 % от суммарных запасов. Указанные руды характеризуются почти полным отсутствием свободного золота. Основ-

ная его часть находится в тесном сростании с пиритом и арсениопиритом, образуя микроскопические выделения, что вынуждает применять очень тонкое измельчение руд для их переработки химическими способами разложения и извлечения золота методом сорбционного цианирования.

К окисленным рудам относятся руды со степенями окисления более 80 %. Они составляют порядка 35 % от суммарных подсчитанных запасов. В них сульфидные минералы практически полностью разрушены с образованием сульфатов, гидроокислов и гидрокарбонатов.

Благодаря разложению сульфидных минералов железа, концентраторов золота, последнее переходит из связанных форм в свободную и самородную формы, из которых оно легко извлекается методом цианирования, используемым для производства золота на ГМЗ-3.

Таким образом, выделением из смешанных золотосодержащих руд окисленной части достигается решение задачи по обеспечению завода рудами, технологичными для переработки цианированием. Остальная часть руды (сульфидная) складывается в резерв как перспективное звено для последующей переработки по технологии «БИОКС».

Окисленные руды распространены на всех участках месторождения до глубин 10-40 м от дневной поверхности, реже 5-60 м. В настоящее время они являются основным продуктом добычи. Попутно, в приконтурных зонах, извлекаются смешанные (переходные от окисленных к сульфидным) и сульфидные руды. Граница раздела между двумя технологическими типами руд в условиях естественного залегания резкая. Мощность переходной зоны 1-2 м.

Поскольку на месторождении Кокпатас установлена корреляционная связь содержания золота с железом, то окраска породной матрицы может служить показателем не только окисленности руд, но и содержанием в них золота. На основании этого изучена возможность применения фотометрического метода обогащения в режиме поточно-кусовой сепарации.

Для отработки технологической схемы предварительного обогащения руд (рудоподготовки), ее адаптации к конкретным промышленным условиям и последующего промышленного внедрения, построен и с 2002 г. эксплуатируется опытно-промышленный рудосепарационный комплекс (ОПРСК) с плановой производительностью 1200 тыс.т в год по исходной руде. Применение кусковой фотометрической сепарации руд, в дополнение к крупнопорционной рентгенорадиометрической сортировке, обеспечивает более качественное обогащение руд и сокращение расходов на заводской передел обогащенного продукта.

В результате проведенных на РКС и ОПРСК испытаний технологии предварительного обогащения разных сортов и типов золотосодержащих руд месторождения Кокпатас решены следующие задачи:

- установлены технологические показатели предварительного обогащения руд способами крупнопорционной сортировки исходной горнорудной массы порциями в объеме самосвала (40 т) и сепарации кусков машинных классов крупности (-200+25 мм) и мелкой фракции -25 мм;

- уточнен гранулометрический состав граничных значений машинных классов, отработаны режимы дробления и сухого грохочения исходной горнорудной массы при ее подготовке для обогащения на ОНРСРК;
- оценены эксплуатационно-технологические характеристики используемого в составе комплекса основного горно-технологического оборудования рудо-подготовки и сортировки, систем автоматизации производственных процессов;
- отработана система организации работ, связанной с эксплуатацией комплекса.

Было установлено, что с уменьшением выхода окисленного продукта от исходной массы снижается и извлечение из него золота. Полученная закономерность может быть использована в практических целях для прогнозной оперативной оценки по выходу готового продукта и извлечения из него золота.

Технологический режим сепарации руд задается их гранулометрическим составом, от которого зависит плотность потоков рудной массы, сформированных по классам крупности кусков (таблица 1) и определяет количество сепарационных линий.

Таблица 1 – Среднестатистический состав смешанных золотосодержащих руд месторождения Кокпатас

Класс крупности, мм	Выход, %	
	по добыче в карьерах	на входе в ОНРСРК
+200	7,5	-
-200 +100	10,5	11,0
-100 +50	17,5	18,0
-50 +25	19,5	23,0
-25 +0	45,0	48,0
Исходная руда	100	100

Так как количество кусков при равенстве объемов сепарируемой исходной массы возрастает с уменьшением класса крупности в геометрической прогрессии, то, исходя из данных табл. 1, для синхронной переработки потоков кусков разных классов крупности в оптимальном режиме на ОНРСРК установлены:

- две линии мелко-порционной сепарации кусков рудной мелочи (две одно-ручьевые установки);
- двенадцать линий покусковой сепарации кусков класса $-50 +25$ (три установки по четыре ручья);
- шесть линий покусковой сепарации кусков класса $-100 +50$ (две установки по три ручья);
- четыре линии покусковой сепарации кусков класса $-200 +100$ (две установки по два ручья).

Размер и масса кусков зависят от их механической прочности, которая определяется вещественным составом породной матрицы (содержанием цементирующих материалов), а степень окисленности руд находится в обратной

зависимости от размеров (массы) кусков, что убедительно иллюстрируют графики на рис. 1, рис. 2.

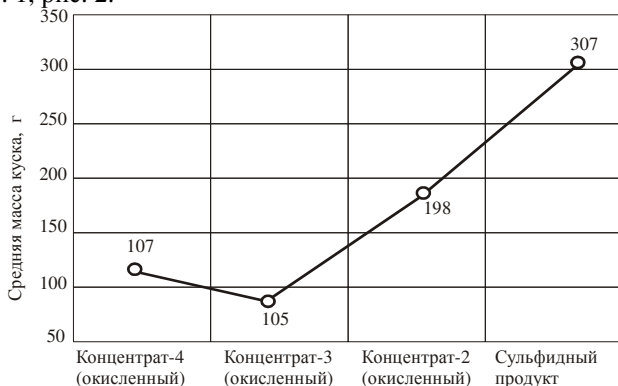


Рис. 1 – Зависимость средней массы кусков от степени окисленности (класс крупности – 100 +50 мм)

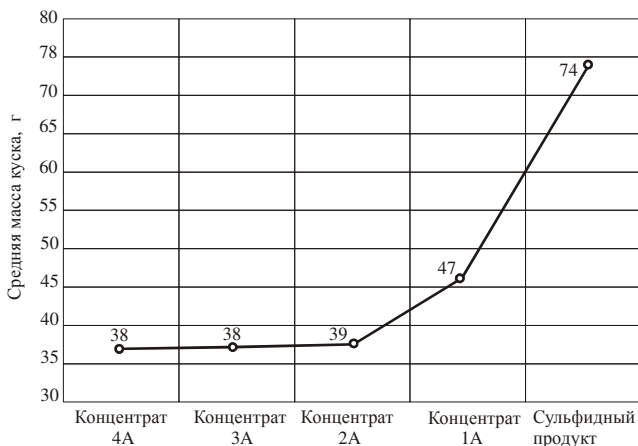


Рис. 2 – Зависимость средней массы кусков от степени окисленности (класс крупности – 50 +25 мм)

Чувствительность фотометрических устройств (ФСУ) к регистрируемому параметру (индексу красного) зависит от размеров кусков, их влажности и ряда других причин. Поэтому перед вводом ОПРСК в эксплуатацию для каждого класса крупности и каждого ФСУ были определены свои пороговые значения разделительного (классификационного) признака (РП), которые контролируются перед каждым очередным технологическим циклом сепарации руд, а также при измерении влажности кусков из-за изменения погодных условий.

Загрязненность кусков, пыль, влага в блоке ФСУ отрицательно сказывается на качестве разбраковки руд. Поэтому для защиты оптических систем ФСУ от пыли и влаги в их рабочие камеры подается очищенный воздух, который удаляется через коллимационные отверстия.

Дополнительно сами ФСУ заключены в светозащитные кожухи, к которым для подавления пыли и удаления влаги подведена централизованная система аспирации воздуха.

На каждом ручье сепараторов в боковой геометрии измерений смонтировано по два ФСУ для обеспечения полного обзора кусков, а напротив каждого из них смонтированы светопоглощающие экраны. При появлении куска в зоне измерений возникает поток отраженного от него света, что служит сигналом к запуску системы измерений. При выходе куска руды из зоны измерений отраженный свет затухает, что является сигналом к обработке результатов измерений на ЭВМ спектра отраженного света, после чего разделяющему устройству (УР, воздушному клапану) подается команда на сброс с конвейера в течку концентратора куска, распознанного как окисленная руда. Нераспознанные куски стекают в течку хвостов. Программа распознавания кусков и управления разделяющим устройством (УР) составлена таким образом, что в зависимости от соотношения в сепарируемом потоке кусков окисленных и сульфидных руд, может быть подана команда на отбраковку кусков окисленных или сульфидных руд. При втором варианте разбраковки бывает необходимость при сепарации преимущественно окисленных руд, когда выход кусков сульфидных руд мал и при их отбраковке сепарация может производиться в режиме, щадящем систему воздушных клапанов.

Произведенные технологические испытания по сепарации смешанных руд позволяют сделать следующие выводы.

1. При фотометрической сепарации рядовых смешанных руд выход окисленного продукта составил 57,4 %, сульфидного – 42,6 %.
2. Извлечение золота из окисленного продукта увеличилось в 1,14 раза, а из сульфидного составило 0,68 в сравнении с исходной рудой.
3. Содержание золота в окисленном продукте увеличилось в 1,2 раза, а из сульфидного составило 0,73 в сравнении с исходной рудой.