

УДК 504.55.062

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЛНОТЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗАПАСОВ ИЗ НЕДР ПРИ ОСВОЕНИИ НАГОРНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Б.Т. Толобекова

Рассматривается проблема повышения полноты извлечения запасов из недр. Задача решена с помощью целенаправленной системной оптимизации взаимозависимых параметров разработки месторождений полезных ископаемых.

Ключевые слова: месторождения; извлечение; запасы; полезные ископаемые.

Многие рудные месторождения в Кыргызской Республике относятся к категории сложных и нагорных, характеризующихся резкой изменчивостью параметров, интенсивно нарушенным массивом, крайне неравномерным оруденением с невыдержанным качеством полезных ископаемых. Освоение указанной группы месторождений связано со многими проблемами при выборе способов и систем разработки, схем вскрытия, мощности горного предприятия, кондиций на запасы, показателей извлечения, технологии переработки и др.

При этом проблема повышения полноты извлечения запасов из недр на современном этапе весьма актуальна, так как невозпроизводимые запасы полезных ископаемых недр с истечением времени становятся все меньше, а на их воспроизведение путем введения новых минерализованных участков месторождений полезных ископаемых требуются огромные финансовые, материальные и трудовые ресурсы. Для нашей республики такая задача почти неразрешима.

Повышение полноты извлечения запасов из недр имеющихся в разработке месторождений полезных ископаемых можно решить, в первую очередь, с помощью хорошо обоснованной системной технико-экономической оптимизацией главных взаимозависимых параметров их освоения. Оптимизация должна строиться на достаточно полном и точном отражении в расчетах геологических и гидротехнических особенностей месторождений: природной разобщенности участков разнокачественных руд, структурно-морфологической сложности, низкой степени разведанности, высокой экономической значимости порядка отработки запасов, длительного периода строительства и освоения проектной мощности, необходимости совершенствования технологии в процессе эксплуатации и др.

Основную роль в этом процессе играют взаимозависимые параметры освоения нагорных месторождений. Поэтому, прежде всего, определим их. Существенная особенность взаимозависимых параметров заключается в том, что они через прямые и обратные связи влияют друг на друга и наилучшие их значения могут быть строго установлены только в их взаимодействии. Такие параметры избраны в качестве предмета настоящего исследования по двум причинам. Во-первых, методы их определения отличаются сложностью и требуют глубоких обоснований. Во-вторых, полное влияние рассматриваемых параметров на конечные результаты освоения месторождений (т. е. их значимость) может быть оценено только по накопительному (кумулятивному) эффекту, который обычно оказывается весьма значительным. Однако следует заметить, что “вес” того или иного параметра в существенной степени зависит от характеристик и условий освоения конкретных месторождений.

При наиболее крупном агрегировании тесно связанных комплексов выделяются всего три несводимых друг к другу главных параметра, подлежащих оптимизации [1–3]:

- извлекаемые запасы месторождения Б;
- производственная мощность предприятия А;
- технологический комплекс по добыче и переработке W.

Эти параметры, по существу, ответственны за качество любого горного проекта.

В целях более целенаправленного управления качеством проектирования при комбинированной разработке месторождений в настоящей работе принята менее агрегированная группировка, включающая пять взаимозависимых параметров:

- кондиции на запасы и показатели извлечения;
- производственная мощность;

- границы открытой разработки;
- организационный порядок добычи и переработки разнокачественных запасов;
- технологический комплекс по добыче и переработке.

Учитывая горно-экономический характер настоящего исследования, технологические решения в моделях разработки нагорных месторождений выражаются не прямо через физические величины, а опосредованно через капитальные и эксплуатационные затраты, потери, разубоживание, показатели извлечения при переработке, сроки.

Проблема системной оптимизации взаимозависимых параметров разработки сложно-структурных нагорных месторождений при их проектировании всегда отличалась своей сложностью и трудоемкостью. Развитие рыночной экономики и налаживание сотрудничества с развитыми в этой области странами привели к необходимости разработки более основательной, наиболее полно отвечающей условиям рыночных отношений в Кыргызской Республике, методической базы. Этот методический аппарат должен быть пригоден для решения всего комплекса задач. Во-первых, с помощью методов системной оптимизации необходимо выявить природный потенциал сложноструктурных нагорных месторождений. Во-вторых, обеспечить наиболее полное увеличение извлечения полезных ископаемых из недр. В-третьих, повысить эффективность освоения путем максимизации основного критерия – чистой текущей стоимости (NPV). В-четвертых, обеспечить более высокую ставку возврата (доходность) капитальных вложений путем увеличения значения ограничивающего показателя – внутренней нормы окупаемости (IRR).

С целью решения поставленного комплекса проблем нами разработана модель (1) совместного и системного выбора совокупности определяющих (главных) взаимозависимых параметров освоения сложноструктурных нагорных месторождений.

В качестве целевого критерия оптимизации были приняты основные критерии – чистая текущая стоимость (NPV) и внутренняя норма окупаемости (IRR) – в качестве ограничения.

$$NPV(\{B\}, \{Z\}, \{A\}, \{P\}, \{G\}, \{W\}, \{V\}, \{T\}) \rightarrow \max,$$

$$IRR(B^0, Z^0, A^0, P^0, G^0, W^0, V^0, T^0) \geq E, \quad (1)$$

где B – подлежащие отработке запасы месторождения, млн т; A – производственная мощность предприятия в динамике млн т/г; W – технологический комплекс по добыче и переработке; Z – общий план размещения объектов и инфраструктура; G – границы карьера (при комбинированной разработке); V – порядок отработки разнокачественных

запасов; P – организация управления рудопотоками; T – сроки строительства и эксплуатации, лет.

Для выявления потенциала взаимодействия системообразующие элементы B, A, W и т. д. последовательно объединяются в наиболее интегрированные производственные комплексы. В каждом комплексе оставляется по 3–4 взаимозависимых элемента для узловой совместной оптимизации. Остальные элементы временно фиксируются на приближенно оптимальном уровне, в результате чего формируется вектор влияния системы B^0 . Вектор влияния удерживает поиск решения в зоне, близкой к оптимуму. Количество производственных комплексов на первой итерации соответствует количеству базовых системообразующих элементов разработки месторождения.

Разработанный методический аппарат – оптимизационный метод предназначен для системной оптимизации взаимозависимых параметров разработки одновременно по критериям сравнительной (NPV) и абсолютной (IRR) эффективности. Он ориентирует на оптимально полное увеличение извлечения полезных ископаемых из недр (интересы государства как собственника недр) и максимальный уровень окупаемости капитальных вложений – инвестиций (интересы инвестора как собственника капитала). Таких условий можно достичь путем увеличения NPV и IRR за счет целенаправленного улучшения технологических решений и системной оптимизации взаимозависимых параметров освоения нагорных месторождений разнокачественных руд.

Важная роль в улучшении технологических решений и повышении качества разработки месторождений принадлежит механизму управления разнокачественными запасами. Учет порядка вовлечения в эксплуатацию природно-разобщенных крупных (больше блока) выемочных единиц является первым шагом в поиске оптимума для повышения полноты извлечения полезных ископаемых из недр [2].

Применение этого метода на первом этапе оптимизации при оценке конкретных месторождений республики, таких как Насоновское, Куру-Тегерек, Джеруй, Кумтор позволило найти наиболее эффективные варианты их освоения.

Управление запасами при типичном для нагорных месторождений комбинированном (открыто-подземном) способе разработки является следующим направлением развития метода оптимизации. В этом случае управление качеством извлекаемых запасов кроме установления порядка отработки разнокачественных участков включает: определение оптимального соотношения промыш-

ленных запасов, обрабатываемых открытым и подземным способами, создание системы складирования по качественному содержанию запасов, разработки календарного плана добычи и формирования рудопотоков, обоснование дифференцированных кондиций для карьера и подземного рудника. При этом разрабатываемый метод системной оптимизации параметров освоения предусматривает вовлечение в процесс оптимизации всех определяющих параметров горного предприятия и элементов системы управления качеством обрабатываемых запасов месторождения.

На втором этапе системной оптимизации подвскачиваются запасы уже внутри выбранных крупных выемочных участков (зон) при оптимальной последовательности их отработки. На этом этапе более детально отражается различие в технологии добычи и переработки руд предварительно оптимизированных выемочных участков (зон). При этом параметры оконтуривания и отработки запасов дифференцируются по способам разработки, а также существенно отличающимся природным условиям участка.

При глубокой оптимизации режима отработки открытым способом путем разделения разносортных руд карьера на более богатые (направленные на переработку) и менее богатые (временно складированные) можно обеспечить существенное повышение показателей NPV и IRR. Прирост этих показателей против традиционного ТЭО позволяет сократить срок окупаемости инвестиций и величину выплат по кредиту.

Развитие этой идеи с апробацией при выполнении ТЭО освоения месторождения Джеруй показало, что эффект от управления качеством добываемой руды по годам достигается также за счет повышения в первые годы “внутреннего бортового

содержания”, служащего для дополнительного повышения содержания руды первоочередной переработки.

Использование идеи системной оптимизации второго этапа на подземной части месторождения позволяет уточнить границы ярусов при принятой схеме с закладкой. Отработку целесообразно начинать с горизонтов, где среднее содержание металла наиболее высокое. На отдельных горизонтах также следует планировать добычу, начиная с богатых первичных камер. В целях повышения внутренней нормы прибыли (IRR) рекомендуется бортовое содержание (для запасов подземной отработки) дифференцировать с уменьшением его по годам эксплуатации.

Уменьшение бортовой кондиции на последних годах отработки целесообразно использовать для увеличения выемочной мощности рудного тела, которая обычно падает с глубиной.

Литература

1. *Айтматов И.Т., Дронов Н.В., Минаков В.В., Толобекова Б., Трубочанинов В.И.* Резервы повышения уровня использования природного потенциала месторождений. Проблемы и перспективы развития горной промышленности Кыргызской Республики на период 2000–2010 гг. / И.Т. Айтматов, Н.В. Дронов, В.В. Минаков и др. Бишкек, 2000.
2. *Толобекова Б.* Экономическая оптимизация полноты извлечения разнокачественных запасов и использования инвестиций / Б. Толобекова // Мат. III-й научной конференции КРСУ. Бишкек, 1996.
3. *Толобекова Б.* Горно-экономическая оценка нагорных рудных месторождений при их проектировании: автореф. дис... д-ра техн. наук / Б. Толобекова. Бишкек, 2007.