

УДК 622.014.3:553.042

М.В. Рыльникова, А.М. Пешков

**ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К КАЧЕСТВУ
ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО МИНЕРАЛЬНОГО
СЫРЬЯ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ОСВОЕНИИ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Проведены исследования комплексного освоения месторождения Озерное комбинированными физико-технической и физико-химической геотехнологиями,

Ключевые слова: месторождение, геотехнология, карьер, добыча, бедная руда.

Комплексное освоение месторождений полезных ископаемых объективно является необходимым условием развития современного общества, предъявляющего все более ужесточенные экологические требования, что на фоне негативных проявлений внешних и внутриэкономических факторов, определяет динамику развития геотехнологий.

Таким образом, развитие современного общества объективно обуславливает необходимость реализации идеи комплексного освоения месторождений, выдвинутой академиком А.Е. Ферсманом в 1932 году и получившей развитие в трудах академиков А.В. Сидоренко, Н.В. Мельникова, В.В. Ржевского, М.И. Агошкова, К.Н. Трубецкого, член. корр. РАН Д.Р. Каплунова и других известных ученых. В настоящее время, когда традиционные физико-технические геотехнологии не предлагают каких-то революционных прорывов в разработке месторождений, возможности комбинирования процессов физико-технических и физико-химических геотехнологий способствуют существенному росту эффективности,

полноты и комплексности освоения недр Земли.

При проектировании физико-технических способов добычи основополагающими являются требования к качеству минерального сырья, на основании которых происходит распределение запасов месторождения на балансовые и забалансовые. В настоящее время это распределение происходит на основании кондиций, установленных в ТЭО и утверждаемых ГКЗ, которые определяются статически на момент реализации в проекте какой-либо, чаще одной, геотехнологии. В кондициях устанавливают следующие требования: минимальное промышленное содержание условного компонента в рудном теле или в его части; бортовое содержание условного компонента в пробе по выработке; минимальная промышленная мощность рудного тела; максимальная мощность прослоев пустых пород или некондиционных руд, включаемых в рудное тело; переводные коэффициенты попутных компонентов в условный основной компонент.

Величина минимального промышленного содержания устанавливается

на основе экономических расчетов отдельно для каждого месторождения с учетом горно-геологических условий и географического положения.

Обоснование промышленных кондиций на полезные ископаемые — одна из наиболее важных составных частей оценки месторождений. Уровень промышленных кондиций определяет качественно-количественную характеристику запасов, от нее зависят порядок отработки месторождений, мощность горно-перерабатывающих предприятий и эффективность их работы. Поэтому совершенствование методики обоснования кондиций в условиях рыночных отношений является актуальной задачей. От ее успешного решения зависит эффективность работы горных предприятий и всей горнодобывающей промышленности. Методика обоснования кондиций в условиях применения какой-либо одной монотехнологии разработана достаточно подробно и широко апробирована.

Создание принципиально новых горнотехнических систем комбинированной физико-технической и физико-химической геотехнологии предъявляет новые требования к обоснованию дифференцированных кондиций, которые должны обеспечить распределение запасов по способам добычи с учетом специфики их возможностей и условий реализации.

При проектировании комбинированной геотехнологии требования к качеству природного и техногенного сырья, вовлекаемого в эксплуатацию различными способами добычи, существенно отличаются. Так, при открытой разработке месторождений требования к минимальному промышленному содержанию полезного компонента в руде — одни, для подземной разработки — другие. При реализации физико-химической геотехноло-

гии кондиции зависят от различных факторов: способов выщелачивания — подземное, кучное, скважинное; места производства работ — в карьере или на поверхности, в подземной камере, в горном массиве или в разрыхленной рудной массе; вида сырья. В качестве выщелачиваемого материала могут быть использованы: руда — на месте залегания, складированная в отвалах, оставленная в закладке или потерянная в зоне обрушения; техногенное сырье горно-металлургического производства — хвосты обогащения текущие, лежалые, находящиеся под затоплением действующих или законсервированных хвостохранилищ, а также металлургические шлаки. Минерализованные промышленные воды могут быть применены в качестве активного рабочего агента.

В соответствии с этим, при комплексном освоении рудных месторождений комбинированной физико-технической и физико-химической геотехнологией для более эффективного и рационального использования всех георесурсов в единой горнотехнической системе подход к определению требований к качеству вовлекаемого в разработку минерального сырья должен быть дифференцирован по видам применяемых геотехнологий.

В зависимости от применяемой горнотехнической системы комбинированной геотехнологии, включающей в себя элементы открытой, открыто-подземной, подземной разработки и физико-химических методов добычи, требования к качеству минерального сырья у каждого способа будут различны.

Так, для условий медно-колчеданных месторождений Урала при открытой разработке минимальное промышленное содержание условной меди меньше, чем при подземной, а при сернокислотном выщелачивании тре-

бования к качеству сырья будет ниже, чем в том и другом случае.

Экономические расчеты для условий разработки Учалинского месторождения показали, что минимальное содержание условной меди для открытого способа добычи составляет 1,2 %, для подземной разработки системой с твердеющей закладкой выработанного пространства — 2,3 %, для кучного выщелачивания бедных руд, размещенных в отвалах — 0,3 %, для подземного выщелачивания схожих по составу руд — 0,5 %, для кучного выщелачивания окомкованных хвостов обогащения медно-колчеданных руд — 0,2 %.

Уровень кондиций для подземного выщелачивания полезных компонентов из залежей медных руд сложного минералогического состава будет также отличаться от соответствующих показателей для открытых и подземных работ по факторам:

- минимальная промышленная мощность рудного тела или минимальный промышленный объем накопленного техногенного сырья;
- содержание вредных примесей;
- петрографический и минералогический состав руд;
- горно-геологические и горнотехнические условия залегания рудных тел (глубина, удаленность от вскрышающих и подготовительных выработок, расположение под охраняемыми сооружениями, промышленными зданиями, водными объектами).

Эти параметры должны определяться с учетом возможностей каждой из составляющих геотехнологии в единой горнотехнической системе в соответствии с действующими рыночными ценами, а также их изменениями в прогнозируемый период с оценкой экономического, геомеханического и геотехнологического риска.

Комплексный подход к обоснованию кондиций подразумевает деталь-

ный учет извлекаемой ценности всех промышленно-значимых компонентов, а также дополнительной ценности попутно добываемых пород от вскрышных и горнопроходческих работ. Кроме того, он предполагает учет капитальных и эксплуатационных затрат не только на основное производство, но и на создание новых гидрометаллургических и пирометаллургических технологий извлечения основных и попутных ценных компонентов, а также инфраструктуру.

Таким образом, при определении кондиций на природное и техногенное сырье, вовлекаемое в разработку комбинированной геотехнологией в единой горнотехнической системе, на стадии проектирования необходима дифференциация балансовых запасов месторождения с учетом применяемых геотехнологий в условиях действующих цен, а также их возможного колебания в прогнозируемые периоды. Причем, в проектах должны определяться не столько границы применения различных методов добычи, сколько условия их эффективной реализации, а также должны быть заложены технические решения, обеспечивающие своевременный и безболезненный переход от одной технологии к другой.

Основой для принятия проектных решений комбинированной физико-технической и физико-химической геотехнологии является:

Анализ данных геологической разведки и технологического опробования природного, а также формируемого и ранее складированного техногенного сырья;

Распределение запасов по методам добычи и переработки, в соответствии с дифференцированно установленными кондициями;

Прогноз объема и качества формируемых отходов по видам применяемых технологий;



Рис. 1. Распределение балансовых (а) и забалансовых (б) запасов Озерного медно-колчеданного месторождения

Выбор рациональной технологии переработки гетерогенных и разнотазовых минерально-сырьевых потоков с утилизацией отходов в закладке выработанного пространства;

Исследовательское имитационное моделирование комбинированной геотехнологии с определением рациональных параметров ее применения на различных участках месторождения.

Реализация данной методологии была произведена на примере перспективного медно-колчеданного месторождения «Озерное», лицензией на разработку которого владеет ОАО «Учалинский ГОК».

При изыскании технологической схемы освоения месторождения «Озерное» (рис. 1) комбинированной физико-технической и физико-химической геотехнологией на основании данных исследовательского геотехнологического моделирования была выявлена возможность эффективной

эксплуатации запасов, ранее отнесенных к категории забалансовых.

В ТЭО кондиций, выполненным ФГУП «ГИПРОЦВЕТМЕТ», более 60 % запасов в верхней части месторождения отнесены к некондиционным, ввиду наличия окисленных минералов меди и относительно низкого содержания ценных компонентов (табл. 1).

Верхнюю часть месторождения составляют непромышленные по содержанию меди руды. Здесь находятся все запасы собственно-цинковых руд, 95,7 % серного колчедана и 12,8 % запасов некондиционных частично выветрелых медных руд.

При имитационном геотехнологическом моделировании в качестве исходных данных вводились технико-экономические показатели, определенные по данным практики разрабатываемых медно-колчеданных месторождений комбинированным спосо-

Таблица 1

Горно-геологическая характеристика запасов месторождения «Озерное»

| Наименование | Ед. изм. | Запасы | |
|--------------------------------|----------|------------|--------------|
| | | Балансовые | Забалансовые |
| Средний размер в плане | м | 150x100 | 300x200 |
| Длина по падению | м | 210 | 120 |
| Угол падения | град. | 75—80 | 75-80 |
| Оцененные запасы | млн. т | 5,79 | 10,6 |
| Содержание основных элементов: | % | | |
| медь | % | 2,82 | 0,44 |
| цинк | % | 0,13 | 0,88 |
| селен | % | 0,04 | 0,03 |
| теллур | % | 0,004 | 0,01 |
| золото | г/т | 0,25 | 1,1 |
| серебро | г/т | 7,5 | 11,7 |
| индий | г/т | 3,36 | 4,6 |

бом, опытно-промышленной апробации физико-химической геотехнологии в условиях ЗАО «Бурибаевского ГОК» и ОАО «Учалинского ГОКа», а также на основании сметных расчетов в соответствии с действующими ценами и налоговыми обязательствами.

Принимая во внимание небольшую глубину распространения запасов бедных руд (не более 110 м), при моделировании был оценен вариант комбинированной разработки месторождения: карьером с последующим кучным выщелачиванием добытых преимущественно бедных руд и комплексным извлечением ценных компонентов из продуктивных растворов и подземным рудником системой разработки с твердеющей закладкой выработанного пространства для отработки богатых руд с переработкой их на обогатительной фабрике методом флотации.

Для определения объемов горно-капитальных работ при открытом, открыто-подземном и подземном способе в геотехнологической модели использовались данные горногеометрического анализа. Себестоимость вскрыши 1 м³ пустых пород принималась равной 40 р/м³ по опыту работы

малых карьеров уральского региона. Себестоимость добычи 1 тонны руды подземным способом с закладкой выработанного пространства принималась равной 610 руб./т. Транспортировка 1 тонны горной массы из карьера была принята равной 44 руб./т. Затраты на кучное выщелачивание принимались по данным практики — 100 руб./т, стоимость обогащения руд методом прямой селективной флотации — 380 руб./т (по данным ОАО «Учалинский ГОК»).

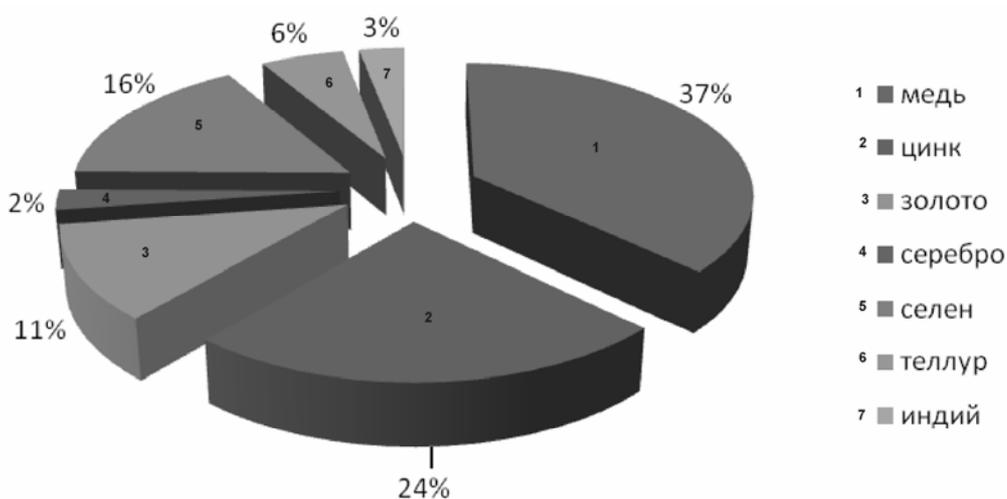
Совокупный доход от освоения месторождения Озерное определяется исходя из годовых объемов реализации товарной продукции и совокупных затрат на ее добычу и переработку. В рассматриваемых вариантах реализации комбинированной геотехнологии — это медный и цинковый концентраты, получаемые в ходе переработки руды на обогатительной фабрике, а также продукты гидрометаллургического передела продуктивных растворов выщелачивания руд.

Доход от реализации продукции карьера определялся стоимостью товарных металлов, получаемых при

Таблица 2

Оценка извлекаемой ценности бедных руд месторождения Озерное

| Компоненты | Цена за т, руб | Извлекаемая ценность в запасах бедных руд | |
|---|----------------|---|------|
| Медь | 229 500 | 6 691 632 572р. | 37 % |
| Цинк | 62 100 | 4 345 624 917р. | 24 % |
| Золото | 707 209 003,2 | 2 062 040 436р. | 11 % |
| Серебро | 8 898 713,83 | 449 456 238р. | 2 % |
| Селен | 1 620 000 | 2 935 730 140р. | 16 % |
| Теллур | 1 890 000 | 996 963 584р. | 6 % |
| Индий | 18 900 000 | 540 053 892р. | 3 % |
| Итого: | | 18 021 501 780р. | — |
| Извлекаемая ценность 1 т бедных руд, в том числе: | | | |
| стоимость меди и цинка | руб/т | 1688,83 | — |
| | руб/т | 1034,32 | — |

**Рис. 2. Структура извлекаемой ценности руд**

гидрометаллургической переработке продуктивных растворов выщелачивания. Доход от реализации продукции подземной добычи определялся стоимостью медного и цинкового концентратов селективной флотации медно-цинковых руд.

Структура извлекаемой ценности бедных руд, отнесенных в настоящее

время к некондиционным, представлена на рис. 2. Анализ данных которых свидетельствует, что базовые компоненты — медь и цинк, составляют 61,24 % в извлекаемой ценности руд.

Комплексное извлечение металлов из продуктивных растворов бедных руд позволяет повысить их

извлекаемую ценность в 1,63 раза (табл. 2).

Экономические расчеты для условий разработки Озерного месторождения показали, что для бедных руд, добываемых в карьере и направляемых на кучное выщелачивание, расчетный уровень минимального промышленного содержания по условной меди составляет 0,3 %, для подземной разработки системой с твердеющей закладкой выработанного простран-

ства — 2,2 %, для подземного выщелачивания схожих по составу руд — 0,5 %.

Комплексное освоение месторождения Озерное комбинированной физико-технической и физико-химической геотехнологией, позволяет увеличить объем вовлекаемых в разработку запасов в 1,6 раз и повысить совокупный доход от освоения месторождения в 2,76 раз по сравнению с вариантом ТЭО. **ТИАБ**

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ — 0905-00675-а

Коротко об авторах

Рыльникова М.В. — доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник УРАН ИПКОН РАН;

Пешков А.М. — аспирант Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова, www.masu.ru, mgtu@magtu.ru.



ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ

Мельник В.В., профессор, доктор технических наук, зав. кафедрой ПРГПМ,
Шулятьева Л.И., кандидат технических наук, докторант кафедры ПРГПМ,
Агафонов В.В., кандидат технических наук, доцент кафедры ПРГПМ,
Сушев Р.А., аспирант, Московский государственный горный университет,
Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru

Совершенствование теории и методов оптимизации параметров технологических схем шахт. Отдельные статьи Горного информационно-аналитического бюллетеня (научно-технического журнала). — 2010. — № 10. — 24 с. — М.: Издательство «Горная книга»

Дано научное обоснование рациональных пространственно-планировочных и проектных технологических решений по отработке запасов участков угольных месторождений сложной конфигурации и совершенствования теории и методов оптимизации параметров технологических схем шахт для разработки стратегии развития угледобывающих предприятий.

Ключевые слова: участки сложной конфигурации, интенсивная отработка, применение коротких лав с креплением и без крепления призабойного пространства.

Melnik V.V., Shulytieva L.I., Agafonov V.V., Sushev R.A. THE SCIENTIFIC JUSTIFICATION OF THE EFFICIENT SOLUTIONS FOR MINING COAL DEPOSITS WITH IRREGULAR SHAPE IS GIVEN

Project solutions involve spatial designing as well as process planning and help to update the theory and optimize parameters of technological schemes of underground mines. In conclusion a development strategy for coal mining enterprises is drawn up.

Key words: deposit areas with irregular shape, intensive mining, shortwalls technology with supports of working area and without them.