Записки Ленинградского горного института им. Г.В.Плеханова
Т. 123. Л., 1990

УДК 622.831:550.83

А.Г.ГЛИКМАН

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГОРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В УСЛОВИЯХ ВЫБРОСООПАСНЫХ ПЛАСТОВ

Внезапные выбросы угля и газа из пласта, а также газа и пород из углевмещающей толщи существенно осложняют условия ведения добычных и проходческих работ. В настоящее время, когда увеличение глубины шахт является неизбежным, повышение эффективности прогноза выбросов и проведения соответствующих профилактических мероприятий становится одной из важнейших в угледобывающей отрасли задач. При этом первичной является задача оценки выбросоопасности, поскольку эффективным проведение профилактических работ может быть только после выявления опасных зон.

Непременным спутником выбросоопасности является газонасыщенность угля. Однако тот факт, что с глубиной вероятность выбросов возрастает, свидетельствует также и о влиянии горного давления. Поэтому путь решения задачи прогноза выбросов представляется в виде исследования угленосной толщи как объекта комплексного воздействия со стороны повышенного горного давления совместно с воздействием находящегося там газа.

Методологически грамотная организация прогноза какого-либо явления предполагает прежде всего изучение тех процессов, которые предшествуют и подготавливают интересующее нас событие. Собственно прогнозирование и заключается в экстраполяции наблюдаемых процессов в перспективу.

Рассматривая с этих позиций существующие на сегодняшний день методы оценки предвыбросной ситуации, следует отметить, что они, строго говоря, не являются прогнозными. В самом деле, метод, основанный на регистрации акустической активности массива [6], как и метод, заключающийся в проведении спектральных сейсмоизмерений [7], лишь учитывают сложившиеся в мире представления о признаках этого явления без анализа их необходимости и достаточности, а также без увязывания этих признаков с процессами, подготавливающими выброс.

Попытки учета акустической активности как предвестника выбросов основаны на опыте, согласно которому усиление потрескивания неоднократно замечалось непосредственно перед этим явлением. Этот подход себя не оправдал. Об этом можно судить, например, по приведенной в работе [6] статистике, согласно которой на 160 предупреждений приходится всего 4 выброса. Кроме того, при дальнейшем увеличении глубин участились выбросы, которым вообще не предшествует акустическая эмиссия. Что касается спектрального подхода к прогнозу выбросов, то здесь не все столь однозначно. Однако прежде, чем на этом остановиться подробнее, составим модель возможного развития предвыбросной ситуации.

Внезапность выброса представляется сходной с внезапностью разрыва оболочки воздушного шара. Хотя особой неожиданности при этом не было бы, если иметь возможность регистрировать давление в объеме шара совместно с учетом меняющейся со временем прочности его оболочки. Такая аналогия представляется удобной для понимания физики выброса и идеи его прогноза.

Выброс из боковых пород и выброс из угольного пласта, имея сходные последствия, несколько различаются по своей природе. Выбросу газа из боковых пород предшествует формирование в кровле или в почве угольного пласта полостей с газом. Пути миграции газа из угольного пласта в породу проходят через зоны повышенной трещиноватости. По породам газ распространяется по плоскостям их напластования, обладающим соответствующими фильтрационными свойствами. Будучи поверхностями ослабленного механического контакта (ОМК), эти плоскости своими свойствами определяют все процессы, предшествующие и обрушению пород кровли, и пучению почвы. Понятно, что мигрирующий под давлением газ дополнительно способствует расслоению пород и ускорению их разрушения.

Таким образом, прогнозирование выбросов из боковых пород должно заключаться в отыскании зон полного расслоения пород в кровле или почве угольного пласта при условии высокой газонасыщенности угля.

Выявлять местонахождение поверхностей ОМК и сравнивать их между собой по характеру сцепления между породами оказалось возможным в связи с разработкой геоакустических спектральных измерений (ГСИ), реализуемых с помощью методики и аппаратуры „Резонанс" [I, 4, 5, 8].

Использование этой методики решает задачу наблюдения за изменением состояния пород кровли подземных выработок от самого момента проходки до обрушения пород. Наблюдаемый при этом процесс развития нарушенности в общем случае содержит следующие слагаемые: расслоение по поверхностям ОМК, провисание соответствующих породных слоев и развитие нарушенности в провисших слоях, завершающееся их обрушением.

Метод ГСИ в отдельных случаях позволяет из расслоившихся поверхностей ОМК выделить те, которые расслоились под воздействием повышенного газового давления. Полное расслоение пород, когда соседние слои не имеют никакого контакта между собой, представляется очень маловероятным, если расслоению дополнительно не способствует давление газа. В том же случае, если такое расслоение все же произошло, образовавшаяся на месте поверхности ОМК полость становится звуконепроницаемой. То есть, поверхности ОМК, находящиеся дальше от наблюдателя, чем эта расслоившаяся поверхность, оказываются ненаблюдаемыми.

Реализуя метод ГСИ, мы оцениваем каждую поверхность ОМК показателем ослабленности механического контакта S, величина которого тем больше, чем выше расслоенность массива. При полном расслоении с образованием полости этот показатель имеет значение $S = 6$, определяемое аппаратурными возможностями.

Особенно эффективным этот метод оказался при отыскании газовых полостей в породах почвы угольного пласта. Дело в том, что большие значения S

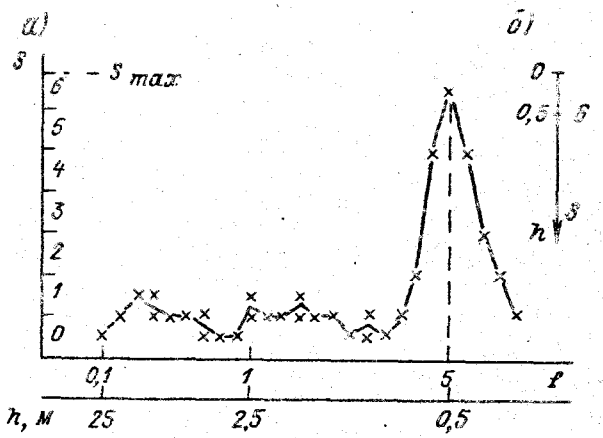


Рис.1. Результаты ГСИ почвы пласта $К_5^1$ шахты им.Калинина

для пород кровли при пологом залегании пласта встречаются повсеместно, будучи обусловленными отрывом нижележащих слоев от вышележащих за счет их провисания под действием силы тяжести. В почве же этих явлений нет, и четкое прослеживание там поверхностей ОМК на пределе аппаратурных возможностей почти наверняка связано с наличием в почве газовых полостей.

На рис.1,а показана одна из спектрограмм, полученных при исследовании методом ГСИ почвы пласта $К_5^1$ шахты им.Калинина ПО „Донецкуголь". Интерпретация этой спектрограммы (рис.1, б) показывает только одну поверхность ОМК на глубине 0,5 м. Единственность этой поверхности и четкость, предельная для данной аппаратуры, соответствует именно такому случаю. Как показали наблюдения, фактически происходившие выбросы газа и пород из почвы полностью подтвердили полученный при проведении ГСИ результат.

Необходимо отметить, что эффективность прогноза выброса из почвы в данном случае оказалась достаточно высокой в силу того, что само прогнозирование в соответствии с изложенным выше методологическим принципом сводилось к изучению процессов и явлений, предшествующих интересующему нас событию.

Рассмотрим проблему прогнозирования внезапного выброса угля и газа из угольного пласта. Принцип современного прогнозирования внезапного выброса основан на спектральном анализе сейсмосигналов [7]. Однако если метод ГСИ предполагает использование строго определенных зависимостей между спектром сейсмосигнала и строением слоистого массива [3], то принятая оценка предвыбросной ситуации не учитывает этих зависимостей и построена на чисто эвристическом подходе. Так, при спектральном прогнозировании одним из основных положений является то, что основным формирователем спектра служат не слои вмещающих пород, как это имеет место на самом деле, а угольный пласт. И тем не менее, при полном отсутствии физических принципов, заложенных в такое прогнозирование, эффективность его в отдельных случаях оказывается достаточно высокой.

Как показано в работе [7], предвыбросная ситуация характеризуется следующим соотношением:

$$K = \frac{A_{вч}}{A_{нч}} > 3 , \qquad (1)$$

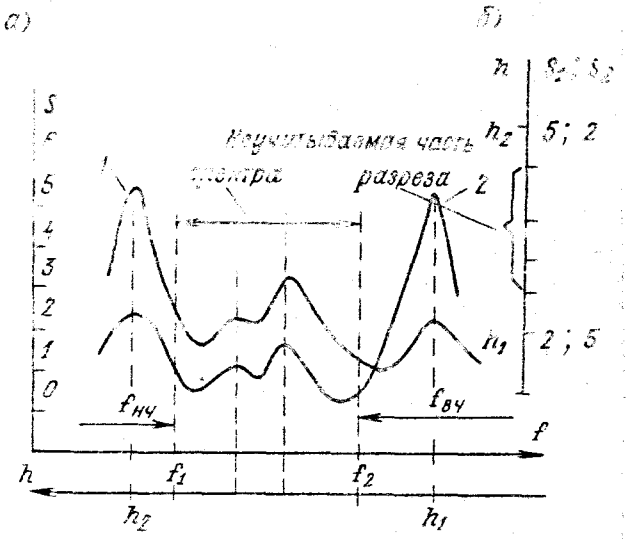


Рис.2. Пример спектрального прогноза выброса угля и газа с позиции метода ГСИ

...$f_{нч} < f < f_{вч}$ ... соответствующие высокочастотной и низкочастотной частей спектра (рис.2,а, кривая I).

При $K > 3$ ситуация считается предвыбросной. При этом средняя часть спектрограммы в диапазоне частот $f_1 < f < f_2$ предлагается не учитывать. Считается, что при анализе предвыбросной ситуации эта часть спектра неинформативна.

Рассмотрим условие (I) с позиций метода ГСИ. Если бы спектрограмма, изображенная на рис.2,а (кривая I), была снята в соответствии с этим методом, то мы могли бы построить разрез кровли так, как это сделано на рис.2,б (S_1). Появление при следующем исследовании спектрограммы, соответствующей кривой 2 на рис.2,а, согласно работе [7] свидетельствует о повышении вероятности выбросоопасности. С позиций же ГСИ это свидетельствует о наличии процесса отслоения породного слоя мощностью h_1, вследствие чего имеем увеличение $S(h_1)$ и, по мере отрыва пород по этой поверхности ОМК, уменьшение $S(h_2)$. При полном отслоении слоя h_1 поверхность ОМК, находящаяся на высоте h_2, может оказаться вовсе нерегистрируемой, т.е. $S(h_2)$ может уменьшиться до нуля. Между показанным здесь изменением состояния пород кровли и предвыбросной ситуацией имеется вполне конкретная связь.

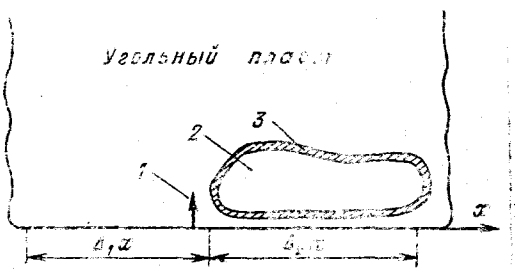


Рис.3. Схема формирования внезапного выброса угля и газа (вид в плане)
1 - направление подвигания забоя; 2 - полость, заполненная газом и углем в пылевидном состоянии; 3 - газонепроницаемая кровля

Согласно предложенной в работе [2] модели развития выброса угля и газа выбросу должно предшествовать наличие в угольном пласте вблизи поверхности забоя полости, содержащей газ под очень высоким давлением (рис.3).

Причиной формирования такого "мешка" с газом внутри пласта является развитие трещиноватости в угле, так как при этом растворенный в нем газ переходит в свободное состояние. Развитие тре-

щиноватости в угольном пласте может начаться по нескольким причинам. К ним может относиться, например, локальный выход песчаника в кровлю, что создает повышенное давление на угольный пласт в этом месте.

Начало развития трещиноватости под действием повышенного давления приводит к высвобождению газа, что еще больше увеличит давление. Таким образом, процесс разрушения сам себя поддерживает, сопровождается повышением давления и не прекращается до тех пор, пока не завершится переход угля в мелкодисперсное пылевидное состояние. Процесс газовыделения из угля на этом заканчивается, а сжатый до огромного давления газ внйти из „мешка" не может, поскольку угольная пыль, проникая во все трещины, этот объем герметизирует. Получается так, что газ с угольной пылью оказывается окруженным коркой из прессованной пыли. Наличие этой корки подтверждается и при петрографическом исследовании угля, взятого из выбросоопасных пластов, и при проведении мероприятий по стимулированию выбросов.

По мере подвигания забоя к образовавшемуся „мешку" эта газонепроницаемая переборка оказывается в роли целика, поддерживающего кровлю. Несущая способность такого целика невелика, и кровля начинает опускаться, что и проявляется изменением спектрограммы (см. рис.2,а) от кривой I к кривой 2.

Таким образом, эвристически найденный путь прогноза обретает логическую связь с процессами, формирующими предвыбросную ситуацию. Впрочем, эта связь изменения спектральной характеристики сейсмосигнала с приближением выброса детерминирована не жестко. Так, если перед выбросом происходит опускание породного слоя большой мощности (скажем, h_2 , а не h_1), то произойдет возрастание плотности спектра только лишь на низких частотах. Случаи такого рода при спектральном прогнозе известны, и наличие их снижает эффективность этого метода. Кроме того, при крутом падении угольного пласта спектральный прогноз, построенный на изложенном принципе, не должен работать, поскольку при этом газонепроницаемая корка уже не является целиком, несущим нагрузку, и сближения боковых пород перед выбросом не будет.

В соответствии с приведенным механизмом развития выброса, прогнозировать его – значит своевременно обнаруживать „мешки" со сжатым газом. Принцип, на котором может быть основанс такое прогнозирование, заключается в следующем. Сравнивая между собой два участка забоя $\Delta_1 X$ и $\Delta_2 X$ на рис.3, можно предположить, что, профилируя в направлении X вдоль поверхности забоя, мы получим различные значения затухания поля упругих колебаний. Так, если на участке $\Delta_1 X$ поле упругих колебаний от источника, находящегося на поверхности забоя, распространяется во всех направлениях в пределах угольного пласта, то на участке $\Delta_2 X$ оказалась сформированной направляющая структура, увеличивающая звукопроводность вдоль забоя.

Специально проводившееся в шахте моделирование и опыт ведения работ в условиях выбросоопасных пластов полностью подтверждают эту гипотезу. Действительно, наличие такого рода переборки, как показанная на рис.3

на участке $\Delta_2 X$, во много раз увеличивает звукопроводность угольного пласта. С другой стороны, как показала практика, имеет место резкое увеличение звукопроводности угольного пласта перед выбросом.

Представляется, что совместный учет динамики поведения пород кровли, наблюдаемой с помощью ГСИ и динамики изменения звукопроводности угольного пласта, регистрируемой с помощью измерений затухания поля упругих колебаний, дает возможность повысить эффективность прогноза предвыбросной ситуации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреев В.П., Гликман А.Г. Геоакустический метод выявления поверхностей ослабленного механического контакта // Уголь. 1985. № 9.

2. Гликман А.Г. Прогноз внезапных выбросов угля и газа на базе акустических измерений // Тезисы докладов Всесоюзной научной конференции „Геомеханические проблемы высокопроизводительной разработки тонких и средней мощности угольных пластов на глубоких горизонтах" / ДНИ. Донецк, 1980.

3. Гликман А.Г. Звучание плоско-параллельных геологических структур // Геофизические исследования на каменно-соляных и калийных месторождениях: Сб. науч. трудов / ВНИИГ. Л., 1983.

4. Гликман А.Г., Казакова В.Л. Новые геоакустические методы оценки проявлений горного давления // Физические процессы горного производства. Управление горным давлением: Сб. науч. трудов / Ленинградский горный ин-т. Л., 1984.

5. Гликман А.Г. Поле упругих колебаний как исследовательский инструмент в горном деле // Физические процессы горного производства: Сб. науч. трудов / Ленинградский горный ин-т. Л., 1989.

6. Константинова А.Г. Сейсмоакустические исследования предвыбросных разрушений угольных пластов. М.: Наука, 1977.

7. Мирер С.В., Хмара О.И., Масленников Е.В. О контроле выбросоопасности забоев по спектральным характеристикам акустических сигналов // Вопросы предотвращения внезапных выбросов / ИГД им. А.А.Скочинского, М., 1987.

8. Симанский И.А., Стародубцев А.А. Методы определения строения кровли угольного пласта для оценки его устойчивости // Физические процессы горного производства: Сб. науч. трудов / Ленинградский горный ин-т. Л., 1989.