

УДК 622.83

ИЗМЕНИТЬ ПАРАДИГМУ ПРОГНОЗА ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

Деглин Б. М.

(Донбасский научно-исследовательский и проектно-конструкторский угольный институт, г. Горловка, Украина)

Методи прогнозу та попередження газодинамічних явищ необхідно узгодити з можливостями спостережень стану масиву, що оточує очисний або підготовчий вибій.

Methods of predicting and preventing gas-dynamic phenomena need to be brought into accord with capabilities for monitoring the state of rocks enclosing breakage or development face.

Термин «газодинамические явления» (ГДЯ) обозначает не запланированные технологией ведения горных работ лавинообразные разрушения призабойной части угольного (породного) массива. ГДЯ происходят, как правило, при выполнении технологических операций в забое, однако движущими силами выступают совместное влияние горного давления, физико-механические и физико-химические свойства массива, давление содержащегося в нем газа. Некоторая часть ГДЯ происходит вследствие провоцирующей силы гравитации (ГДЯ, спровоцированные обрушением нависающей части массива).

Термин «прогнозирование» предполагает наличие определенных процедур, позволяющих на основе измеряемых параметров охарактеризовать развитие ситуации опасной по ГДЯ во времени и в пространстве окружающем горную выработку.

Естественнонаучной основой прогнозов является зависимость текущих и предсказываемых значений измеряемых параметров от предыстории.

До сих пор господствует представление о том, что в горном массиве природой заложены зоны, опасные по ГДЯ и задачей прогноза является обнаружение этих зон. Иными словами, природа опасности проста, но существует сложность своевременного определения опасности. Тем не менее, при расследовании аварий в горных выработках нередко указывают на необычное сочетание разных факторов, приведших к ГДЯ.

В противовес этому представлению в последние десятилетия развивается взгляд на земную кору в целом и на сравнительно малые области этой коры вовлеченной в хозяйственную деятельность человека, как на сложные системы, обладающие свойством самоорганизованной критичности [1]. При этом под самоорганизованной критичностью понимают свойство сложных систем эволюционировать к критическим состояниям, в которых малое воздействие на систему может привести к катастрофе.

Понятно, что в условиях ведения горных работ на пластах, склонных к ГДЯ мы должны стремиться к непрерывному наблюдению всех стадий этой эволюции с помощью соответствующих технических средств. Достаточный объем предварительных наблюдений открывает принципиальную возможность для краткосрочного и среднесрочного прогнозирования состояния угольного пласта, склонного к ГДЯ.

ГДЯ представляют собой семейство аварий, которые происходят по различным сценариям. Специалисты имеют устойчивое мнение о том, что эти сценарии обусловлены различным соотношением факторов, обуславливающих развязывание газодинамических явлений в конкретных условиях. Однако инструментальные описания этих факторов в ходе эволюции аварийного участка к катастрофе отсутствуют. Некоторым исключением из этого утверждения являются сейсмоакустические наблюдения подготовки и развязывания ГДЯ. Именно из них получены оценки длительности различных ГДЯ и утверждения о том, что ГДЯ начинается лавинообразным нарастанием количества импульсов акустической эмиссии (АЭ), переходящим в сплошной процесс разрушения. Принимая во внимание, что АЭ только опосредует акустическим сопровождением процесс подготовки и развязывания

ГДЯ можно утверждать, что эволюция массива от подготовки до развязывания ГДЯ результатами измерений не описана.

Огромное количество лабораторных экспериментов по моделированию различных процессов, сопровождающих подготовку, развязывание и протекание ГДЯ имеют важное мировоззренческое значение для исследователей ГДЯ. Однако ни один из этих экспериментов не имеет метрологически точного доказательства соответствия материалов (образцов угля, породы), исследуемых в лаборатории этим же материалам в условиях их естественного залегания. Между тем, хорошо известно, что уже после внезапных выбросов продолжается саморазрушение чешуек песчаника и частичек угля под действием внутренних напряжений материала, который миллионы лет находился в условиях всестороннего сжатия. За небольшое время материал проб взятых в месте аварий претерпевает необратимые структурные изменения и в лабораторных опытах может быть использован при наличии доказательств соответствия пробы условиям естественного залегания. Если не провести корректного с точки зрения метрологических требований сопоставления свойств образцов выбросоопасных угля и песчаника с их же свойствами в «материнском» состоянии, то следует считать эти опыты не позволяющими обосновать количественные критерии для уверенного различения разных сценариев образования опасности и, соответственно, для классификации ГДЯ, разработки и проведения целенаправленных профилактических мероприятий.

В нормативных источниках [2, 3] описаны более десятка разновидностей проявлений газодинамической активности угольных пластов, однако практически полностью отсутствуют количественные критерии для комплексов параметров, характеризующих видовые отличия между различными ГДЯ. Без количественных критериев и операционного описания способов измерения этих комплексов вся классификация имеет не более чем предположительный вид. С одними только вербальными описаниями различных сценариев ГДЯ мы создаем неразрешимые проблемы экспертам и ученым (они обязаны принимать решения на основе анализа количественных данных) и горнякам потому, что

они всегда будут виновными в том, что что-то делали «не так» перед аварией.

Совершенно очевидно, что если в различных сценариях образования в забое ситуаций опасных по ГДЯ участвуют комплексы свойств, взаимодействующих в разных соотношениях между собой, то необходимое и достаточное условие прогнозирования опасных состояний такого забоя заключается в том, чтобы постоянно измерять все указанные выше свойства. С точки зрения горного производства такие измерения представляются абсолютной научно-технической утопией, ибо добыча угля и ведение подготовительных работ на пластах, склонных к ГДЯ будут полностью парализованы необходимостью выполнять измерения комплексов свойств и поддерживать технические средства измерений в рабочем состоянии.

Само собой, трудности анализа сложной системы, упомянутые выше, также остаются и в случае исправной работы такой гипотетической системы контроля.

ВЫВОД 1. Мы сегодня так же далеки от прогноза внезапных выбросов, как и сто лет тому назад, еще дальше мы от прогнозирования многих разновидностей ГДЯ по [2, 3].

Выход из этой «тупиковой ситуации» есть. Во-первых, надо помнить, что на шахтах добывают уголь, а не ГДЯ. Шахтеры всеми силами стараются избежать газодинамических явлений, несущих только проблемы. Во-вторых, целью деятельности шахты является повышение эффективности ведения горных работ без снижения безопасности горняков. *Поэтому необходимо прогнозировать безопасные состояния массива* [4]. Именно такая постановка задачи имеет техническое и организационное решение. Техническое решение обеспечено тем, что: а) если хотя бы одно из необходимых и достаточных условий формирования опасной ситуации не выполнено – ситуацию нельзя считать опасной; б) безопасные ситуации можно прогнозировать по одному измеряемому параметру, если эти измерения соответствуют определенным требованиям. Организационное решение заключается в том, что если оснований для прогноза «безопасная ситуация» на основе мониторинговых измерений нет, необходимо ввести промежуточную степень оценки опасности – «угрожаемая ситуация» и

уточнить степень опасности по месту с помощью дополнительных обследований имеющимися средствами по действующим методикам.

Самое важное заключается в том, что наша сложная система «не всегда сложная». Оказывается, большую часть времени ее «составные части» не вполне связаны и не могут образовать ситуации «опасно».

Чтобы обосновать такое утверждение обратимся к временному ряду вызванной акустической эмиссии (АЭ) (рис. 1).

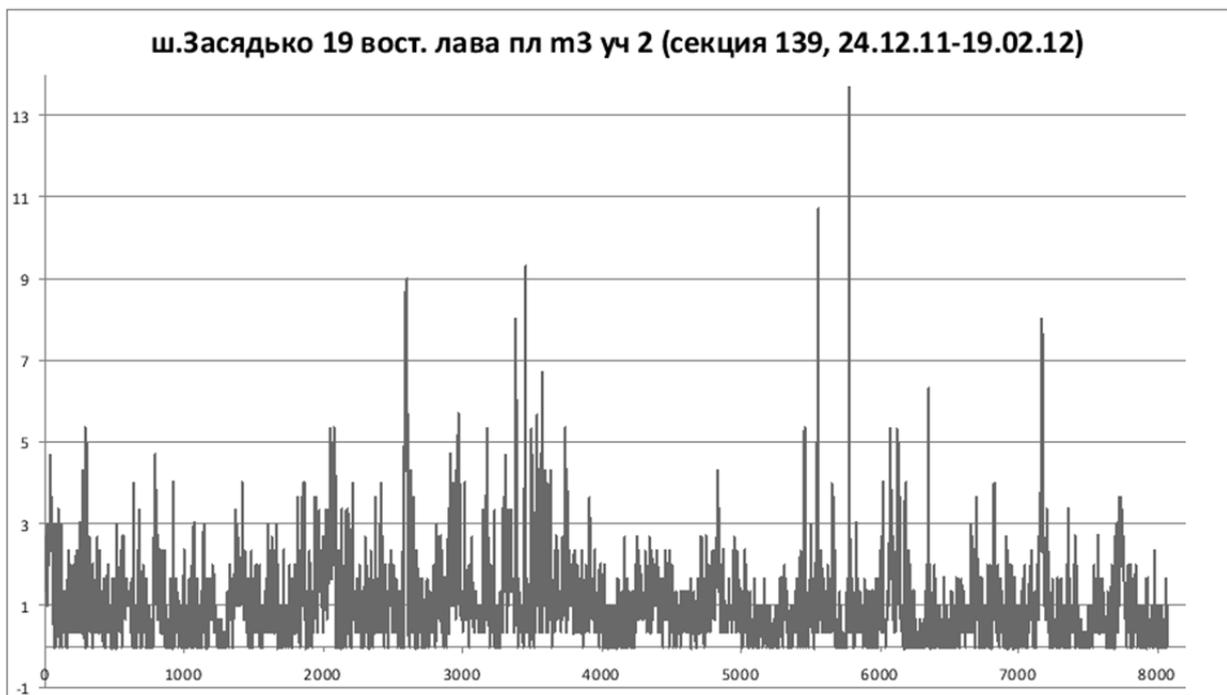


Рис. 1. Исходный временной ряд вызванной АЭ

Мы видим примерно периодические увеличения и уменьшения скорости следования импульсов АЭ, которые отождествляются с периодическими нарастаниями и спадами скорости деформаций массива в окрестности места установки датчика АЭ. Поскольку именно горное давление модулирует все процессы в призабойной части пласта, постольку временные ряды АЭ информативны при прогнозировании состояния угольных пластов, склонных к ГДЯ.

Попытаемся оценить на основе этого временного ряда возможность прогноза горного давления в окрестности датчика АЭ. Нас интересует, можно ли по части этого ряда предсказать его последующие значения? Соответствующий математический аппарат создан английским гидрологом Хёрстом [5]. Он ввел в оборот термин «персистентность» и соответствующий показатель, получивший его имя, которые оценивают наличие «памяти» у экспериментальных данных, т.е. способность данных отражать тенденции (возможно, даже скрытые). Вычисляя показатель Хёрста для ряда экспериментальных данных, мы можем получить ответ на вопрос об общих свойствах этих данных: если показатель Хёрста меньше 0,5 – эти данные представляют собой поток «антиперсистентных» отсчетов – с течением времени отдельные значения экспериментальных данных «уничтожают тенденцию», наметившуюся в предыдущих значениях. Если показатель Хёрста равен 0,5 – то изучаемые данные представляют собой поток случайных значений. И, наконец, если показатель больше 0,5, то мы имеем устойчивую тенденцию изменения измеряемой величины. Основное различие между трактовкой временного ряда АЭ по известной методике и с помощью показателя Хёрста заключается в том, что этот показатель дает численную оценку надежности тренда. Для коротких отрезков временных рядов методика расчетов показателя Хёрста модифицирована [6], оказывается, что пороги персистентности и антиперсистентности зависят от объема выборки. Определим на скользящих интервалах различной длины показатель Хёрста для исходного временного ряда и оценим ту долю временного ряда, которая свидетельствует о закономерном поведении наблюдаемых данных.

Результаты вычислений представлены на рисунке 2. Как следует из этих вычислений, при длительности окна анализа 12 часов, персистентностью обладает в среднем не более 17 % данных. Остальная часть данных не обладает трендовостью, т.е. соответствует не систематическому, а спорадическому процессу генерации импульсов АЭ и таким образом означает скорее диссипацию энергии, чем ее накопление в массиве горных пород. Если вспомнить, что ровно половина персистентных данных относится к закономерным спадам напряжений, получаем оценку потенциа-

ла прогноза безопасных зон методом вызванной АЭ – это примерно 90÷92 % общего подвигания забоев против среднестатистических 70–80 % по применяемым методикам.

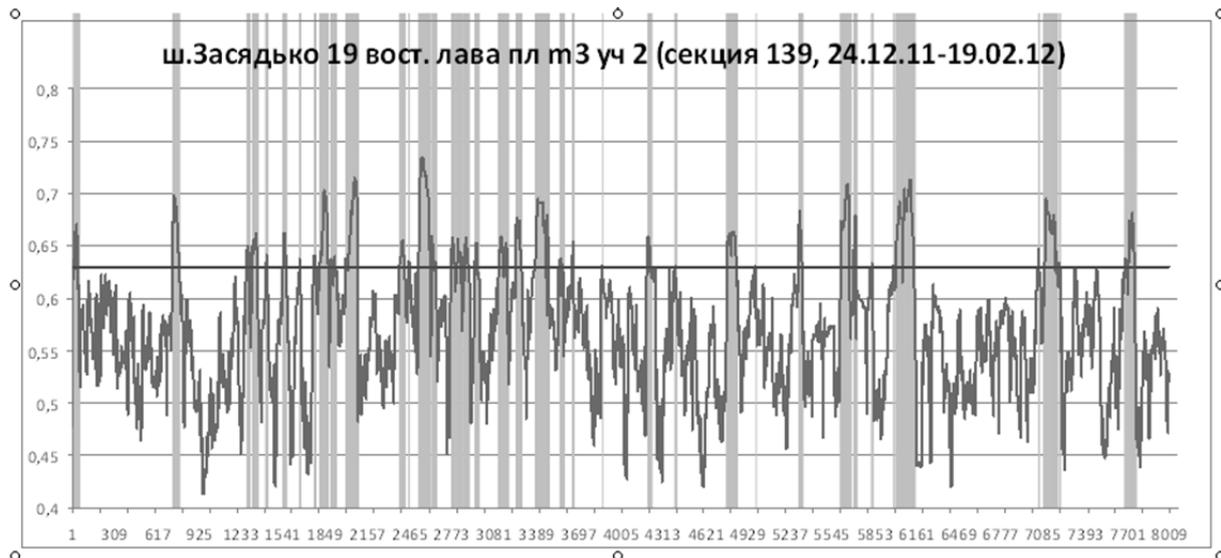


Рис. 2. Временной ряд показателя персистентности исходных данных. Окно анализа 12 часов

ВЫВОД 2. Прогнозирование зон, безопасных по проявления газодинамической активности, открывает путь совершенствования технических средств и методов прогнозирования и позволит повысить эффективность ведения горных работ без снижения безопасности горняков.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Г. Г. Малинецкий, С. П. Курдюмов. Нелинейная динамика и проблемы прогноза. Вестник Российской академии наук, том 71, № 3, С. 210—232.
2. Правила ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям. СОУ 10.1.00174088.011-2005, Минуглепром Украины, Киев, 2005.
3. Изменения к стандарту Минуглепрома «Правила ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям». СОУ 10.1.00174088.011-2005, Минуглепром Украины,

- Киев, 2005. Введены приказом Министерства энергетики и угольной промышленности № 868 от 23.11.2011.
4. Деглин Б. М., Канин В. А., Лунев С. Г. О текущем прогнозе выбросоопасности. Уголь Украины, № 7, 2002. — С. 27—30.
 5. Mandelbrot B. B. Long-Run Linearity, Locally Gaussian Processes, H-Spectra and Infinite Variances.// International Economic Review, — 1969. — Vol. 10. — P. 82—113.
 6. Э. Найман. Расчет показателя Херста с целью выявления трендовости (персистентности) финансовых рынков и макроэкономических индикаторов. <http://naymanerik.livejournal.com/84706.html>.