

Таким образом, на базе результатов выполненных комплексных исследований изучен процесс разрушения напряженных хрупких сред внутрискважинной нагрузкой. Анализ установленной взаимосвязи природных и технологических факторов, обуславливающих силовые параметры трещинообразования, кинетику и траекторию распространения трещин в напряженных средах, позволяет обосновать вывод о возможности управления процессом внутрискважинного разрушения во времени и пространстве за счет применения рациональных технологических параметров.

УДК 622.235

В.Н. Коробко

МЕТОДИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МИНЕРАЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Обґрунтовано необхідність побудови мінералого-технологічної моделі родовища для потреб планування і проектування гірських робіт. Вивчено фактори, які підлягають урахуванню при побудові моделі. Для практичної реалізації запропонована мінералого-технологічна модель відбивається на погоризонтній блоковій структурі. Кожний блок такої структури однорідний і відноситься до певного технологічного сорту руди. Запропоновано методику визначення розмірів блоків для наближення з достатньою точністю контурів мінералогічних однорідностей сукупністю елементарних блоків.

Для розроблювачів автоматизованих систем керування гірським виробництвом, науковців і студентів гірських спеціальностей вузів.

Компьютерные методы планирования и проектирование горных работ нуждаются в создании автоматизированной подсистемы геологического обеспечения принятия решения, главной задачей которого является подсчет запасов в заданных контурах горных работ.

Актуальной для автоматизированных систем становится задача создания компьютерной технологической базы данных месторождения. В ней воссоздается в интегрированном виде строение месторождения по геолого-минералогическим и технологическим признакам. То есть геологическая информация трансформируется под технологическим углом зрения для потребностей горных и обогатительных подразделений предприятия.

Технологическая модель должна отражать те элементы и показатели геологического строения месторождения, которыми манипулируют горняки и обогатители. Наименьшей единицей построения геолого-технологической модели наиболее целесообразно использовать минералого-технологический сорт руды. Это обусловлено несколькими факторами, основными из которых являются следующие:

— показатели обогащения руды в значительной мере зависят не столько от содержания полезного компонента в руде, сколько от ее минералогического состава. Форма и размеры минеральных разновидностей в руде и их связи между собой определяют степень раскрытия минеральных зерен, что прямо влияет на эффективность ее обогащения. Технологическая минералогия, которая изучает эти процессы, на сегодня является сложившейся научной дисциплиной. Известны также и ее практические результаты. Так, выполнено минералого-технологическое картирование месторождений Центрального и Ново-Криворожского горно-обогатительных комбинатов, ряда предприятий цветной

металлургии [1,2]. Использование достижений технологической минералогии упрощает задачи построения компьютерной модели технологического строения месторождения, поскольку уже существует теоретический аппарат, который необходимо формализовать. Это значительно проще и дешевле, чем создавать отдельную теорию;

- показатели качества руд отдельных сортов имеют более высокую стабильность значений, чем их смеси. Поэтому упрощается определение физико-механических свойств горных пород для буровзрывных, выемочно-погрузочных, транспортных, отвальных работ;

- относительная стабильность показателей качества минералогического сорта позволяет получить более надежные прогнозы технологических и экономических показателей при добыче и переработке. В свою очередь это повышает точность калькуляций себестоимости добычи и переработки руды и удаления вскрышных пород для потребностей компьютерных методов планирования.

Наибольшее распространение в отечественной и зарубежной практике как структура представления данных о строении месторождения получили блочные модели [3]. Для сложно-структурных месторождений эти модели обеспечивают наибольшую простоту применения при планировании и проектировании, а также достаточно высокую точность приближения к реальным условиям. В связи с тем, что отработка месторождения осуществляется по уступам, компьютерное картирование по сортам руд также должно выполняться по горизонтам. Это позволяет определить высоту элементарных блоков модели равной высоте уступов, а их высотные отметки – отметкам подошвы имеющихся и проектных горизонтов. В пределах горизонта нужно установить форму и размеры блоков. В зависимости от сложности формы отдельных рудных тел, которые относятся к тому или иному технологическому сорту можно принять квадратную или прямоугольную форму. Прямоугольная форма возможна в случае различной протяженности рудных тел вдоль и в крест простирания месторождения. За счет этого можно уменьшить количество блоков на горизонте. Конкретные размеры блоков и их форму, таким образом, можно установить на основе анализа изменчивости показателей качества сортов руд по месторождению. Выбрать нужно такие наибольшие размеры блоков, при которых воспроизведение геометрии размещения сорта на горизонте выполняется с ошибкой, не более заданной. В зависимости от потребности учитывать наличие горизонтальных контактов сортов руды, возможны два подхода: принять одинаковый сортовой состав блока по высоте или задавать мощности каждого сорта в пределах высоты уступа. Поскольку селективную выемку по высоте уступа осуществить невозможно, для потребностей обогащения это безразлично. Для буровзрывных работ и экскавации наличие контактов – существенный фактор, который влияет на физико-механические свойства пород блока. Поэтому для блоков с контактами разных сортов по высоте уступа назначается технологический сорт превосходящего объема сорта с сохранением данных о мощности и показателей качества всех имеющееся горизонтальных прослоек. В результате структура технологической модели месторождения по сортам будет иметь вид, представленный на рис. 1.

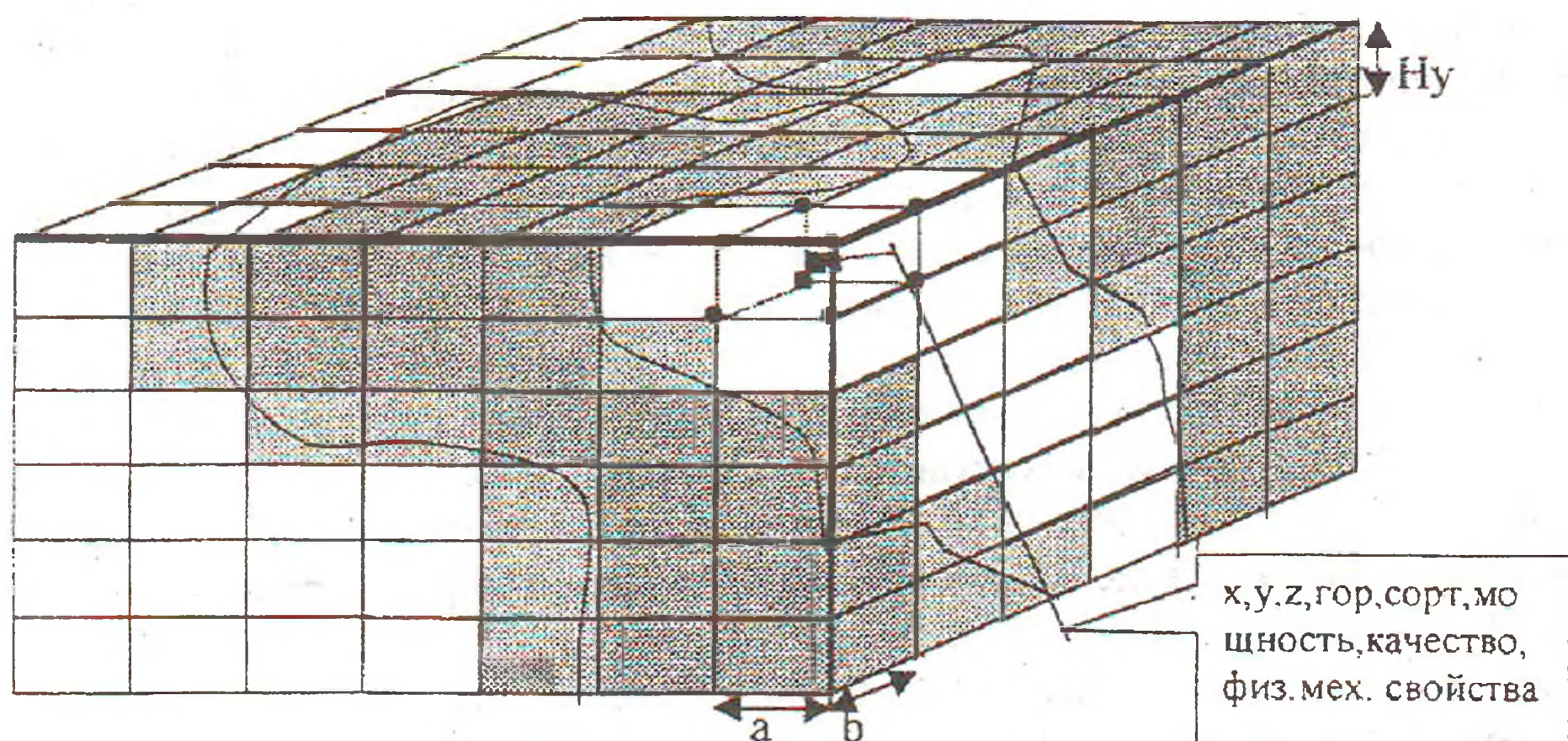


Рисунок 1 – Схема формирования блочной минералого-технологической модели месторождения

Методика выбора размеров блоков заключается в следующем. Вначале выполняется анализ геологических карт месторождения и границ технологических сортов руд. Определяются направления распространения и форма контуров рудных тел. Для вытянутых вдоль одной из осей участков одного сортового состава рекомендуется прямоугольная форма блоков. В случае неправильной формы рудных тел и различной ориентации их в плане следует выбирать квадратные в плане элементарные блоки. Сказанное относится и к рудным телам, имеющим амебовидную форму с несколькими рукавами переменной ширины. Размеры элементарных блоков определяют их количество и, как следствие, занимаемую память для своего хранения. Чем крупнее блоки, тем меньше требуется памяти ЭВМ. Однако в этом случае увеличивается погрешность приближения реальных контуров сортов руд совокупностью элементарных блоков. Существует допустимый предел погрешности приближения модельных объемов к истинным, который и определяет размер элементарных блоков. Погрешность приближения зависит от двух факторов – объемов отдельных участков сортов руд и степени кривизны и правильности их контуров. Это объясняется тем, что реальный контур и его представление совокупностью элементарных блоков будут не совпадать. Величину погрешностей лучше всего определять для прямоугольного участка больших размеров, содержащего большое количество контуров минералого-технологических сортов руд. В этом случае определяется общая погрешность приближения, в которой учитываются пересечения горизонтальных проекций элементарных блоков с рудными телами самых разнообразных размеров и форм. Для определения численных значений размеров элементарных блоков в плане предлагается метод последовательных приближений. Вначале заданный прямоугольный участок представляется блоками с

наименьшей стороной в плане, и вычисляются объемы каждого сорта этого контрольного участка. Эти значения принимаются за точные. Изменяем размеры элементарных блоков в сторону увеличения и вновь вычисляем объемы всех модельных сортов руд контрольного участка. Если погрешности определения объемов каждого сорта менее допустимой величины – продолжаем увеличивать размеры элементарных блоков, в противном случае завершаем итерации. Для условий медно-молибденового месторождения Эрдэнэт контрольный участок выбрали размером 1500x1500 м на горизонте 1415 м, что составляет 33 млн м³ горной массы. Расчеты выполняли для сеток со сторонами 15, 30, 45, 60 м. Такой ряд выбран из-за того, что скважины эксплуатационной разведки выбурены по сетке 60 x 30 метров. При другой плотности разведочной сети может быть иным, например, 12.5, 25, 50, 75 м. Итерации были остановлены на размерах элементарного блока в плане 30x30 м на второй итерации при погрешности определения объемов сортов руд в 5%.

При таких размерах элементарных блоков на горизонте для представления сортового состава руд потребуется около 1200 элементарных блоков. Для пяти горизонтов в работе потребуется хранить 6000 элементарных блоков. При оценке качественных характеристик руды 18 показателями, каждый из которых требует не более 10 символов, размер базы данных составит 1080 Кбайт, что является незначительным даже для персональных ЭВМ средней и малой мощности.

После установления геометрических параметров блочной минералоготехнологической модели месторождения нужно разработать способы ее создания, начального наполнения и корректировки по мере изучения месторождения. Информационной основой автоматизированного построения модели есть данные детальной и эксплуатационной разведок и результаты опробования шлама взрывных скважин. Данные разведки базируются на изучении керна колонковых скважин, которые фиксируются в геологических разрезах по каждой скважине. Если качественные показатели руды керна колонковых скважин распространять на зоны их влияния нужно обоснованно, то границы между разными типами и сортами руд вдоль оси скважины определяются точно. Это обуславливает применение двухшаговой процедуры формирования технологической модели – сначала выполняется оконтуривание границ минералоготехнологических сортов руд, затем – прогнозирование качественных показателей сорта руды в каждом элементарном блоке.

Поскольку основная часть элементарных блоков будут иметь одинаковый сортовой состав, то боковые грани блока будут или границами сорта (если соседний блок имеет другой сорт) или продолжением этого же сорта (если соседний блок такого же сорта). Минералоготехнологический сорт определяется интерполяцией по четырем модельным точкам, которые разнесены по вертикальной оси симметрии элементарного блока с шагом 5 м. Если элементарный блок одного сортового состава, записывается его сорт. В противоположном случае в характеристики блока записываются накопленные мощности и показатели качества всех выявленных сортов руд. Это позволит учитывать границы контактов руд при проектировании буровзрывных работ, экскавации и других процес-

сов. Сорт руды в модельных точках устанавливается по сорту руды в ближайшей к ней пробе данных геологической разведки. Согласно [4] для метода горизонтальных разрезов доказано, что наиболее вероятная граница между двумя геологическими разновидностями, значение которых известны в двух точках, проходит через середину отрезка между этими точками. Выполнив интерполяцию методом ближайших районов по всем элементарным блокам месторождения, получим его минералого-технологическую модель по сортам руд.

После определения границ сортов руд необходимо прогнозировать показатели качества руды и физико-механические свойства каждого элементарного блока. Использование данных ближайших проб, как при оконтуривании сортов, недостаточно и ненадежно потому, что изотропные месторождения не существуют. Поэтому распространять даже детально изученные части керна колонковых скважин в десяток кубических дециметров на объемы в тысячи и десятки тысяч кубических метров требуется при помощи специальных методов и изучения закономерностей размещения показателей качества по месторождению. В качестве специального аппарата для прогнозирования качественных характеристик необходимо привлечь геостатистику, методы которой позволяют оценивать содержание полезных компонентов и вредных примесей в блоках по статистическим показателям в окружающих пробах. Наиболее просто реализуются методы дистанционного взвешивания. Более сложными являются методы Крайгинга, которые требуют для каждой точки решения систем уравнений четвертого порядка [4].

Ориентация на применение минералого-технологической модели месторождения позволяет остановиться на методах дистанционного взвешивания. Это связано с тем, что каждый минералого-технологический сорт руды характеризуется тем, что его вещественный состав определяется характеристиками ограниченного количества минеральных образований. Другими словами, сорт — относительно однородное минералогическое образование и его характеристики довольно стабильные. Это подтверждают данные практики [1,2]. Поэтому предлагается моделировать качественные показатели сорта руд в элементарном блоке интерполяцией методом обратных линейных или квадратичных расстояний по окружающим пробам. Установление размеров области отбора проб и их количества осуществляется экспериментально или при помощи вариограмм содержаний по сортам руд. Наличие персональных ЭВМ большой производительности позволяет быстро подбирать методом итераций максимальный радиус поиска проб скважин детальной и эксплуатационной разведки на контрольных участках, не выполняя при этом аналитических расчетов.

Прогнозируемые методами геостатистики качественные показатели руды на следующем шаге проверяются на соответствие их установленным для данного сорта кондициям на руду. Если заданные кондиции не выдерживаются, сорт блока заменяется ближайшим подходящим или блок переводится в забалансовую руду или пустую породу.

На одном предприятии могут быть сформированы несколько минералого-технологических моделей месторождения с разными кондициями на руду и размерами элементарных блоков. В зависимости от назначения каждая из них

будет предназначена для определенного уровня планирования или проектирования горных работ.

Изложенная выше методика реализована в виде комплекса программ формирования блочной минералого-технологической модели по сортам руд на исходных данных опробования керна скважин детальной и эксплуатационной разведок и кондиций на руду. Он позволяет производить оконтуривание сортов руд совокупностью элементарных блоков заданного технологом размера в плане, интерполировать значения качественных показателей и формировать базу данных в формате DBF или Paradox. Комплекс программ работает под управлением операционной системы Windows-95, и показал приемлемые временные характеристики эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Железисто-кремниевые формации докембрия европейской части СССР/ Под ред. акад. АН УССР Я.Н. Белевцева. // Минералогия; Отв. ред. Б.И. Пирогов; - Киев: Наукова думка, 1989. - 168 с.
2. Пирогов Б.И., Поротов Г.С., Тарасенко В.Н., Холошин И.В. Технологическая минералогия железных руд. - Л.: Наука, 1987. - 257 с.
3. Компьютеры и системы управления в горном деле за рубежом/ Астафьев Ю.П., Глушков А.Н., Горлов Н.И и др. М.: Недра, 1989. - 261 с., илл.
4. Давид М. Геостатистические методы при оценке запасов руд: пер. с англ. - Л.: Недра, 1980. - 360 с.

УДК 622.831.3-622.016.22

В.В. Левит, Е.Б. Новик

К ОЦЕНКЕ МЕХАНИЗМА И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЫВАЛООБРАЗОВАНИЯ В ШАХТНЫХ СТВОЛАХ

Досліджено передумови, механізм та кількісні показники вивалів у вертикальних стовбурах вугільних шахт; отримано аналітичний вираз прогнозування вивалів в залежності від міцності порід та глибини стовбурів.

Распространенной формой проявления горного давления в шахтных стволах является вывалообразование приконтурных пород. Поэтому актуальна задача оценки, описания и прогнозирования этих процессов в целях повышения безопасности в забое при проходке стволов и обеспечения их долговременной эксплуатационной надежности. Возможность формирования условий для вывалов определяется комплексом факторов [1]: природных – неуправляемых и горно-технологических – регулируемых. Установление взаимосвязей между ними представляет собой ключевую задачу в прогнозировании и предотвращении вывалов в стволах.

Нами по результатам маркшейдерских измерений в тринадцати стволах шахт Донбасса («Рассыпнянская», «Кочегарка», им. Карла Маркса, «Горецкая», им. А.Г. Стаханова, «Красноармейская-Западная», «Комсомолец Донбасса», «Ольховская», «Октябрьский рудник», «Новобутовская») выполнена статобработка данных о вывалах.