

## ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОСТИ И УДАРООПАСНОСТИ ДЛЯ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК И НАБОР ДАННЫХ МЕТОДОМ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПРИБОРОМ СБ-32

**А. О. Чорикулов**

Доцент кафедры «Горное дело» НавГГТУ

**Б. Б. Ражабов**

Магистр кафедры «Горное дело» НавГГТУ

**Ф. М. Бердиев**

Старший преподаватель «академический лицей» СамГУ

### АННОТАЦИЯ

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.

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

### ВВЕДЕНИЕ

В мировой практике прогноз категории опасности по горным ударом и напряженному состоянию месторожденные полезных ископаемых при разработки подземны способом является одним из приоритетных направлений. На основе оценки напряженного состояния массива в конкретных условиях и выявление участков, опасных по напряженному состоянию массива пород, принятия мер по их предотвращению, выбор места замера, подготовка места замера, мероприятия во время замера и расчет параметров процесса акустической эмиссии. Возникновения и распространения импульсных упругих колебаний (акустических волн), во время деформаций и напряжённого состояния массива в конкретных условиях направлен на выявление участков,

опасных по напряженному состоянию массива пород, с целью заблаговременного принятия мер по их предотвращению. является одним из основных задачи горного производства .

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для исследования принят прибор СБ-32М (САПФИР) которая дает возможность применения методы локального прогноза по параметрам акустической эмиссии, удароопасности шахтных полей и определения параметров главных напряжений в массиве горных пород.

Прогноз категории удароопасности горных пород производится на основе оценки напряженного состояния массива в конкретных условиях и направлен на выявление участков, опасных по горным ударам, с целью заблаговременного принятия мер по их предотвращению.

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.

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. Однако высокий уровень активности АЭ наблюдается также и в не удар опасных условиях, например, в целиках небольших размеров. В отмеченных случаях необратимое деформирование горных пород может происходить с большой скоростью, но на уровне остаточной прочности, когда породы уже неспособны к накоплению больших запасов упругой энергии и разрушению в виде горного удара.

В связи с этим, по активности АЭ можно лишь судить о выполнении первого условия горного удара - о деформировании пород за пределом прочности. Высокая скорость необратимого деформирования является условием необходимым, но недостаточным для отнесения участка массива горных пород к опасным по

горным ударам. Бурный характер разрушения (горный удар) возможен в том случае, когда приток энергии из внешней среды (окружающих пород) превышает ее поглощение в области запредельного деформирования. Энергия и амплитуда импульсов АЭ, сопровождающих эти процессы, соответственно повышаются.

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.

**Выбор места замера для набора данных по параметрам акустической эмиссии.** Для набора данных по параметрам акустической эмиссии замеры прибором СБ-32 производятся в выработках при шпуровой отбойке в интервале от 1 до 5 часов после взрывных работ. В бланке замера указывается точное время прошедшее после взрывных работ.

**В первую очередь** измерения следует проводить на участках с внешними признаками динамических проявлений горного давления (интенсивное заколообразование, шелушение, стреляные).

При отсутствии в шахтных выработках на момент исследований участков с внешними признаками замеры производят на участках выявленных техногенных и природных (геологических) концентраторов напряжений:

- тектонических нарушений; - контакты пород с различными физико-механическими свойствами; - при сбойке выработок, начиная с подхода к сбойке на расстояние 5ч-7 м; - при приближении одиночной выработки к очистным работам (то есть в зоне опорного давления от очистной выемки) начиная с расстояния в 10 м; - выработки в зоне влияния массового взрыва.

Для установки датчика обуреваются шпурсы диаметром в пределах 39-45 мм под небольшим углом к горизонту, чтобы вода вытекала с них и не оставалась в шпуре ( $5^{\circ}$ - $15^{\circ}$ ). Требуется избегать контакта прибора с водой, в том числе датчика и провода, убедиться что провод не находится в воде, а датчик не промок в шпуре, в случае намочения датчика в шпуре необходима его полная просушка перед его повторным использованием.

Приконтурная часть выработки зачастую отслаивается (бутит), краевая часть массива характеризуется увеличенной

трещиноватостью, разупрочнением горных пород, это связано с влиянием буровзрывных работ и пригрузкой горного давления по контуру выработки. В зависимости от физико-механических свойств горных пород эта зона может достигать от 0,5 до 0,6 м. Датчик рекомендуется устанавливать на глубину от 0,7 до 1,5 метров, чтобы пересечь зону трещиноватости. Шпуров желательно располагать перпендикулярно стенке выработки. Если шпуров располагаются под углом к проходке выработки, то необходимо увеличить глубину установки датчика. На рис. 1 показаны шпуров длиной один (жирной линией) и полтора (пунктирной линией) метра.

У тектонического нарушения измерения следует проводить при приближении подготовительной или очистной выработки на расстояние 10, 7, 5, 3 м и при его пересечении. При этом наиболее высокая напряженность возникает в случае, когда выработка пересекает тектоническое нарушение под острым углом. Когда тектоническое нарушение попадает в зону очистной выемки, его влияние может распространяться на большие расстояния.

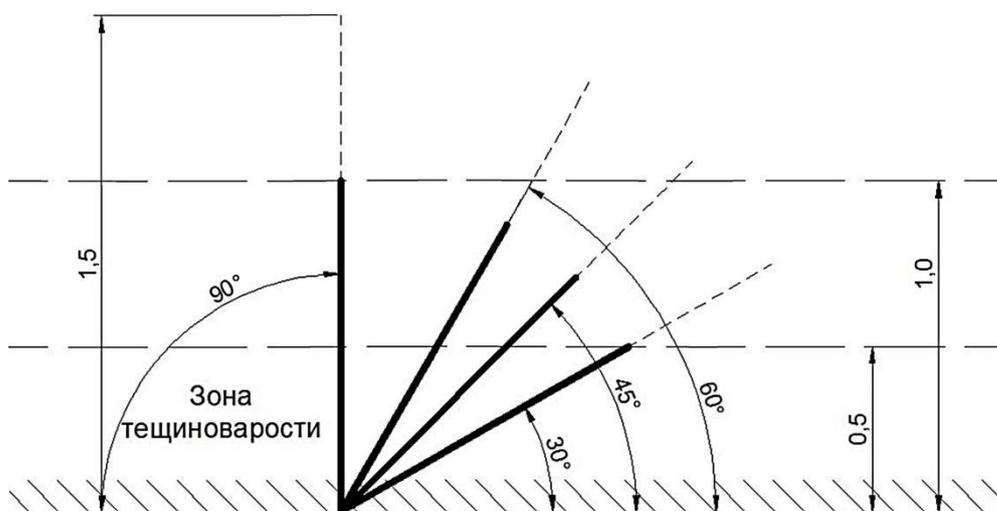


Рис 1. Схема расположения замерных шпуров длиной 1 и 1,5 м под углом относительно стенки выработки

Если на участке замера присутствует геологическая нерешённость (контакты пород, тектонические разломы, зеркала скольжения) необходимо закладывать шпуров в оба крыла относительно нарушения на расстоянии не менее метра от шва. Зону влияния контактов разно прочностных пород можно оценить по замерам АЭ при проходке выработки через этот контакт. Замеры рекомендуется проводить непосредственно у контакта в более прочной разновидности пород.

На активность процесса АЭ существенное влияние оказывают взрывные работы. Активность АЭ в момент взрывных работ резко возрастает. В дальнейшем происходит ее затухание по экспоненциальному закону. Поэтому измерения параметров АЭ проводится в интервале, начиная через 1 час и не позднее чем через 5 часов после взрывных работ в забое. Однако принятый интервал измерений необходимо подтвердить для условий конкретной шахты во время проведения исследований при возможности бурения замерных шпуров после взрывных работ рекомендуется их располагать в бортах выработки, либо в сопряжениях и по центру забоя рис. 2.

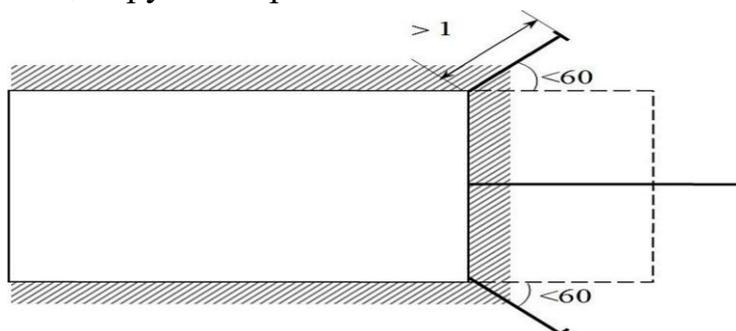


Рис. 2 Схема расположения замерных шпуров при бурении после взрывных работ

При отсутствии возможности бурения после взрывных работ измерительные шпуры пробуриваются совместно со шпурами забойного цикла паспорта БВР. В углы выработки направления бурения шпуров - под углом  $60^\circ$  и более к направлению продвижения забоя и по забою выработки, длина которого будет превышать цикл проходки на 0,7-1,5 м рис. 3.

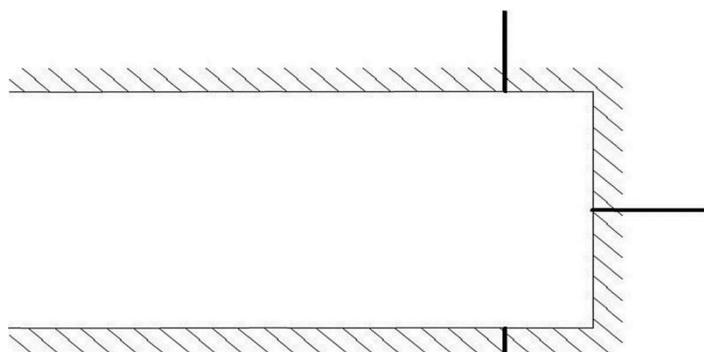


Рис. 3. Схема бурения замерных шпуров до проведения взрывных работ.

**Алгоритм проведения замера.** Перед началом замера удостовериться в безопасности места проведения замера (убраны заколы и нет отслоения стенок выработки в месте замера), необходимо отчистить шпур от шлама в целях предотвращения застревания датчика и его засорения.

Чтобы избежать поворота датчика в шпуре при установке следует изначально повернуть штангу на 1/2 полного оборота относительно крайнего положения при закручивании. Датчик с помощью штанги вводится в шпур на глубину от 0,7 до 1,5 метров.

Плавным вращением штанги по часовой стрелке прижимаем пьезокерамический элемент датчика к стенке шпура. Проверяем качество установки датчика несильными толчками-выдергиваниями штанги. После установки датчика производят подсоединение кабеля и включение питания прибора.

После установки датчика проверяем качество акустического контакта с массивом. Путем возбуждения акустических импульсов, молотком по стенке выработки, последовательно на расстоянии 1, 2 и 3 м от датчика. При правильной установке датчика (хорошем акустическом контакте) прибор должен регистрировать импульсы от ударов по стенке выработки на расстоянии не менее 3 м, что свидетельствует о качественной установке датчика.

Если при расклинке датчика (выходе пьезокерамического элемента из корпуса датчика) хорошего контакта с массивом не достигнуто, следует ослабить пружину и произвести процедуру установки датчика в шпуре повторно, сместив датчик в шпуре на 2-3 см с прежнего места.

В случае разбитого шпура или шпура большего диаметра, когда хорошего контакта с массивом достичь не удаётся следует закрепить на датчике изготовленную специально для этого прибора - накладку. Чтобы датчик уверенно «простукивался» на расстоянии не менее 3 м. Проверять качество установки датчика при каждом замере (на расстоянии 1, 2 и 3 м от установленного датчика) и замера расстояний для определения положения шпура в плане.

**Мероприятия, проводимые во время замера.** При соединении кабеля от датчика с прибором автоматически включается питание прибора. На дисплее высвечивается названия прибора "СБ - 32". При нажатии клавиши "ПУСК" прибор переходит в режим измерения. В процессе измерения на дисплее отображается содержимое амплитудных каналов и текущее время замера. Во время замера не задевать провод, идущий от прибора к датчику.

В процессе измерений оператор записывает в бланк замера показания количества импульсов в каналах через каждую минуту. Если в процессе замера происходят какие-либо внешние признаки динамических проявлений: откалывание закола от массива, щелчки, глубинные толчки - их следует отмечать в бланке (графа

примечание) с указанием времени проявления. Зарисовать схему расположения замерных шпуров и выработок, где производился замер, с привязкой к геологическому плану.

При проведении замера следует приостановить бурение, движение машин, шипение воздуха на буровых машинах, передвижения людей в выработке, кабель, идущий от датчика к прибору не задевать. Интервалы с помехами (отмеченные в примечании) исключают из расчетов. При завершении измерений производится выключение прибора отключением разъема датчика.

**Расчет параметров процесса акустической эмиссии.** Сигналы АЭ являются следствием процессов, происходящих при необратимом деформировании и разрушении горных пород. В связи с дискретностью и случайным характером этих процессов случайными являются и сигналы АЭ. Поэтому анализ АЭ - сигналов и определение основных параметров процесса АЭ проводят на основе теории случайных процессов и аппарата математической статистики.

К основным параметрам процесса АЭ относятся средняя активность ( $Na_1$  - число импульсов за 15 секундный интервал) и показатель амплитудного распределения импульсов ( $b$ ).

Для расчета параметров используются результаты замеров, высвечивающиеся на индикаторе прибора СБ-32:

- первым на индикаторе отображается количество импульсов ( $a_1$ ) превышающих первый амплитудный уровень за весь период регистрации;
- вторым отображается количество импульсов ( $a_2$ ) превышающих второй амплитудный уровень за весь период регистрации;
- третьим отображается продолжительность замера ( $T$ ) в минутах.

Среднюю активность АЭ ( $Na_1$ ) рассчитывают по следующей формуле:

$$Na_1 = \frac{a_1}{T*4} \quad \text{импульсов за 15 сек.} \quad (1)$$

Продолжительность измерений (весь период регистрации  $T$ ) должна составлять 20 минут. Число 15-секундных интервалов при отсутствии помех 80

Показатель амплитудного распределения АЭ ( $b$ ) рассчитывается по формуле:

$$b = \frac{a_1}{a_2} \quad (2)$$

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, категория напряженного состояния участка массива горных пород достаточно полно определяется двумя параметрами процесса естественной АЭ — активностью ( $N$ ) и показателем амплитудного распределения импульсов ( $b$ ) что дает возможности прогноза удароопасности шахтных полей и определения параметров главных напряжений в массиве горных пород.

## 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.