

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

УДК 622.23.01

**П.В. Егоров, В.М. Колмагоров, С.И. Денискин, Б.В. Малютин,
О.П. Егоров, С.П. Старков**

О МЕХАНИЗМЕ ИНИЦИРОВАНИЯ ВНЕЗАПНЫХ ВЫБРОСОВ ПОРОДЫ, УГЛЯ И ГАЗА ЕСТЕСТВЕННЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ЗАРЯДОМ

В настоящее время в литературе накоплен довольно обширный материал по внезапным выбросам породы, угля и газа как экспериментальный, так и теоретический. Причем, если роли горного давления и газа, содержащегося в угле в процессе подготовки и самого внезапного выброса породы, угля и газа более или менее четко определены, то в вопросе о том, что же является инициатором внезапного выброса, нет пока однозначного представления. Нами делается попытка в несколько ином, не традиционном аспекте представить механизм внезапного выброса породы, угля и газа, а именно: инициирование внезапного выброса.

Как известно, газоносность пласта является одним из основных факторов, обуславливающих выбросы породы, угля и газа. Непосредственную опасность для выбросов представляют газ (главным образом, метан), находящийся в угленосной толще в свободном состоянии [1].

Кроме того, из работы [2] следует, что газ даже в пределах ограниченного участка пласта распределен неравномерно и под разным давлением. Установлено, что количество газа, выделившегося из отдельных скважин, даже расположенных на расстоянии 10-20 м одна от другой, различалось весьма существенно. Коэффициенты вариации достигали 75-80 %. К тому же призабойная часть пласта угля всегда находится под

действием горного давления, которое обуславливает создание выбросоопасных условий, не только затрудняя фильтрацию направлений к выработке, способствуя сохранению высокого газового давления, но и обеспечивает рост дефектов (трещинообразование), приводящих к уменьшению прочности углеродного массива [3].

сийские заряды противоположных знаков [4-7], т. е. в трещине возникает электрическое поле. При достижении в трещине напряженности электрического поля, достаточной для пробоя газового промежутка, в этой трещине возникает искровой электрический заряд, сопровождающийся характерным электромагнитным излучением.

Таблица

Расчетные значения	Уголь				Аргиллит		Кол-во испытан- ных об- разцов	
	Вкрест наслоения		Параллельно наслоению					
	σ , МПа	№ шт	σ , МПа	№ шт	σ , МПа	№ шт		
Средние значения	17	331	238,8	238	323,8	461	5	
Коэффици- ент вариации	13,8	38	30,1	38	9	40		

С другой стороны известно [4-7], что поверхности трещин, возникающих в образцах горных пород при их механическом нагружении, несут электриче-

лабораторные исследования, проводимые нами по изучению зависимостей импульсного электромагнитного излучения (ЭИ) горных пород в ус-

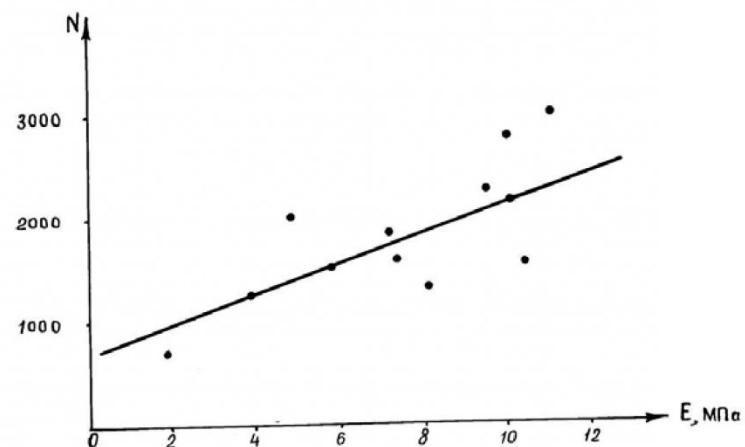


Рис. 1. Зависимость суммарного числа импульсов электромагнитного излучения от модуля упругости

ловиях одноосного сжатия показали, что с увеличением прочностных, хрупких и деформационных свойств пород увеличивается и число микроразрушений или трещин, а следовательно, и электрических разрядов в них (рис.1, 2).

Натурные исследования показали, что наибольшее число разрушений, а следовательно, и ИЭИ приходится на зону опорного давления.

Исходя из вышеизложенного, нами предлагается следующая модель процесса подготовки, инициирования и собственно внезапного выброса породы, угля и газа.

Пусть имеем газоносный пласт, по которому проходит выработка, приближающаяся к участку пласта с локально большим содержанием газа, находящегося под более высоким, по сравнению с другими участками, давлением. При подходе выработки к этой области, когда зона опорного давления, движущаяся впереди забоя, дойдет до нее, в данном участке пласта начнется интенсивное зарождение трещин и разрастание старых. Как известно, трещины развиваются с определенной скоростью, причем поверхность трещин, как было сказано ранее, заряжается разноименными электростатиче-

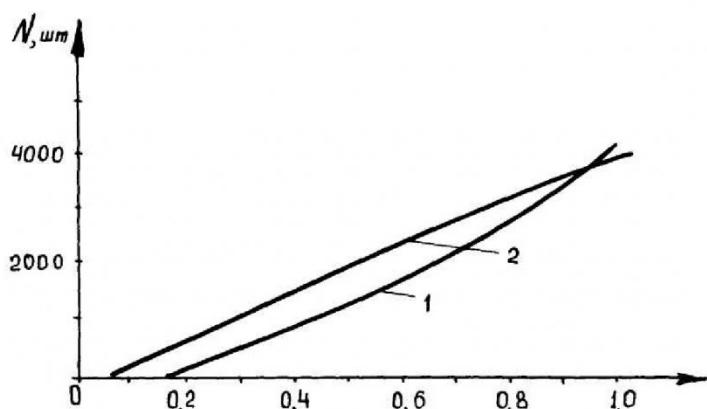


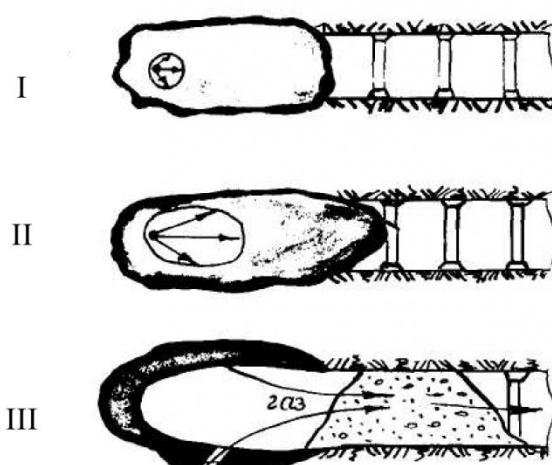
Рис. 2. Зависимость суммарного числа импульсов электромагнитного излучения от коэффициента хрупкости: 1 – се-рые песчаники; 2 – гранато-амфиболовые сланцы

скими зарядами и напряженность поля в трещинах по данным [7] достигает 10^7 - 10^8 в/см. Скорость же заполнения растущей трещины свободным газом, содержащимся в пласте угля или породы, будет зависеть от давления, под которым он находится. Поэтому, если давление газа в пласте будет равно некоторому значению, при котором за время создания в трещине пробивной напряженности электрического поля газ заполнит трещину, при условии, что этот газ находится во взрывоопасной концентрации, в трещине произойдет электрический разряд, который вызовет взрыв газовой смеси. В результате такого микровзрыва в полости

трещины резко повысится давление газа, которое вызовет новые перенапряжения в прилегающем объеме угля или породы, ускорит прорастание имеющихся трещин, вызовет новые нарушения в массиве, что приведет к повторению соответствующего процесса, т. е. возникнет своего рода «цепная реакция».

В результате такой «цепной реакции» или взрыва в некоторой области вокруг инициирующей трещины за очень короткое время давление поднимается до значения, достаточно для разрушения угля или породы в сторону наименьшего сопротивления (в сторону выработки), т. е. произойдет выброс

a



б

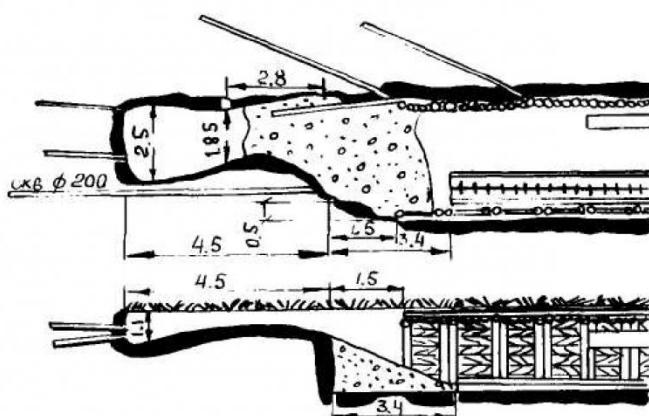


Рис.3 . Схема развития выброса:
а) по предложенной гипотезе; б) произошедшего 19.04.59 на ш. «Северная»

породы, угля и газа.

Но, если вопрос об инициировании взрыва электрическим разрядом не вызывает затруднений, то на вопросе создания в трещине взрывоопасной концентрации метана необходимо остановиться подробнее.

Как известно, для метано-воздушных смесей при нормальных условиях взрывоопасная концентрация метана составляет 5 - 15 %. В свою очередь, следует иметь в виду, что эти пределы не являются абсолютной константой смеси данных газов, а зависят в значительной степени от условий, при которых эта смесь находится в пласте.

Так, например, для метано-воздушных смесей при изменении давления до 40 МПа верхний предел взрываемости метана возрастает от 15 до 46 %. Если же метановоздушная смесь воспламеняется путем адиабатического сжатия, то в этом случае воспламеняются смеси, содержащие от 2 до 75 % метана. Повышение температуры также расширяет пределы взрываемости газовой смеси. Данные параметры влияют также и на возникновение детонации и на ее скорость, а именно: с повышением плотности газа увеличивается и скорость детонации.

Все перечисленные выше условия имеют место в природе и при определенном их сочетании возникновение взрывоопасных газовых смесей вполне реально.

Таким образом, как было сказано выше, зарождение взрывного процесса наиболее вероятно в зоне опорного давления, а также в местах контактов угля с вмещающими породами и тектонических нарушений. Причем, его длительность и сила должны определяться прочностью породной пробки в сторону наименьшего сопротивления. После выноса угля или породы в выработку взрывной процесс в большинстве случаев прекращается, так как термодинамические параметры

в области взрыва понизятся.

Также на протекание взрывного процесса указывают и формы полостей, образованных после выброса угля, породы и газа [9], которые похожи на развитие полости в породе при ведении взрывных работ [10].

Предлагаемая схема зарождения и развития выброса породы, угля и газа приведена на рис. 3.1 а. Как видно из приведенного рисунка, описываемый процесс можно подразделить на три следующих этапа.

1. Зарождение взрывного процесса в глубине разрабатываемого пласта - появление под действием горного давления заряженных трещин, электростатический разряд в трещине и микровзрыв газа в полости последней.

2. Повторение микровзрывного процесса и развитие газовой полости продуктов взрыва - «цепная реакция».

3. Собственно выброс.

На рис. 3.1, б для сравнения приведена зарисовка одного из выбросов, произшедшего 19 апреля 1959 года на шахте «Северная» [9], которая свидетельствует в пользу высказываемого предположения.

С увеличением скорости обнажения поверхности (скорости проходки выработки) вероятность протекания описанного процесса повысится, так как согласно [II] при достаточно больших скоростях нарушения, напряжения в пласте не успевают рассасываться, в результате чего создаются условия для хрупкого его разрушения.

В этом же плане интересны результаты, приведенные в работе [12]. При скорости бурения скважины в угле до 0,5 м/мин динамических явлений не наблюдалось, при скорости 0,8 м/мин - появлялись хлопки и трески, при скорости бурения 0,9-1,2 м/мин - возникали микровзрывы, а при скорости 1,5-1,8 м/мин - происходили выбросы.

Таким образом, приведен-

ные выше результаты свидетельствуют о том, что гипотеза об инициировании и механизме развития внезапного выброса породы, угля и газа физически обоснована. Это говорит о перспективности разработки данной гипотезы как теоретически, так и экспериментально.

Мы уже рассмотрели возможность возникновения взрыва газа метана (при инициирующей роли естественного электрического разряда) внутри пласта угля или породы. Надо думать, что подобное явление может наблюдаться и на контакте газовоздушной смеси во взрывоопасной концентрации с забоем или бортами выработок.

Рассмотрен случай взрыва метана на шахте «Кузбасская» производственного объединения «Южкузбассуголь», произошедшего 20 сентября 1976 года. Авария произошла при следующей горнотехнической обстановке.

Отрабатывался пласт К₁, опасный по газу, на отбойный молоток. Следует отметить, что отработка лавы велась в условиях повышенного горного давления, которое создавалось оставленными в вышележащем пласте целиками угля. Кровлю составляли труднообрушаемые крепкие породы (алевролита 4 метра, песчаника 22 метра).

При принудительном обрушении (площадь посадки 240 шпуров) произошло лишь частичное обрушение кровли. Обрушенная порода забутила отработанное пространство со стороны конвейерного штрека, что исключало вентиляцию через отработанное очистное пространство.

В необрушенной части выработки стал скапливаться газ. Через 10 часов после принудительной посадки произошло самопроизвольное обрушение кровли, сопровождающееся взрывом газа. Никаких видимых причин для его взрыва не было, так как в отработанном пространстве не велось никаких работ (т. е. отсутствовало обо-

рудование, которое могло бы дать искру для воспламенения газа). Кроме того, возможность взрыва при адиабатическом сжатии газа тоже исключается, так как при уменьшении свободного объема, занимаемого газом, при обрушении кровли, газ мог свободно выдавливаться в сторону вентиляционного штрека. Таким образом, выше перечисленные причины не могли вызвать взрыв метана.

На наш взгляд взрыв метана произошел по причинам, излагавшимся выше. Учитывая, что число импульсов электромаг-

нитного излучения увеличивается с увеличением прочности пород, а, следовательно, и увеличивается число электрических разрядов, можно предложить следующее.

В результате процесса хрупкого разрушения пород кровли, предшествующего обрушению, в трещинах разрушения возникали электростатические поля высокого напряжения и создавалась возможность для протекания электростатических разрядов, которые, в свою очередь, вызвали взрыв метана, находившегося в выработанном

пространстве.

Последнее положение было отмечено нами в протоколе комиссии, работавшей по расследованию аварии, произошедшей на шахте «Кузбасская» 20 сентября 1976 года.

Таким образом, учитывая то, что все большие месторождения начинают отрабатываться на нижних горизонтах (т. е. в условиях повышенного горного давления), опасных по газу, актуальность дальнейшей разработки этого вопроса становится очевидной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.Н. Кравцов. О влиянии геологических условий на происхождение внезапных выбросов угля, породы и газа и дальнейшее направление исследований// Уголь, № 7, 1975.
2. Б.И. Николин. О природе локальности выбросоопасности // Уголь, № 3, 1975.
3. И.М. Петухов, А.М. Линьков. Теоретические основы борьбы с выбросами угля, породы и газа// Уголь, № 9 1975.
4. А.А. Воробьев. Преобразование видов энергии в земной коре, электризация пород и разряд в них// Техника высоких напряжений. - Томск: изд. ТГУ, 1973.
5. Р.М. Гольд, Г.П. Марков, П.Г. Могила, М.А. Самохвалов. Импульсное электромагнитное излучение минералов и горных пород, подверженных механическому нагружению // Физика Земли. – Изв. АН СССР, № 7, 1975.
6. Л.М. Беляев, В.В. Набатов, Ю.Н. Мартынов. О времени свечения в процессах трибо- и кристалло-люминесценции// Кристаллография, № 4, 1962
7. М.И. Корнфельд. Электрические заряды на поверхности щелочногалоидного кристалла// ФТТ, № 2, 1971.
8. Ф.А. Баум и др. Физика взрыва// М.: Наука, 1975.
9. Систематизированные данные по внезапным выбросам угля и газа на шахтах восточных и северных месторождений страны// Кемерово, 1974.
10. Г.И. Покровский. Взрыв// М.: Недра, 1973.
11. И.М. Петухов. Использование энергии горного давления для выемки угля// Сб. ВНИМИ, 1962, X, IX.
12. И.П. Чеботков, П.Я. Заставыло. Выбор рациональной скорости бурения скважин в выбросоопасных пластинах// Уголь Украины, № 7, 1971.

Авторы статьи:

Егоров
Петр Васильевич
– докт. техн. наук, проф.,
зав. каф. разработки ме-
сторождений полезных
ископаемых подземным
способом

Колмагоров
Василий Михайлович
– генеральный директор
“ОблКемеровоуголь”

Денисенко
Сергей Иванович
– генеральный директор
УК «Кузбассуголь»

Малютин
Борис Владимирович
– директор ОАО «Шахта
Первомайская»

Егоров
Олег Петрович
– канд. техн. наук, доц.
каф. разработки месторо-
ждений полезных иско-
паемых подземным спосо-
бом

Старков
Сергей Павлович
– заведующий кафедрой
ИПК