

УДК 622.272:553.4

Д.Р. Каплунов, Д.А. Милкин

КЛАССИФИКАЦИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫХ ПОТОКОВ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ ФИЗИКО- ТЕХНИЧЕСКОЙ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ *

Разработана классификация, являющаяся основой для обоснования методики выбора рациональных способов управления качеством минерально-сырьевых потоков при комплексном освоении недр комбинированной геотехнологией.

Ключевые слова: медно-колчеданные месторождения, технологии, доизвлечение ценных компонентов, геотехнология, минерально-сырьевые потоки.

Семинар № 18

Комплексное освоение недр предусматривает использование с максимальным эффектом всего ресурсного потенциала месторождений – кондиционных и бедных руд, сопутствующих полезных ископаемых, промежуточных продуктов, техногенных образований прошлых лет, минерализованных вод, подземного пространства, а также складированных и текущих отходов добычи и переработки.

Анализ практики освоения медно-колчеданных месторождений свидетельствует, что длительное развитие открытых и подземных горных работ и переработка руд физико-техническими способами привели к существенному истощению балансовых запасов, снижению их качества, а также накоплению на поверхности Земли большого количества отходов производства в виде складированных хвостов обогащения, пиритного концентрата, отвалов некондиционных руд, промышленных стоков. За контуром разработки оставались рудные зале-

жи, удаленные от вскрывающих горных выработок, а также рудные тела, характеризуемые либо низким содержанием ценных компонентов, либо повышенным содержанием вредных примесей, что влечет нецелесообразность переработки руд методом флотации. Устоявшаяся тенденция к вовлечению в эксплуатацию месторождений более бедных руд сопровождается увеличением объемов добычи и неизбежным ростом складированных отходов.

В этой связи перспективным направлением комплексного освоения недр является применение комбинированных физико-технических и физико-химических технологий, позволяющих вовлекать в промышленную эксплуатацию, наряду с кондиционными, бедные руды, текущие и накопленные отходы производства, а также использовать сформированные открытыми и подземными работами выработанные пространства.

Анализ существующих технологических решений по использованию

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ – 09-05-00675-а

отходов добычи и переработки руд свидетельствует об отсутствии надлежащего учета и геотехнологического изучения техногенного сырья с целью целенаправленного определения путей его использования. Основными перспективными направлениями утилизации техногенных отходов являются: реализация физико-химических технологий для доизвлечения ценных компонентов из хвостов обогашения, отходов сепарации, пиритного концентраты и бедных руд, ранее складированных в отвалах, с последующим использованием отходов выщелачивания при приготовлении закладочной смеси для заполнения выработанного пространства, а также в промышленном строительстве; очистка промышленных стоков с доизвлечением ценных компонентов или их использования в технологии выщелачивания или иных технологических нуждах предприятия.

Для принятия решений по промышленному освоению техногенных месторождений технологически и экономически эффективными способами с допустимыми экологическими последствиями требуется получение всесторонней информации о качестве и количестве формируемого и ранее складированного техногенного сырья, особенностях распределения в нем полезных компонентов и вредных примесей.

При комбинированной геотехнологии в результате реализации комплекса технологических процессов открытых, открыто-подземных, подземных горных работ и физико-химических методов добычи на обогашение подаются потоки рудной массы, на гидрометаллургический передел поступают продуктивные растворы и неизбежно образуются твердые и жидкие техногенные отходы. Все эти потоки характеризуются мно-

гообразием структурного состояния и вещественного состава. Анализ технических решений по дальнейшему использованию минерально-сырьевых потоков выявил, что большинство из отходов горно-металлургического производства не рассматриваются недропользователями в качестве источника получения экономического, экологического, либо технологического эффекта, повышающего эффективность освоения месторождения в целом.

Эффективное вовлечение в промышленную эксплуатацию техногенного минерального сырья с обеспечением требуемого качества готовой продукции возможно при комплексном освоении рудных месторождений на базе рационального распределения во времени и в пространстве открытых, открыто-подземных, подземных и физико-химических методов, дополняющих и усиливающих результаты их совместного использования в едином расширенном геотехнологическом цикле. Важно отметить, что реализация такой технологии является основой для пересмотра кондиций и перевода ранее некондиционного по качеству сырья из категории «отходов производства», стоящих на балансе горных предприятий, в категорию «техногенные месторождения», разработка которых позволит расширить минерально-сырьевую базу действующих горно-обогатительных предприятий, сократить экологические платежи и существенно повысить экологичность, полноту и комплексность освоения недр.

Необходимо также отметить, что в мировой практике отсутствуют сведения о реализации полного цикла комплексного освоения рудных месторождений комбинированными физико-техническими и физико-химическими технологиями с установлением зако-

номерностей и условий формирования минерально-сырьевых потоков разного фазового состояния, структурного и вещественного состава. Это обусловило развитие научно-методического подхода к формированию рациональных способов управления качеством минерально-сырьевых потоков при комбинированной геотехнологии, введение новых понятий и разработку классификации минерально-сырьевых потоков при освоении медно-колчеданных месторождений комбинированной геотехнологией.

При этом под полным циклом комплексного освоения рудных месторождений следует понимать, прежде всего, стратегию их комплексного освоения, предусматривающую вовлечение в эксплуатацию различного вещественному и структурному составу и агрегатному состоянию природного и техногенного минерального сырья с комплексным извлечением из него ценных компонентов в единой горнотехнической системе, а также его использованием, как во вспомогательных технологических процессах, так и других сферах деятельности с последующей утилизацией всех отходов горнometаллургического производства.

Многообразие известных технологических решений по использованию природного и техногенного сырья, позитивные предпосылки реализации стратегии комплексного освоения медно-колчеданных месторождений обусловили классификацию минерально-сырьевых потоков в зависимости от их вида, особенностей структурного, минерального и химического состава, агрегатного состояния, генетических условий и особенностей качества, определяющих направления их дальнейшей промышленной эксплуатации (таблица).

Реализация нового научно-методического подхода к комплексному ос-

воению месторождений горных предприятий по добыче и переработке медно-колчеданного сырья с формированием гетерогенных, разнофазовых минерально-сырьевых потоков требуемого качества базируется на:

- решениях по управлению качеством рудопотоков, которые являются базовой составляющей горных работ и требуют применения разнообразных способов повышения их качества с минимальными потерями при добыче и переработке;
- наиболее полном и экономически оправданном извлечении из недр основных и полутых полезных ископаемых, отличающихся по структурному, минеральному, химическому составу и агрегатному состоянию;
- рациональном использовании в промышленных и хозяйственных целях техногенного сырья, в том числе и сбрасываемых при разработке месторождений рудничных и дренажных поверхностных стоков с получением товарной продукции в виде твердых, жидких концентратов, товарных металлов и их соединений за счет реализации комбинированной физико-технической и физико-химической геотехнологии;
- новом подходе к обоснованию рационального порядка и интенсивности освоения запасов месторождения, при котором оптимизированы темпы отработки богатых, рядовых и бедных руд, минимизированы капитальные и эксплуатационные затраты на их добычу и переработку, при этом на горном предприятии обеспечивается выпуск товарных металлов и их соединений требуемого качества и объемов за счет своевременного вовлечения в промышленную эксплуатацию нетрадиционных по современным представлениям твердых и жидких потоков бедного минерального сырья.

Классификация минерально-сырьевых потоков при комбинированной разработке медно-колчеданных месторождений

Вид потока минерального сырья	Особенности минерального, химического состава и агрегатного состояния	Характеристика технологии формирования	Особенности качества минерально-сырьевого потока
1	2	3	4
Основные			
1. Рудная масса	<p>1.1. Минерализация сульфидная. Сплошные и вкрапленные колчеданные руды, представлены преимущественно основными минералами: халькопиритом, борнитом, ковеллином, халькозином. Агрегатное состояние твердое.</p> <p>1.2. Минерализация смешанная. Минеральный состав представлен первичными и вторичными сульфидами с окисленными формами. Агрегатное состояние - твердое</p> <p>1.3. Минерализация окисленная. Отличительной чертой является одновременное присутствие карбонатов (малахит и азурит), окислов (куприт и тенорит), силикатов (хризоколла) и сульфатов (бронзит и хальконтит) меди. Агрегатное состояние - твердое</p>	В результате эксплуатации сульфидных руд месторождений открытыми, подземными и открыто-подземными технологиями	<p>Характеризуются высоким содержанием меди (не менее 75% от общей рудной массы), но являются достаточно трудным объектом для флотационного обогащения ввиду тонкой и неравномерной вкрапленности сульфидов, что требует применения многостадийных схем измельчения и флотации</p> <p>Содержание меди 25-75%. Является трудным объектом для флотационного обогащения и в зависимости от преобладания форм сульфидов может быть переработана гидрометаллургическими методами</p>
2. Продуктивный раствор	2.1. Химический состав хлоридно-сульфатно-магниево-кальциевый и др. с высоким содержанием ионов меди, цинка, железа и др. элементов. Агрегатное состояние - жидкое	В результате применения физико-химических способов добычи на основе кучного, подземного и скваженно-го выщелачивания	Характеризуется промышленной концентрацией широкого спектра ценных компонентов извлечение которых осуществляется различными гидрометаллургическими способами (цементацией, экстракцией, сорбцией и др.)

Технологические

3. Вскрышные породы	3.1. Минеральный состав пород вскрыши представлен преимущественно глиной, суглинками, карбонатными породами, миндалекаменными базальтами, андезибазальтами, туфами и брекчиями основного состава, габбро, габбро-диоритами. Агрегатное состояние - твердое	Формируются при вскрытии и ведении вскрышных работ открытыми технологиями	Характеризуются низким содержанием полезных компонентов или их отсутствием, но ввиду разнообразного минерального состава пригодны для производства минеральной ваты, каменного литья, дорожно-строительного производства, а также в качестве закладки выработанного пространства.
4. Некондиционная рудная масса	4.1. По минеральному составу представлены сульфидными, смешанными и окисленными рудами. Агрегатное состояние - твердое	В результате вовлечения в эксплуатацию участков, низких по своим природным качественным показателям, медно-колчеданных месторождений открытых, подземных и открыто-подземным способами	Характеризуются, как правило, низким содержанием меди в руде (менее 0,7%), либо ввиду особенностей минералогического состава являются непригодными для пирометаллургической переработки или наличием высокого содержания вредных примесей. К числу таких вредных примесей относятся: углекислые и глинистые вещества, способствующие повышению шламообразования; мышьяк и сурьма, ухудшающие качество металла; ртуть и фтор, являющиеся опасными примесями
5. Карьерные воды	5.1. По химическому составу преимущественно хлоридно-сульфатномагниево-кальциевые и др. Агрегатное состояние - жидкое	При открытом и (или) подземном водоотливе из карьерного пространства	За счет нарушения гидрогеологической сети, подработки водоносных горизонтов и поверхностных вод в зонах тектонических нарушений, а также инфильтрации атмосферных осадков характеризуются высокой минерализацией и повышенным содержанием ряда ценных компонентов. Могут быть кислыми, щелочными и нейтральными в зависимости от типа минерализации руд и вмещающих пород. По качественным показателям пригодны для использования в технологии выщелачивания, как для влагонасыщения, так и в качестве рабочего агента после соответствующей подготовки
6. Шахтные воды	6.1. По химическому составу преимущественно хлоридно-сульфатномагниево-кальциевые и др. Агрегатное состояние - жидкое	При водоотливе из шахты	

Продолжение таблицы

208

7. Отвальные породы	7.1. Минеральный состав представлен преимущественно глиной, суглинками, карбонатными породами, миндалекаменными базальтами, андезибазальтами, туфами и брекчиями основного состава, габбро, габбро-диоритами. Агрегатное состояние - твердое	При вовлечении в промышленную эксплуатацию внешних и внутренних отвалов вскрышных пород	Характеризуются низким содержанием полезных компонентов (среднее содержание меди - 0,05%, цинка - 0,12%, серы - 2,35%), как правило, складированы без сортировки по качеству, что затрудняет их эффективное использование для производства минеральной ваты, каменного литья, дорожно-строительного производства, а также в качестве закладки выработанного пространства
8. Бедные руды из отвалов	8.1. Минеральный состав преимущественно представлен окисленными рудами. Агрегатное состояние - твердое.	При использовании некондиционного сырья, поступающего из отвалов на сортировку (предконцентрацию) или переработку пирометаллургическими и гидрометаллургическими способами	В результате хранения под действием процессов выветривания характеризуется низким содержанием полезных компонентов и является объектом для переработки физико-химической геотехнологией
9. Отходы сепарации	9.1. Минеральный состав представлен в основном обломками следующих пород: серцицит-кварцевые метасоматиты, кварц-серцицитовые сланцы, хлоритовые метасоматиты, хлоритовые сланцы, массивные пиритовые руды Агрегатное состояние - твердое.	В результате сортировки твердого по агрегатному состоянию медно-колчеданного сырья (рудной массы) с низким содержанием полезных компонентов и дальнейшего использования в качестве исходного сырья в технологии кучного выщелачивания или утилизации	Некондиционная по крупности фракция, которая не может быть переработана ни рентгенометрической сепарацией, ни в цикле обогащения, но имеет достаточно высокое содержание меди – 0,5% и цинка – 1,86%, поэтому перспективна для переработки физико-химическими методами
10. Пиритный концентрат	10.1. Текущий. Нерудные минералы представлены кварцем, хлоритом, эпидотом и кальцитом. Основным рудным минералом является пирит. Агрегатное состояние - твердое	При завершении всех процессов обогащения медно-колчеданных руд непосредственно на выходе с фабрики, направляемый на реализацию или в открытые склады при отсутствии спроса	Характеризуется высоким содержанием золота и отсутствием гравитационного, а также наличием серебра и редких рассеянных элементов. Большая часть ценных компонентов находится в труднораскрываемых сростках пирита, что обуславливает при выщелачивании применение более агрессивной среды на основе цианирования

	10.2. Лежалый. Минеральный состав схож с текущим пиритным концерратом с появлением гидроокислов железа и сульфатных форм минералов	При вовлечении, ранее складированного в открытые склады, данного вида сырья с целью извлечения из него ценных компонентов	В результате хранения на поверхности пиритного концентрата наблюдается развитие гидроокислов железа и появление сульфатных форм минералов указывает на уже начавшийся процесс окисления, что способствует применению сернокислотного выщелачивания и сокращению продолжительности его процесса
11. Подотвальные воды	11.1. Химический состав хлоридно-карбонатно-натриевый, хлоридно-карбонатно-кальциевый и др. с повышенным содержанием тяжелых металлов	За счет использования в технологии выщелачивания или для глубокой очистки с последующей утилизацией вод, образованных в результате инфильтрации атмосферных осадков и конденсации влаги из воздуха при их циркуляции сквозь толщу отвалов	Имеют минерализацию от 2800 до 15400 мг/л с pH 2,5-3,4. Концентрации тяжелых металлов значительно превышают предельно допустимые нормы. Отличаются высоким содержанием железа (61-1264 мг/л), цинка (154-912 мг/л), меди (18,7-303,7 мг/л) и кадмия (0,88-1,71 мг/л). Благоприятны для использования в технологии выщелачивания, как для влагонасыщения, так и в качестве рабочего агента после соответствующей подготовки.
12. Рудничные стоки	12.1. Химический состав зависит от места поступления и соотношения объемов в сборных резервуарах карьерного и шахтного водоотлива	При направлении вод поступающих из прудков отстойников или хвостохранилищ на глубокую очистку с целью извлечения полезных компонентов и (или) в технологический процесс	Характеризуются высокой минерализацией и повышенным содержанием ряда ценных компонентов. Могут быть кислыми, щелочными и нейтральными в зависимости от типа минерализации руд и вмещающих пород. По качественным показателям пригодны для использования в технологии выщелачивания, как для влагонасыщения, так и в качестве рабочего агента после соответствующей подготовки.
13. Хвосты обогащения	13.1. Текущие. Тонкая сульфидная фракция, состоящая из пирита, сфалерита, халькопирита, кварца и других нерудных минералов. Агрегатное состояние - твердое, находящееся во взвешенном состоянии в жидкой среде	Образуются непосредственно на выходе с обогатительной фабрики после завершения всех процессов обогащения и направляются; в хвостохранилище, на формирование техногенного месторождения и утилизацию	Сульфиды меди и цинка в сростках встречаются в виде эмульсионной вкрапленности, что определяет их потери при обогащении. Наряду с основными элементами содержится широкий спектр редких и рассеянных элементов, которые могут быть извлечены физико-химической геотехнологией

Продолжение таблицы

210

	<p>13.2. Затопленные. Минеральный состав представлен пиритом, сфалеритом, халькопиритом, кварцем с преобладанием нерудных минералов. Минералы подвержены седиментогенезу и частично – вторичному минералообразованию. Агрегатное состояние - твердое, находящееся во взвешенном состоянии в жидкой среде</p>	<p>В результате хранения хвостов текущей переработки в водной среде хранилища, в их минеральном составе происходят изменения. Соотношение сульфидной фракции к нерудным минералам сокращается до 1:3. Минералы начинают окисляться от начавшегося природного выщелачивания. Полевые шпаты, являясь неустойчивыми в химическом отношении минералами, разлагаются с образованием кварца и водорастворимых гидроксидов</p>
	<p>13.3. Законсервированные. В результате процессов выветривания минеральный состав изменен и представляет пиритовый песчаник с сульфатным цементом. Процессы гипергенеза происходят более интенсивно. Агрегатное состояние - твердое, находящееся во взвешенном состоянии в жидкой среде</p>	<p>При обнажении поверхности хвостохранилища в результате его консервации и прекращения поступления в него пульпы с высоким значением pH происходит интенсивное разложение сульфидов с образованием серной кислоты, что способствует росту интенсивности природного выщелачивания, растворению сфалерита и халькопирита и влечет к снижению качества</p>
	<p>13.4. Лежальные. Минеральный состав представлен окисленными минералами (малахитом, азуритом, хальконтитом, пизанитом, яроситом, мелантеритом и др.). Основной нерудный минерал – кварц. Сульфиды меди в неизмененном виде не встречаются. Халькопирит отсутствует. Агрегатное состояние - твердое</p>	<p>В результате разработки хвостохранилища, ранее подверженного длительному хранению под воздействием выветривания, природного выщелачивания и высыхания, комбинированными геотехнологиями с целью извлечения из него ценных компонентов и последующей утилизацией в закладочной смеси</p> <p>В результате длительного хранения в изменяющихся условиях под действием процессов выветривания и естественного выщелачивания происходит сегрегация и изменение вещественного состава лежальных хвостов, что приводит к увеличению содержания окисленных форм и снижению содержания полезных компонентов. В результате интенсивного выветривания минералов сульфиды меди практически полностью разлагаются с образованием сульфатов и карбонатов. Изменение свойств лежальных хвостов следует учитывать при обосновании параметров геотехнологии освоения техногенного месторождения</p>

	14.1. Твердеющая. Минеральный состав определяется составляющими ее компонентами: вяжущего - цемент, известь с добавкой молотых шлаков; наполнителем - дроблеными породами, хвостами обогащения, а также иными, как правило, местными материалами с различными химическими добавками. В смеси отношение твердого к жидкому составляет от 1:0,7 до 1:1	При отработке месторождения или его части открыто-подземными и подземными технологиями системами разработки с искусственным поддержанием очистного пространства	После затвердевания обычно 3-6 месяцев представляет монолитный массив, характеризующийся высокой прочностью на сжатие. Содержание полезных компонентов при введении в ее состав шлаков или хвостов обогащения низкое
14. Закладочная смесь	14.2. Гидравлическая. Минеральный состав соответствует составляющим хвостов. В смеси отношение твердого к жидкому составляет от 1:1 и до 1:4 в зависимости от удельного веса и крупности закладочного материала		Характеризуется длительной продолжительностью водоотведения и затвердевания (1 год и более), прочностные характеристики ниже чем у твердеющей смеси. Содержание полезных компонентов низкое и определяется составом хвостов
	14.3. Породная (сыпучая). Вещественный состав представлен гравием, дробленой породой (вскрышной), хвостами обогатительных фабрик, шлаками. Агрегатное состояние - твердое.	При отработке месторождения подземным способом системами с искусственным поддержанием очистного пространства и заполнении камер последней очереди либо участков не требующих высокой нормативной прочности, а также при выемке маломощных рудных тел и жил	Представляет собой сыпучий материал, характеризующийся весьма низким содержанием полезных компонентов или их отсутствием
15. Стоки хвостохранилища	15.1. Химический состав определяется группой хвостов кроме лежальных	В результате использования в технологических нуждах предприятия осветленного остатка, образованного на поверхности хвостохранилища при отложении твердой фазы в его ложе	Осветленная вода после соответствующей подготовки используется в технологических нуждах предприятия, наиболее часто в качестве оборотной воды на обогатительной фабрике

Под минерально-сырьевыми потоками комбинированной геотехнологии следует понимать – твердые или жидкие потоки природного и техногенного сырья, предназначенные для получения товарной продукции в ходе соответствующей переработки или без нее.

В соответствии с предложенной и представленной в таблице классификацией минерально-сырьевых потоков они разделены на основные и технологические.

Под основными минерально-сырьевыми потоками следует понимать потоки минерального вещества независимо от их структурного и агрегатного состояния, образованные в результате применения в единой горнотехнической системе комбинированной физико-технической и физико-химической геотехнологии и формирующие производственную мощность горно-обогатительного предприятия по товарной продукции. К ним отнесены - рудная масса и продуктивный раствор. При этом требования к качеству таких потоков определяются исключительно техническими условиями последующей переработки.

Технологические минерально-сырьевые потоки - это потоки, образующиеся в результате реализации полного цикла комплексного освоения рудных месторождений за счет утилизации отходов производства и вовлечения ранее законсервированного низкокачественного сырья и аккумулированных промышленных стоков в промышленную эксплуатацию с целью доизвлечения ценных компонентов и закладки выработанного пространства. К технологическим потокам отнесены: карьерные, шахтные и подотвальные воды; рудничные стоки и стоки хвостохранилища; вскрышные и отвальные породы; некондици-

онная рудная масса и бедные руды, складированные в отвалы; пиритный концентрат; отходы сепарации; хвосты обогащения; закладочная смесь.

В настоящее время большая часть технологических потоков направляется в отвалы, спецсклады, резервуары, прудки накопители и хвостохранилища. Сформированные в результате консервации отходы горно-обогатительного производства являются потенциально пригодными в качестве исходного сырья для получения требуемого качества готовой товарной продукции, а также использования как вспомогательного сырья в технологическом процессе или производстве.

Для эффективного вовлечения в промышленную эксплуатацию низкокачественного сырья, а также исключения разубоживания высокоминерализованных стоков горного предприятия на стадии консервации необходимо предусмотреть реализацию таких технических решений, которые исключают возможность потери ценности в процессе хранения и позволяют формировать минерально-сырьевую базу с заданными качественными характеристиками, обеспечивающими в дальнейшем эффективное использование в производстве и промышленности, а также обеспечивают требуемые прочностные и деформационные характеристики искусственного массива при их утилизации в выработанном пространстве в качестве компонентов закладочной смеси.

В соответствии с условиями формирования в таблице для каждого вида минерально-сырьевого потока определены особенности минерального, химического и агрегатного состояния, что позволяет обоснованно выбрать рациональный способ их освоения и переработки с решением вопросов

управления их качеством. Это валовое или раздельное складирование руд различного вещественного состава, включение в технологические схемы процессов сепарации с дальнейшей переработкой руд, содержащих ценные компоненты в промышленных масштабах, повышение качества извлеченных из недр потоков методами обогащения, либо физико-химической технологией.

Вещественный состав минерально-сырьевых потоков определяет особенности их качества. Особенности качества рудной массы определяются ее минерализацией и характеризуются: содержанием ценных компонентов и вредных примесей, физико-механическими свойствами, структурно-текстурными особенностями, строением полезного ископаемого и т.п.

При промышленной реализации физико-химической геотехнологии на горном предприятии появляется жидкий основной поток минерального сырья - продуктивные растворы, особенности, качества которых заключаются в промышленной концентрации широкого спектра ценных компонентов, а требования к нему определяются в зависимости от способа последующей гидрометаллургической переработки.

Особенности качества технологических твердых потоков, которые формируются при вовлечении в промышленную эксплуатацию ранее законсервированного сырья в результате его хранения в изменяющихся условиях под действием процессов выветривания и естественного выщелачивания, характеризуются увеличенным содержанием окисленных форм и сниженным содержанием полезных компонентов. Вместе с тем, необходимо учитывать, что если средний срок эксплуатации крупных горнодо-

бывающих предприятий, перерабатывающих медно-цинковые руды, составляет в среднем 70 лет, то после истечения этого срока, согласно расчетам, приведенным в работе [1], срок полного естественного выщелачивания меди из складированного сырья составляет 2000 лет, при этом происходит ее миграция в геосфере. То же относится и к другим тяжелым металлам.

Следует отметить, что эксплуатация месторождений приводит к нарушению гидрогеологической сети, подработки водоносных горизонтов и поверхностных вод в зонах тектонических нарушений и инфильтрации атмосферных осадков. Такой процесс также влечет к неизбежному природному выщелачиванию и в результате определяет особенности качества жидкого потока минерального сырья, которое характеризуется высокой минерализацией и повышенным содержанием ряда ценных компонентов. Они могут быть кислыми, щелочными и нейтральными в зависимости от типа минерализации руд и вмещающих пород.

Исключением из рассмотренных твердых минерально-сырьевых потоков, на качество которых оказывает негативное влияние длительное хранение сырья, является пиритный концентрат. Исследованиями, проведенными в ИПКОН РАН показано, что в текущем пиритном концентрате большая часть ценных компонентов находится в труднораскрываемых сростках пирита, что обуславливает при его вовлечении в промышленную эксплуатацию необходимость применения для выщелачивания более агрессивной среды на основе цианирования. При хранении пиритного концентратата наблюдается развитие гидроокислов железа и появление сульфатных форм минералов, что указы-

вает на уже начавшийся процесс окисления и способствует в результате его разработки возможность применения сернокислотного выщелачивания.

Особенности качества специфического потока минерального сырья, являющийся неотъемлемой частью полного цикла комплексного освоения месторождений - закладочной смеси определяются требованиями технологии формирования искусственного массива с заданными прочностными и деформационными характеристиками с учетом горно-геологических и горнотехнических условий месторождения или его части.

При реализации комбинированных технологий на основе сочетания физико-технических и физико-химических способов добычи необходимо учитывать, что качественные характеристики образующихся минерально-сырьевых потоков будут различны и динамично изменяться под влиянием технологических и организационно-технических факторов.

Вышеописанная классификация является основой для обоснования методики выбора рациональных способов управления качеством минерально-сырьевых потоков при комплексном освоении недр комбинированной геотехнологией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методическое пособие по изучению инженерно-геологических условий месторождений, подлежащих разработке открытым способом. – Л.: Недра, 1986. ГИАБ

Коротко об авторах

Каплунов Д.Р. – член корреспондент РАН, заведующий отделом теории проектирования освоения недр УРАН ИПКОН РАН,
Милкин Д.А. – аспирант, младший научный сотрудник УРАН ИПКОН РАН,
info@ipkonran.ru



РУКОПИСИ,

ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

Зубков К.Б. Повышение эффективности систем дегазации угольных шахт (727/01-10 от 23.09.09 г.) 5 с.

Предложен альтернативный способ учета подсосов, возникающих на пути транспортирования газовоздушной смеси по вакуумному дегазационному трубопроводу.

In this article author presents a new alternative way to calculate suctions in degas pipes.