УДК 622.831.322

Г.К. Клюкин

МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ ВЫБРОСОАКТИВНЫХ ЗОН

Внезапные выбросы в течение почти ста лет в нашей стране и за рубежом были предметом многочисленных исследований, направленных на выяснение их природы и механизма в целях разработки действенных, технически необходимых и экономически целесообразных мер предупреждения выбросов. Академик А.А. Скочинский [1], подводя итоги этим исследованиям отметил, что попытки объяснить природу и механизм внезапных выбросов угля и газа сводилась к гипотезам, в которых решающая роль отводилась заключенному в пласте угля газу (одними - свободному, другими - абсорбированному, третьими - газу, находящемуся в угле в состоянии абсорбции, т.е. раствора); давлению горных пород; давлению горных пород и давлению газа, но при этом не была раскрыта роль каждого из них в возбуждении и протекании процесса. Академик А.А. Скочинский особо отметил оригинальное предложение химика В.Т. Пальвельева о возможности нахождения в угле нестойких химических соединений - кристаллогидратов $CH_4 \cdot 6H_2O$, которые могут разлагаться при резком снижении давления.

Дискуссия по проблеме внезапных выбросов угля, породы и газа, проведенная журналом «Уголь» с№10, 1974 г по №10, 1976 г исчерпывающе отразила состояние теории внезапных выбросов. Результаты сводились в основном к следующему:

1. Внезапные выбросы могут происходить при наличии равновесия трех факторов: газа, находящегося в свободном состоянии; тектонической структуры угля, играющей роль коллектора газа; давления пород, способствующего разрушению целика угля, отделяющего горную выработку от препарированной зоны (д.т.н. Л.Н. Быков).

2. Процесс выброса представляется двух стадийным. В период проведения горных работ происходит перераспределение и наращивание сил внутри массива до размеров, достаточных для прорыва угольного целика с выбросом угля и газа в сторону пройденной выработки (проф. Я.Э. Некрасовский).

3. Процесс выброса представляется трех стадийным:

- разрушение угля статическими или динамическими нагрузками; сдвижение его при реализации потенциальной энергии деформаций и под давлением заключенного в нем газа; десорбция газа из дробленого угля, его расширение и вынос взвешенного угля в потоке газа (д.т.н. В.В. Ходот).

4. Механизм внезапного выброса связан с генезисом природной системы «уголь-метан». Преобладание молекулярных пор и состояние всестороннего сжатия приводят к тому, что значительная часть метана находится абсорбированном состоянии. При ведении горных работ сильное сотрясение вызывает выход сорбированного метана, который и производит работу по измельчению и выносу угля (д.т.н. И.Л. Эттингер).

5. Выбросоопасная зона представляет собой участок пласта, заполненный газогидратами и при нарушении, возникает цепная реакция одновременного разложения и происходит выброс угля и газа (к.т.н. А.Г. Зенин).

Другие концепции (д.т.н. О.И. Чернов, к.т.н. А.П. Куликов, к.т.н. А.Е. Ольховиченко, д.т.н. В.И. Николин. д.т.н. Петухов и др.) включают сочетания так или иначе изложенных выше положений. Множество концепций лишь показывает на трудности выработки единой точки зрения на внезапные выбросы.

Использование предположения, по которому причиной внезапных выбросов является производство горных работ по углю и перераспределение напряжений в горном массиве, привело к терминологии «возникновение», «формирование» выброса. В таком случае внезапные выбросы, кажется должны сопровождать горные работы по углю повсеместно, что на самом деле не происходит.

Привлечение сорбционных процессов в объяснение природы внезапных выбросов, особенно их скоротечности и силового потенциала газа, не может не вызывать возражений. Действительно, сорбция - это процесс поглощения сорбата (здесь метана) сорбентом (углем), процесс уравновешивания сорбентами своей неуравновешенной системы сил на поверхности раздела двух сред или в объеме. Для отделения сорбата необходимо внешнее воздействие, причем усилие должно быть не ниже усилия молекулярного притяжения газа к поверхности сорбента.

Для объяснения несостоятельности предположения о том, что выбросоопасная зона представляет собой участок пласта, заполненный газогидратами, следует обратиться к природе кристаллогидратов газа.

Гидраты относятся к классу соединений включения (аддуктов). Полости включения находятся в пространственной решетке и возникают в момент ее образования. Газогидраты являются продуктом заполнения полостей клатратного (клеточного) типа. Кристаллогидрат метана представляет собой пентагондодекаэдр, в вершинах которого находятся молекулы воды. Молекулы метана находятся внутри кристалла в полостях клатратного типа и не могут произвольно покинуть свои места. Известно получение гидрата метана при

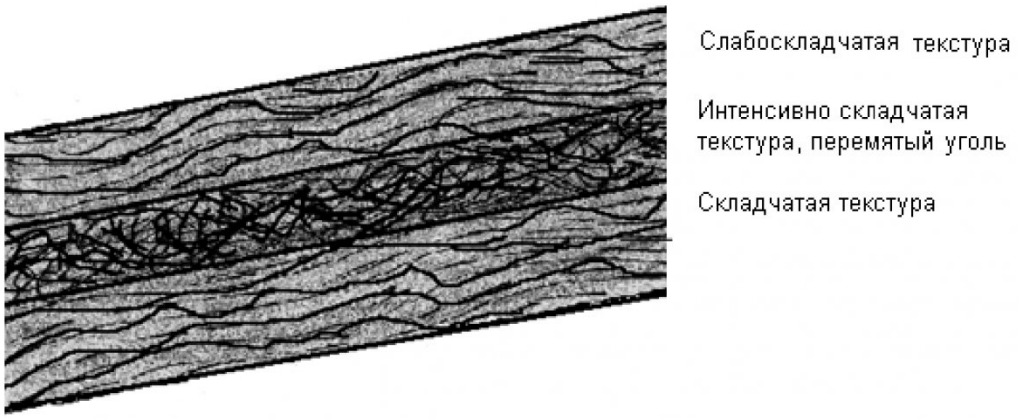

Рис. 1. Наиболее типичная текстура угольного пласта на стенках полости внезапного выброса

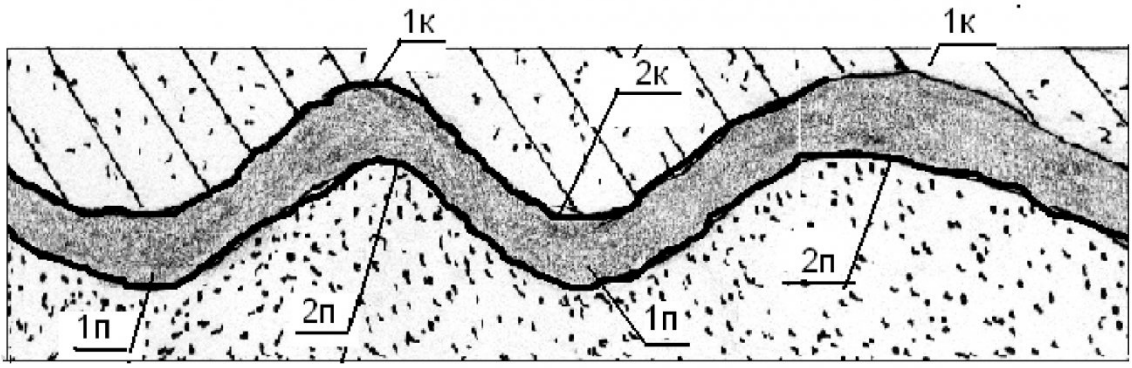

Рис.2. Принципиальная схема залегания угольного пласта.

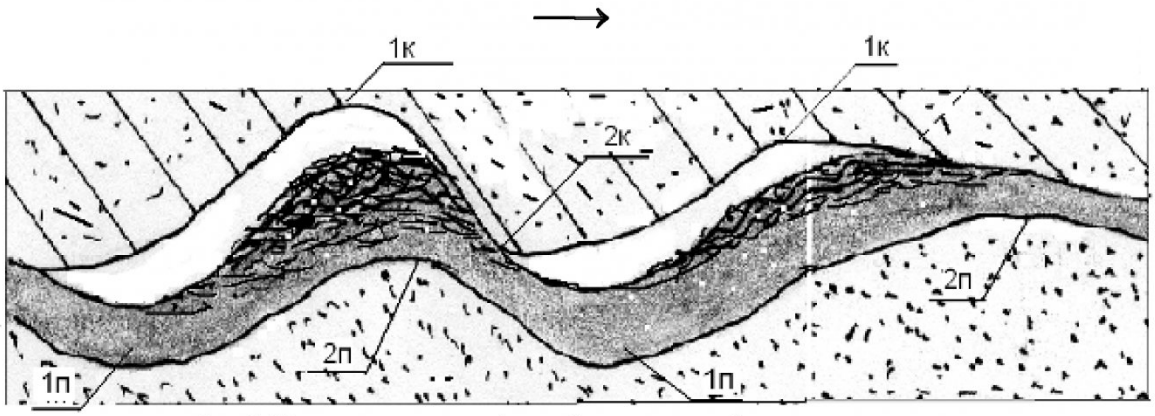

Рис 3. Принципиальная модель образования выбросоактивных зон при тектонической подвижке в угольном пласте.

температуре 47°С и давлении 3915 кг/см^2.

Предположение о том, что выбросоопасная зона представляет собой участок пласта, заполненный газогидратами, опровергается тем, что при разложении газогидратов выделяется значительное количество воды (6-7 л на 1м^3 газа). Однако уголь при внезапных выбросах сухой. Выбросоподобное истечение газа с водой наблюдалось лишь в шахтах Воркутинского угольного бассейна, что объясняется его климатическими условиями.

Внезапные выбросы однозначно приурочены к тектоническим нарушениям. Однако наличие геологического нарушения в угольном пласте необязательно ведет к внезапному выбросу угля и газа, и это обстоятельство требует как минимум учета при объяснении природы внезапного выброса.

Выбросоопасность приурочена к внутрипластовым нарушениям - флексурам, тектоническим раздувам и пережимам пластов, к изменениям формы пласта, а также к внутрипластовым тектоническим образованиям, для которых не характерны разрывные дислокации и изменения формы пласта. Пликативные дислокации проявляются в виде складок, флексур и мелких изгибов толщи

породы. Наибольшая интенсивность внезапных выбросов выявлена в переходном типе нарушений от пликативных к дизъюнктивным - флексурных складках, которые можно рассматривать как не реализовавшийся разрыв.

На рис.1 представлена типичная текстура угольного пласта в зоне внезапного выброса. Она характеризуется локальной складчатостью от слабой до интенсивной и наличием интенсивно перемятого угля. Физически для разрыхления угля и образования локальной складчатости необходимо наличие определенного свободного объема. Без него разрыхление угля и тем более образование складчатости невозможны.

Как образуется складчатость осадочных пород и угольных пластов видно на геологических разрезах. Чтобы понять, как образуются раздувы, пережимы, флексуры и локальная складчатость на угольных пластах без разрыва их сплошности обратимся к условиям углеобразования.

Рельеф поверхности (рис.2) , на котором образуется угольный пласт, неровный. При пликативной подвижке (рис.3) выступы (2к) сдвигают уголь к впадине (1п) и разрушают его. По мере сдвижения происходит поднятие кровли и в момент, когда выпуклость (1к) оказывается над впадиной (1п), между ними образуется свободное или разуплотненное пространство.

Образование таких пространств неизбежно приводит к реализации двух процессов:

1) к накоплению в этих пространствах перемятого угля и образованию локальной складчатости характерной для выбросоопасных зон;

2) в замкнутом объеме горного массива в образовавшемся свободном или разуплотненном пространстве неизбежно возникает вакуум; метан из разрушенного угля и окружающего горного массива устремляется в это пространство. Расположение таких пространств и их объем на угольном пласте по простиранию, падению и по площади всецело зависит от рельефа местности, на которой шло углеобразование.

При дальнейшем движении надвигающимся выступом 1к, газ и перемятый уголь сжимаются. При этом сжатый метан неизбежно получает два состояния. Одна часть газа переходит в гидратное состояние за счет тектонического давления газа в сжатом объеме и наличия влаги в угле. Однако из-за ограниченного количества влаги в угле в это состояние переходит не весь газ, содержащийся в сжатом объеме. Исследованиями процесса образования гидратов [2] установлено, что формирование кристаллов гидрата газа всегда начинается не в объеме газа, а на поверхности твердого тела, на которой находятся пары влаги. При ограниченном количестве влаги на поверхностях отдельностей перемятого угля образуется газогидратная пленка. Следует отметить, что кристаллогидраты представляют собой твердое льдоподобное вещество.

Другая часть газа остается несвязанной, свободной. Этот газ оказывается окруженным, блокированным газогидратами на отдельностях перемятого угля. В дальнейшем, тектонические напряжения переходят в деформации и свободный метан с потенциалом тектонического сжатия, оказывается законсервированным в локальных зонах угольных пластов уже за счет необратимости деформаций горного массива.

Учитывая способ образования гидратов газов - динамическое сжатие газа при постоянной температуре, прелагаемая концепция природы внезапных выбросов угля и газа названа гидратодинамической [3. с.59-62]. В ее основу положены очевидные и физически понятные факторы, исходя из абсолютной приуроченности внезапных выбросов к пликативным тектоническим нарушениям (пережимам, раздувам, выклиниваниям и флексурам). Концепция объясняет все установленные особенности внезапных выбросов [4 с.38-41].

Для регионального прогноза выбросоактивных зон необходимо исследовать рельефы залегания угольных пластов в направлении тектонической подвижки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Скочинский, А. А.* Горная наука и борьба с внезапными выбросами угля и газа на шахтах./ А.А. Скочинский, В.В. Ходот.– М. : Углетехиздат, 1957. – 42 с.

2. *Макогон, Ю. Ф.* Гидраты природных газов. – М. : «Недра», 1974. –182 с.

3. *Клюкин, Г. К.* Гидратодинамическая гипотеза внезапных выбросов угля породы и газа. / Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах: Материалы VIII Междунар. научн.-практ. конф. (Том 1); Кузбасс. гос. техн. ун-т. – Кемерово, 2009, С. 59-62.

4. *Клюкин, Г. К.* Особенности внезапных выбросов угля и породы и состояние выбросоактивного газа / Вестник КузГТУ, 2009 № 6. С.38-41.

Автор статьи:

Клюкин
Геннадий Константинович
– доцент кафедры «Строительство подземных сооружений и шахт» КузГТУ.
E-mail: L01BDV@yandex.ru