

УДК 622.274.5

Д.Е. Малофеев, А.М. Гильдеев

**ВЫРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНЫХ
РЕШЕНИЙ ПО РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ТЕХНОЛОГИЕЙ С ОБРУШЕНИЕМ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ
ПОЛНОТУ И КАЧЕСТВО ИЗВЛЕЧЕНИЯ
ЗАПАСОВ НЕДР**

Приведен новый метод обоснования показателей извлечения при разработке месторождений системами с обрушением с использованием современных горно-геологических информационных технологий.

Ключевые слова: подземный способ, система разработки подэтажного обрушения, компьютерное моделирование выпуска руды.

Полнота и качество извлечения запасов недр – важнейшие атрибуты грамотной разработки месторождений полезных ископаемых. Не смотря на то, что данные атрибуты горной технологии непосредственно формируются на стадии непосредственной разработки запасов выемочных единиц, их основания и дальнейшая обеспечиваемость всецело предопределяются проектными решениями. В таком случае проектирование должно быть направлено на максимальную прогнозируемость ситуации разработки залежей, а его методическое обеспечение – обладать свойством многофакторности. Указанного состояния возможно достичь только с использованием новых информационных технологий, активно реализующихся в настоящее время в виде горно-геологических информационных систем (ГГИС).

Для технологии с обрушением проблема полноты и качества извлечения запасов недр стоит наиболее остро. Использование ГГИС в данном случае единственно адекватный путь обеспечения надлежащего уровня

обоснования проектных решений. Более того, в связи со сложностью процесса формирования показателей извлечения при очистной выемке, информационные технологии выступают и как эффективное средство для организации научных исследований.

Полнота и качество извлечения запасов при разработке месторождений с обрушением формируются в основном в процессе выпуска руды. В настоящее время данный процесс достаточно полно изучен до уровня познаний закономерностей истечения сыпучего материала. Однако методический арсенал средств еще не проработан до статуса описания ими именно выпуска руды, в виде прогнозирования свойств вовлекаемого в разработку ресурса, обладающего геотехнологической спецификой. В частности полностью не учитываются содержание полезного компонента и вредных примесей в руде, наличие породных включений в виде воронок обрушений, пространственное изменение характера оруденения после отбойки массива.

Попытки учета данных факторов имеются, но они представлены уникальными, необщепринятыми с точки зрения геологических служб горных предприятий научными разработками, что затрудняет, а зачастую, исключает их использование.

Предлагается иной подход к решению проблемы в виде применения в качестве геологической основы общепризнанных канонов описания атрибутов месторождений, реализованных в широко используемых ГГИС (Datamine, Micromine, и пр.) и последующей адаптации их под проблематику технологии с обрушением [1].

Сушность воссоздания геотехногенной ситуации разработки запасов выемочных единиц технологией с обрушением заключается в следующем.

Блочная модель рудного массива, созданная по результатам эксплуатационной разведки субблокируется до размеров среднего куска, получаемого после взрыва. Затем эти элементарные кубики закономерно распределяются в пространстве.

Часть рудных блоков вышележащей отработанной выемочной единицы в объеме каркасов воронок обрушенных пород заменяются на неминерализованные, либо слабоминерализованные участки. Породные воронки воспроизводятся в виде 3D-моделей по известным закономерностям [2].

В условиях этажного принудительного обрушения с отбойкой руды на компенсационную камеру процедура моделирования взорванного массива самая сложная. В данном случае необходимо сконструировать три типизированных участка: запасы междублокового целика, запасы междуэтажного целика и рудопородную среду отработанного вышерасположенного этажа.

Запасы междублокового целика при взрыве рассредоточиваются в горизонтальной плоскости в пределах от стенки компенсационной камеры до границы разрабатываемого блока со смежным ему выработанным пространством (с учетом подвижки зажимающей среды). Траектория полета в следствие короткозамедленного взрывания и весьма малого расстояния перемещения прямолинейная. Разрыхленность имитирует смещение субблоков в шахматном порядке.

В зависимости от соотношения величины компенсации к объему массива целика они затем опускаются до известной расчетной высоты.

Запасы междуэтажного целика и находящихся в его пределах участков породных воронок при взрыве перемещаются в вертикальной плоскости, занимая пространство от высоты, образованной при взрыве междублокового массива, до верхней части днища отработанного вышележащего блока.

Рудопородная среда над отработанным днищем остается на месте.

Приведенный подход к моделированию взорванного массива требует колоссального количества вычислений координат кусков руды. Реализуется он на ЭВМ. Данные по координатам исходного массива определяются средствами ГГИС (например, Micromine), затем они пересчитываются разработанной авторами программой-макросом в табличном процессоре Excel и далее выстраивается геотехногенный объект для дальнейшего обоснования проектных решений, направленных на полноту и качество извлечения запасов недр (рис. 1).

Полнота и качество извлечения запасов недр в условиях рассматриваемой технологии с обрушением определяются на основе теоретических положений по выпуску руды под обрушенными породами, к которой в

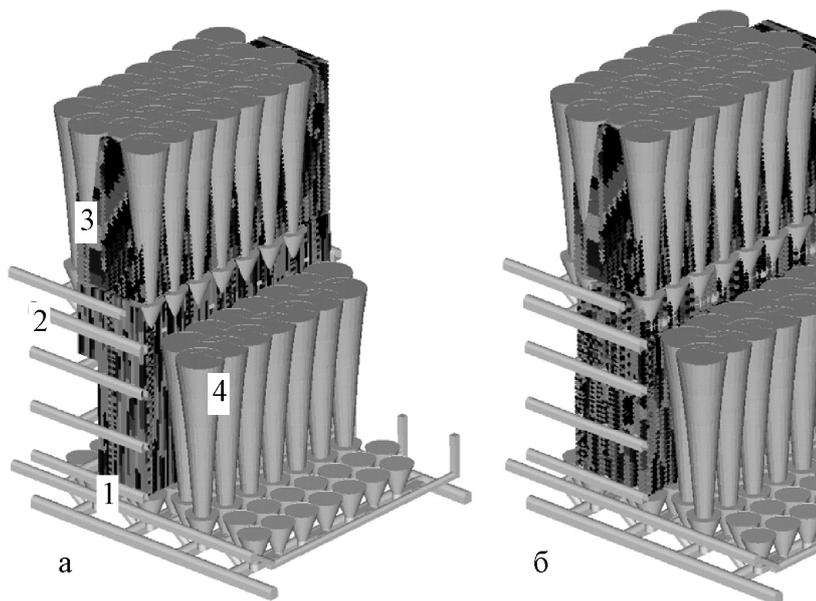


Рис. 1. Модель выемочного блока: а – до взрывания рудного массива; б – после отбойки руды; 1- междублоковый целик; 2 – междуэтажный целик; 3 – обрушенная масса выработанного вышележащего этажа; 4 – воронки обрушенных пород

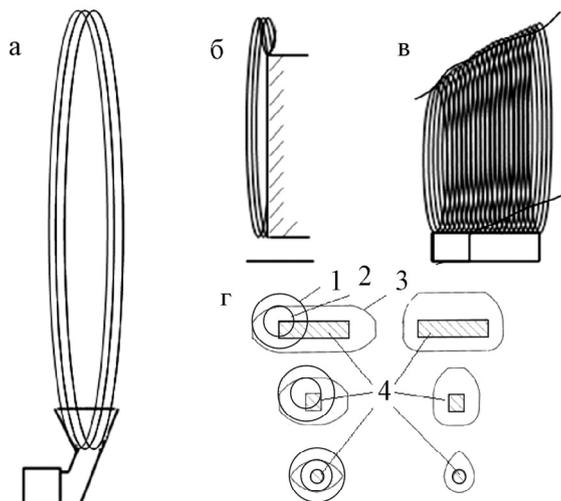
новых условиях применения предъявляются более высокие требования. В частности, необходимо уделить повышенное внимание к описанию кинематической схемы истечения

(фигуры выпуска, рис. 2).

Кинематическая схема истечения является управляемой. В первую очередь ее форму и размеры определяет выпускное отверстие или живое сече-

Рис. 2. Варианты формирования кинематической схемы истечения:

а – плоскостью выпускного отверстия (донный выпуск); б – живым сечением потока и наличием в сыпучей среде массивного включения (торцовый выпуск); в – пропорционально последовательным режимом отгрузки руды по фронту ее забора (торцовый выпуск); г – различной степени подвижности кусков руды и пород по периферии выпускного отверстия; 1, 2 – точечные эллипсоиды выпуска; 3 – результирующая сглаженная поверхность фигуры выпуска; 4 – различные формы выпускных отверстий



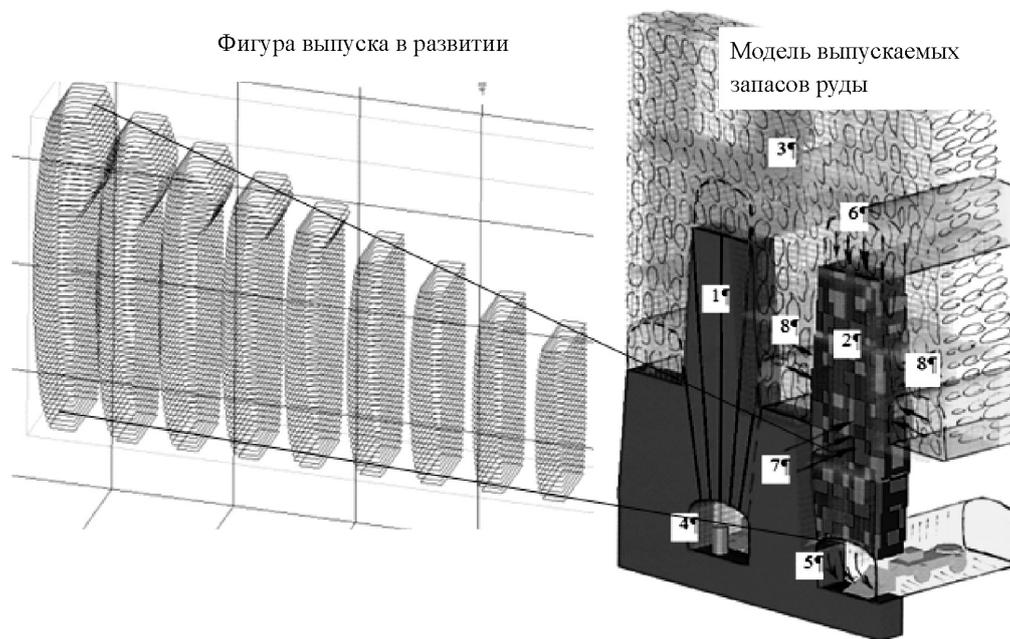


Рис. 3. Имитация процесса торцевого выпуска руды: 1 – обуываемый и попутно до-разведываемый слой; 2 – взорванный слой, представленный в виде рассредоточенной блочной модели запасов; 3 – обрушенная порода (представлена также в виде блочной модели); 4, 5 – буро-доставочные выработки; 6 – верхнее разубоживание; 7 – лобовое разубоживание; 8 – боковое разубоживание

ние потока. Придание форме и размерам фигуры выпуска габаритов выпускаемого слоя – есть основной принцип повышения полноты и качества извлечения запасов недр при разработке месторождений технологией с обрушением. Кроме выпускного отверстия закономерность перемещения кусков руды предопределяет наличие в сыпучей среде массивных включений, которые поток сыпучего материала вынуждено огибает.

Степень свободы перемещения частиц сыпучей среды в процессе выпуска переменчива, и она также влияет на кинематику процесса истечения. Ее следует формировать различной для рудной и породной составляющих. Первой придавать повышенную подвижность, вторым – стесненные условия истечения.

Кроме изложенных факторов на форму и размеры фигуры выпуска оказывает влияние и режим отгрузки руды. Это проявляется как в линейно вытянутом стоке, так и в линейно-оближенных изолированных пунктах выпуска руды.

Для получения качественных и количественных характеристик разработки запасов кинематическая схема истечения моделируются в трехмерном отображении. В контурах фигур выпуска средствами ГИС определяются количество руды и породы, со всеми их атрибутами (содержаниями полезных компонентов и вредных примесей, и пр.).

При этом задача характеризуется полнотой учета факторов, т.к. она принимает статус нематематизированной, не требующей создания методик

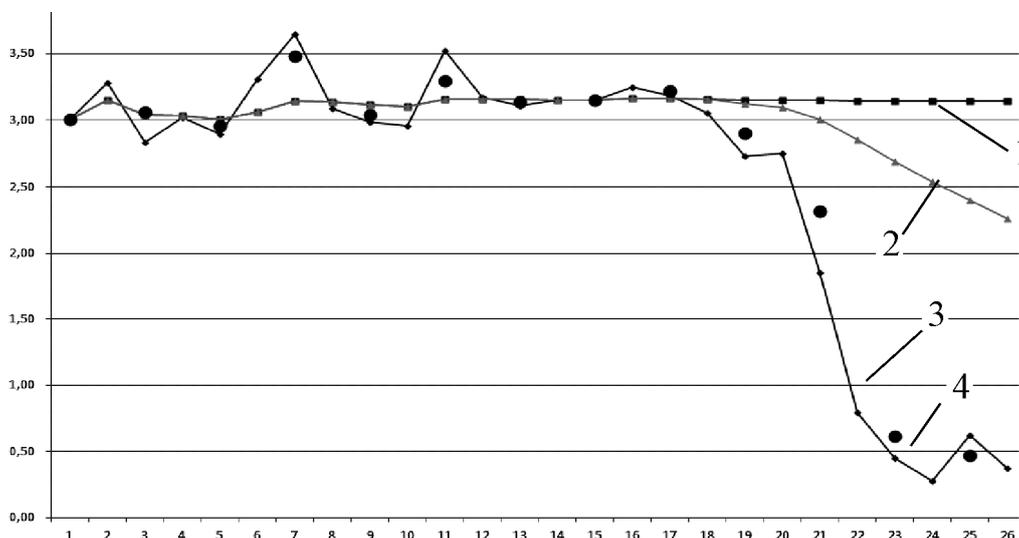


Рис. 4. Динамика формирования качества рудопотока по дозам выпуска:
 1 - содержание полезного компонента в балансовых запасах по высоте обрабатываемого слоя; 2 - содержание полезного компонента в добытой рудной массе при соответствующей фигуре выпуска; 3 - содержание полезного компонента в дозе выпуска объемом порядка 20 т; 4 - содержание полезного компонента в дозе выпуска объемом порядка 40 т

расчета, алгоритмов и программ, которые всегда имеют частное приложение. Кроме того, в решении задачи заложен весьма важный эффект – визуализация процесса, позволяющая с позиций ситуационного подхода определить область оптимальных значений показателей извлечения.

Обоснование показателей полноты и качества извлечения приведенным методом моделирования геотехногенных ситуаций выпуска руды под обрушенными породами показательно иллюстрируется на примере торцового варианта технологии с обрушением (рис. 3-5).

В качестве частных, представляющих научный и практический интерес, выводов можно отметить:

- содержание полезных компонентов и вредных примесей в дозе выпуска зависит от ее величины (рис. 3). Таким образом, известное положение по обоснованию момента прекращения отгрузки руды из выпускного от-

верстия по величине браковочного содержания не правомерно, т.к. величина последней дозы выпуска априори не известна.

- использование эффекта визуализации геотехногенной ситуации выпуска руды позволяет сконструировать сбалансированную по параметрам систему разработки, что является условием полноты и качества извлечения запасов и существенного упрощения процедуры нормирования потерь руды при добыче. Любые отклонения в параметрах (рис. 4) ведут к необоснованно повышенным, либо потерям, либо разубоживанию.

В целом по результатам приведенного исследования можно отметить:

1. Показанные принципы обоснования проектных решений характеризуются теоретической и программно-информационной преемственностью, что позволяет быстрее и качественнее их реализовать в конкретно-индивидуальных условиях;

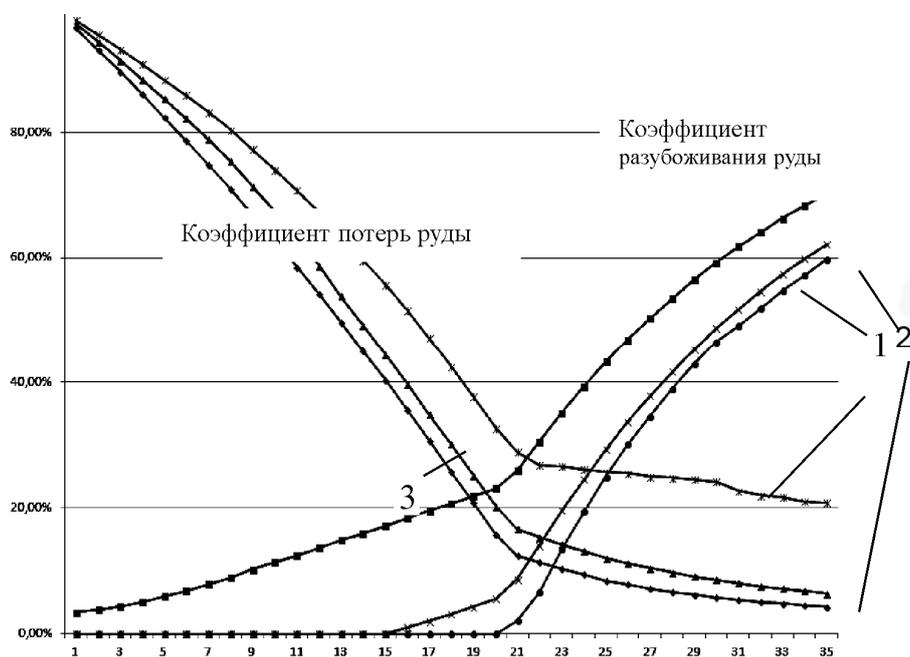


Рис. 5. Динамика изменения потерь руды в процессе выпуска в зависимости от толщины отбиваемого слоя: 1 - 2,2 м (завышенный по величине слой); 2 - 1,8 м (оптимальный); 3 - 1,4 м (заниженное значение толщины слоя)

2. Разработанная методика обоснования показателей полноты и качества извлечения запасов недр адекватно отображает ситуацию формирования потерь и разубоживания и динамику формирования качества рудной массы;

3. Предлагаемый подход выработки и обоснования проектных решений, в целом, обеспечивает повышение полноты и качества извлечения запасов недр, способствует дальнейшему развитию технологии с обрушением. **ТИАБ**

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Капутин Ю.Е. Горные компьютерные технологии и геостатистика. – С-Пб.: Недра, 2002. – 424 с.: ил.
2. Малофеев Д.Е. Развитие теории выпуска руды под обрушенными породами: монография. – Красноярск: Сибирский федеральный университет; Институт цветных металлов и золота, 2007. – 172 с.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Малофеев Дмитрий Евгеньевич - кандидат технических наук, доцент, главный инженер ООО «Полюс Проект», MalofeevDE@polyusgold.com
 Гильдеев Александр Маликович – инженер горно-геологического отдела ООО «Полюс Проект», GildeevAM@polyusgold.com