

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ И ГОРНЫХ УДАРОВ МЕТОДОМ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ НА ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТАХ ШАХТЫ ЗАРМИТАН

З. С. Назаров

доцент кафедры «Горное дело» НГГИ

А. О. Чорикулов

ассистент кафедры «Горное дело» НГГИ

АНОТАЦИЯ

В статье рассматриваются вопросы прогноза категории опасности горных пород на основе оценки напряженного состояния массива в конкретных условиях и направлен на выявление участков горного массива золоторудного месторождения, опасных по напряженному состоянию массива пород, с целью заблаговременного принятия мер по их предотвращению. Обоснован метод акустической эмиссии прогноза и методология проведения замеров. Даны результаты замеров в разных горнотехнических условиях с дополнительными сведениями о внешних признаках динамических проявлениях установлены критерии по отнесению участков массива к «Опасным» и «Неопасным» по горным ударам замеры проводились руднике Зармитан в блоке 50106а-50107а, подэтаж 1, левый фланг и в блоке 50106а-50107а, подэтаж 2, правый фланг.

Ключевые слова: Горный массив, акустическая эмиссия, удароопасность, тектонические нарушения, напряжение, порода, шпур, прогноз, импульс, деформирования, амплитуда, трещиноватость, разупрочнением.

ВВЕДЕНИЕ

Прогноз категории опасности горных пород производится на основе оценки напряженного состояния массива в конкретных условиях и направлен на выявление участков, опасных по напряженному состоянию массива пород, с целью заблаговременного принятия мер по их предотвращению. Одним из методов прогноза является метод акустической эмиссии.

Акустическая эмиссия (АЭ) — явление возникновения и распространения импульсных упругих колебаний

(акустических волн), во время деформаций и напряжённого состояния материала.

Принципиальная возможность определения категории напряженного состояния массива по параметрам АЭ заключается в тесной связи АЭ с процессом запредельного деформирования горных пород в горном массиве. Регистрация с помощью приборов импульсов, возникающих вследствие микро разрушений при достижении горной породой предела прочности, позволяет оценить уровень нагрузок и характер деформирования.

АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ

В первую очередь наличие импульсов АЭ свидетельствует о том, что нагрузки в массива горных пород превышают предельные. Активность процесса АЭ (N) - число событий в единицу времени, зависит от скорости необратимого деформирования пород. С ростом скорости деформирования пропорционально увеличивается активность АЭ. На удар опасных участков уровень активности АЭ имеет высокое значение.

Иными словами, характеристикой неустойчивого состояния участка массива пород служит соотношение между импульсами АЭ различных энергетических классов - энергетическое или амплитудное распределение. С повышением удар опасности доля сильных импульсов АЭ увеличивается. Отражает отношение между импульсами АЭ различных энергетических классов показатель амплитудного распределения импульсов (B), величина которого является характеристикой неустойчивого состояния участка массива горных пород.

Таким образом, категория напряженного состояния участка массива горных пород достаточно полно определяется двумя параметрами процесса естественной АЭ — активностью (N) и показателем амплитудного распределения импульсов (B).

Проявления горного давления на руднике «Зармитан» носят разнообразный характер. Очевидно, что отдельные случаи проявления горного давления имели место и на вышележащих горизонтах, но в последние годы они стали оказывать заметное влияние на производственный процесс и технико-экономические показатели предприятия. [1].

Основные зафиксированные формы проявления горного давления следующие: - обрушения межблоковых целиков (у восстающих); - обрушения межэтажных целиков

(потолочин); - обрушение породных прослоев на участках сближенных рудных тел; - обрушения (вывалы) вмещающих пород в выработанном пространстве (в основном висячего бока) на участках подверженных тектонической нарушенности; - заколообразование в подготовительных выработках; - деформация стенок шпуров и скважин; - стреляния при проходке горных выработок; - звуковые явления (трески, щелчки) при проходке горных выработок.

В целом этот набор форм проявлений горного давления достаточно характерен для месторождений с относительно крепкими вмещающими породами, интенсивно нарушенных разрывными тектоническими нарушениями. Обычно на жильных золоторудных месторождениях России такие проявления фиксируются на глубинах более 300-400 м. Но поскольку проявление горного давления определяет совокупность уникальных для каждого месторождения факторов, явления, происходящие на руднике «Зармитан» вписываются в общую геомеханическую оценку месторождения.

Проявления горного давления носят как статический, так и динамический характер. Основной причиной проявлений горного давления на руднике «Зармитан» является крайне неоднородное геологическое строение массива изменчивость деформационно-прочностных характеристик горных пород, интенсивная тектоническая нарушенность. Динамические формы проявлений горного давления в основном приурочены к центральному участку месторождения, сложенному крепкими разновидностями пород.

Поскольку с ростом глубины разработки месторождения отмечается усиление тектонической нарушенности пород: появление многочисленных разрывных нарушений, не прогнозируемых на стадии детальной и эксплуатационной разведки; а также ожидается увеличение площади отработки (открытого выработанного пространства), можно прогнозировать увеличение частоты и энергетического уровня как статических, так и динамических форм проявлений горного давления.

На месторождении Зармитан были проведены тестовые замеры параметров акустической эмиссии с помощью прибора СБ-32М (САПФИР).

В основе метода для прогноза удароопасности предложено использовать два основных параметра процесса акустической эмиссии (АЭ) [1. 2. 3.]:

- средняя активность – количество импульсов в единицу времени (за 15 секундный интервал), $N_{15 \text{ сек}}$;
- показатель амплитудного распределения

импульсов в высокочастотном диапазоне спектра, b.

Более информативным акустический метод является для руд и пород средней прочности и прочных. Регистрацию импульсов для расчета предлагаемых параметров АЭ осуществляют с помощью приборов СБ-32М (САПФИР).

Портативный прибор имеет надежную элементную базу, упрощенную электрическую схему, не вызывает трудностей при эксплуатации в шахтных условиях, обслуживается оператором с минимальными навыками. Датчик прибора устанавливается в шпур диаметром 40-46 мм на глубину до 1,5 метров за возможной зоной трещиноватости, обеспечивая надежный контакт с массивом.

Качество установки датчика в шпуре проверяется путем возбуждения акустических импульсов (ударным воздействием на стенку выработки).

Для прогноза категории удароопасности участков массива при шпуровой отбойке установлен временной интервал от 1 до 5 часов после взрывных работ, в течение, которого на участке замера происходит перераспределение напряжений на квазистационарном уровне. Это наиболее характерный режим для прогноза удароопасности, при котором 20-минутного замера достаточно, чтобы оценить категорию удароопасности. Все эти режимы проведения замеров следует проверить для условий рудника и разработать методику замеров. Затем, после проведения замеров в разных условиях, появляется возможность разработать методику прогноза удароопасности и установить критерии категорий удароопасности «опасно» - «неопасно».

На месторождении Зармитан тестовые замеры проведены в зоне ведения очистных работ, полевых выработках. В результате проведенных исследований проверена работоспособность прибора для условий месторождения и подтверждена эффективность метода акустической эмиссии в качестве прогнозирования склонности, удароопасности.

Все приведенные результаты замеров подтверждают, что на исследуемых участках породы и руда склонны к упругому деформированию и хрупкому разрушению, то есть склонны к проявлению горных ударов. Приведенные в таблице 1, параметры АЭ, рассчитанные по результатам замеров подтверждают, что в краевой части массива порода и руда находятся на стадии предельного состояния.

Таблица 1.

Дата замера	Место замера		N	b'	время после ВР	Комментарии
28.06.2021	Блок 50104а-50105а	подэтаж 1 гор. 615 м	29,7	1,8	2:00	
		подэтаж 2 гор.630 м	2,5	5,6	9:20	
29.06.2021	Блок 50106а-50107а	Подэтаж 2 левый фланг	3,2	2,7	3:22	жила посреди забоя
		Подэтаж 2 правый фланг	3,8	,4	3:32	щелчок во время замера
		Подэтаж 1 левый фланг	1,1	3,3	3:20	звук в породе
	Гор. 600 м. Полевой штрек	01,6	7,0	3:45	В забое после взрыва были щелчки и стрельяние. Много импульсов невысокой энергии, мало с высокой энергией. Происходит разрядка за счет растрескивания	
	НТС. Забой. Гор.590 м Шпур 1.	8	9,2	>24 часов	Шпур пробурен перед замером. треск в массиве. выдвигание около шпуровой области на обнаженное пространство.	

Наличие большого количества импульсов в единицу времени свидетельствует о процессе хрупких микро разрушений характеризующих склонность к горным ударам. Об этом свидетельствуют и внешние признаки фиксируемые оператором в процессе замера.

Дальнейшими исследованиями с помощью предлагаемого метода прогноза можно уточнить вопрос районирования месторождения по склонности к горным ударам.

Результаты тестовых замеров проведенные в зоне ведения очистных работ, полевых выработках методом акустической эмиссии

Полученные результаты тестовых замеров проведенных в выработках на гор. 600 -630м и в полевых



выработках гор. 600 м – 590 м позволяют рассчитать требуемые для прогнозирования параметры процесса (см. табл. 1). На данном этапе по результатам замеров можно говорить об оценке напряженности и удароопасности. При дальнейшем проведении замеров в разных горнотехнических условиях с дополнительными сведениями о внешних признаках динамических проявлениях установлены критерии по отнесению участков массива к «Опасным» и «Неопасным» по горным ударам. Для примера рассмотрим результаты замера в блоке 50106а-50107а, подэтаж 1, левый фланг. Замер произведен через 3 часа 20 минут после взрывных работ (Рис. 1.). Для удобства графического отображения области «Опасно»- критерии видоизменены: $N_{1\text{мин}} \geq 12$ вместо $N_{15\text{сек}} \geq 3$ и $1/b \geq 0,25$ вместо $b' \leq 4$. При этом условия Опасно и Неопасно разделяются на графиках одной пунктирной линией. Это предварительные установочные критерии, которые необходимо уточнять, но они позволяют качественно оценить уровень изменения параметров процесса АЭ, требуемых для прогноза удароопасности.

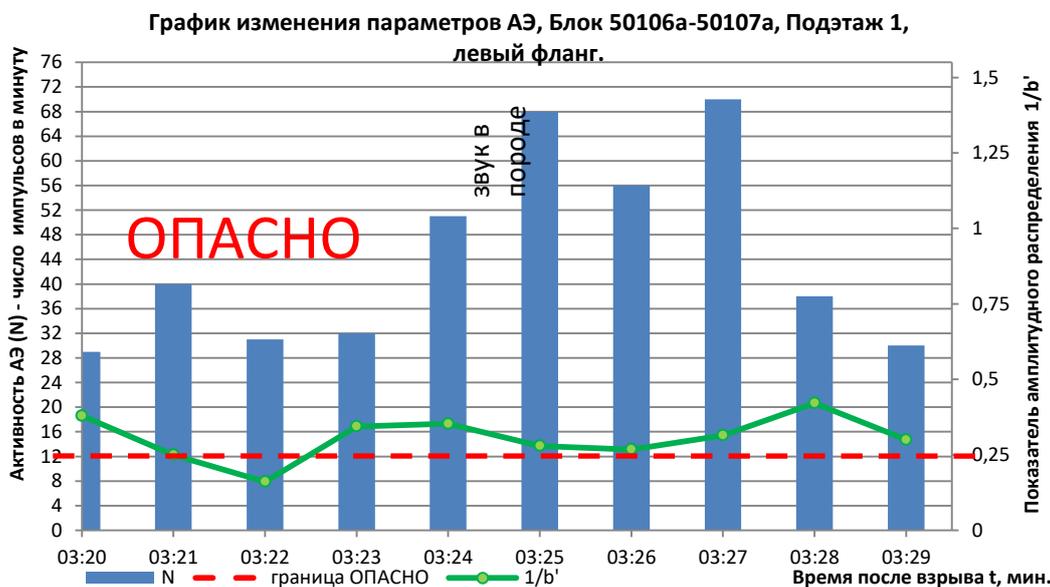


Рис. 1. График процесса протекания акустической эмиссии с поминутным распределением количества импульсов в сравнении с уровнем установочных критериев.

По замеру параметр активности указывает, что на отдельных временных интервалах фиксируется повышенный уровень напряжений, при средней активности $N=11,1$. Показатель амплитудного распределения указывает на некоторую неустойчивость процесса деформирования $b'=3,3$. Сам характер процесса АЭ

волнообразный. Однако, общий уровень, при всей изменчивости во времени не изменился. То есть, процесс АЭ является устойчивым, квазистационарным и времени замера в 20 минут будет достаточно, чтобы установить категорию удароопасности.

В другом замере, в блоке 50106а-50107а, подэтаж 2, правый фланг, время после ВР 3 часа 32 минуты, активность АЭ была ниже $N=3,8$ (Рис. 2.). Однако получено больше количества импульсов с высокой энергией $b'=2,4$. На фоне возрастания параметров АЭ в процессе замера произошло динамическое проявление – щелчок. На графике отчетливо видно нарастание активности и импульсов с высокой энергией при «подготовке» к щелчку. В сравнении с предыдущим замером эти условия говорят о большей неустойчивости процесса упругого деформирования, при сравнительно низком уровне напряженного состояния.

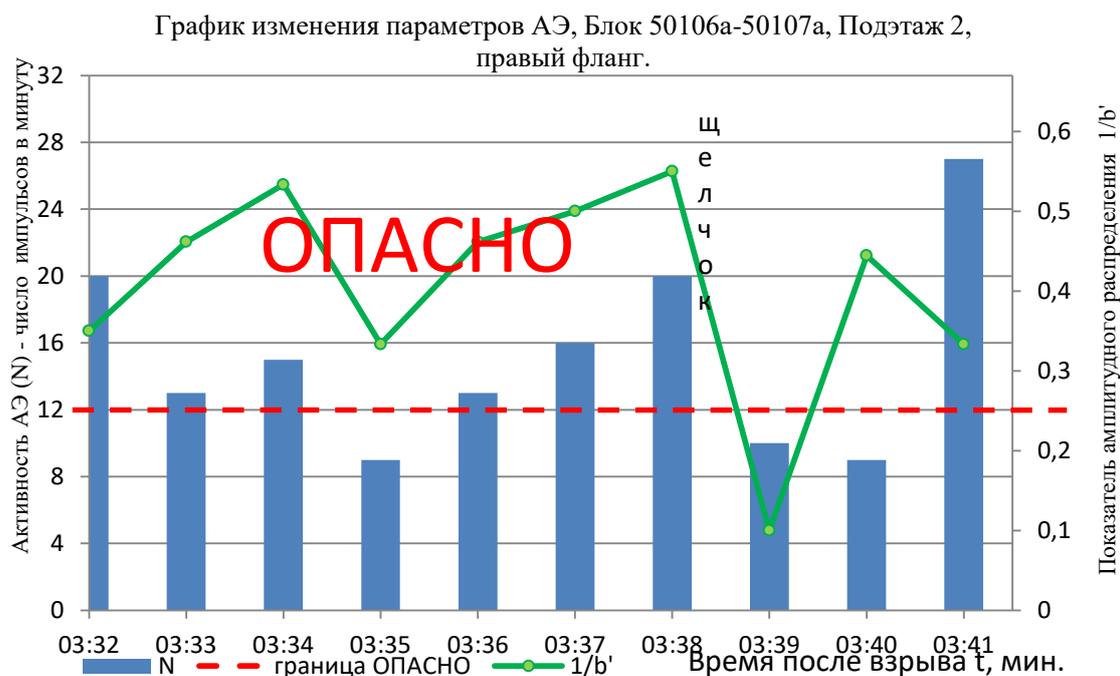


Рис. 2.2. График процесса протекания акустической эмиссии с поминутным распределением количества импульсов в сравнении с уровнем установочных критериев.

Таким образом, проведение тестовых замеров указывает на возникновение удароопасных условий на месторождении при ведении горных работ. Параметры акустической эмиссии, регистрируемые прибором СБ-32М (САПФИР) при разработке методики замеров и прогнозе удароопасности позволяют выявлять опасные по горным ударам участки.

Метод, в отличие от базового метода по дискованию керна при бурении скважин менее трудоемкий и более оперативный.

ЗАКЛЮЧЕНИЯ

1. Совокупность сведений включая: начальные тестовые замеры параметров акустической эмиссии в качестве прогноза удароопасности, выявленные внешние признаки динамических проявлений горного давления, склонность месторождения или части его к горным ударам и наличие отдельных участков опасных по динамическим проявлениям горного давления.
2. Проведение тестовых замеров прибором СБ-32М (Сапфир) показало его работоспособность для условий рудника Зармитан. Параметры акустической эмиссии (АЭ), регистрируемые прибором отражают напряженно-деформированное состояние массива, уровень напряженности, характер деформирования, вероятность разрушения и позволят разработать для условий рудника Зармитан метод прогноза удароопасности участков массива, напряженность участков, оценить склонность различных частей месторождения к горным ударам.

REFERENCES

1. А.Г. Акимов и др. Геомеханические аспекты сдвижения горных пород при подземной разработке угольных и рудных месторождений – СПб., 2003. 166 с. (ВНИМИ).
2. Временные правила охраны сооружений, природных объектов и горных выработок от вредного влияния подземных горных разработок на золото-рудных месторождениях, Иркутск, 1996.
3. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений. – М: Недра, 1988. – 112 с.
4. Геодинамическое районирование недр: Методические указания. – Л., 1990. – 129 с. МУП. ВНИМИ.
5. Беспально А.А., Яворович Л.В. Вариации электромагнитной эмиссии при измерении напряженно-деформированного состояния массива после массового взрыва // Солнечно-земные связи и электромагнитные предвестники землетрясений: материалы Междунар. конф. Петропавловск-Камчатск: Ин-т космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, 2004. – 456 с.