

УДК 622.831.322**Г.К. Клюкин**

ОСОБЕННОСТИ ВНЕЗАПНЫХ ВЫБРОСОВ УГЛЯ И ПОРОДЫ И СОСТОЯНИЕ ВЫБРОСОАКТИВНОГО ГАЗА

Внезапные выбросы в угольных шахтах являются неуправляемым, скоротечным и, поэтому опасным процессом. Рабочим телом этого процесса является относительно большое количество газа метана, который обладает высоким энергетическим потенциалом, занимая при этом весьма ограниченный объем. Вместе с тем, следует отметить, что газа в угольных месторождениях много, но не всякий газ выбросоактивен. Таким образом, очевидно, что выбросоактивный газ находится в горном массиве в специфическом состоянии. Чтобы сформулировать концепцию о состоянии выбросоактивного газа, следует обратиться к характеристикам и особенностям внезапных выбросов, установленным в ходе многочисленных исследований научно-исследовательских институтов и отдельных авторов.

Анализ особенностей внезапных выбросов угля, породы и газа в угольных шахтах, представленных ниже с привлечением исследований в области образования гидратов газов позволяют заключить, что в области тектонических разрывов и подвижек возникает возможность аккумулировать энергию максимального тектонического сжатия путем блокирования вкраплений свободного газа с геотектоническим давлением за счет газогидратной пленки и необратимости деформаций горного массива.

Газогидраты образуются двумя способами: статический – при постоянном давлении путем снижения температуры и динамический – при постоянной температуре и повышении давления. В данном случае реализуется второй путь – гидратодинамический.

Ниже рассмотрены особенности внезапных выбросов угля породы и газа обобщенные из различных источников.

1. Внезапные выбросы приурочены к области тектонических нарушений, т.е. к области тектонического разрыва, к области максимального сжатия и уплотнения в момент разрыва и, следовательно, к области возникновения условий образования механически замкнутых локальных газогидратных скоплений.

2. Частота и интенсивность внезапных выбросов возрастает с увеличением угла падения пластов и плоскостей тектонических разрывов.

С увеличением угла падения пластов и плоскостей тектонического разрыва увеличивается доля напряжений сжатия, степень уплотнения, что естественно увеличивает вероятность образования и сохранения газогидратных скоплений и связанных

с этим частоту и интенсивность внезапных выбросов.

Наибольшая плотность внезапных выбросов [1] приурочена к тектоническим нарушениям, имеющим преобладающее крутное падение плоскостей тектонических разрывов.

3. Увеличение крепости вмещающих пород ведет к возрастанию выбросоопасности.

Вероятность и интенсивность выброса в значительной степени зависят от утечек газа за пределы наиболее разупрочненного сечения. В слабых вмещающих породах формируется зона неупругих деформаций, фильтрующая газ. В прочных вмещающих породах такой зоны не образуется, газ по существу не фильтруется вне пласта и всем своим объемом участвует в выбросе.

4. Внезапные выбросы наибольшей интенсивности приурочены к вскрытию угольных пластов квершилагами.

Как и в предыдущем случае, наибольшая интенсивность, согласно гидратодинамической концепции, связана с практическим отсутствием зоны неупругих деформаций за пределами контура вскрытия, т.е. отсутствием утечек газа помимо контура выработки. Выбросоактивный газ, не имея возможности частично уходить, всю свою энергию расходует в процессе внезапного выброса.

5. Сравнительно большое количество газа содержится в сравнительно малом объеме массива.

Известно, что объем занимаемый газом обратно пропорционален давлению. Судя по тектоническим напряжениям в области разрыва, газ может получить давление в тысячи атмосфер. При этом большое количество газа, блокированное гидратом, займет сравнительно малый объем массива.

6. Со снижением влажности угольного пласта растет степень выбросоопасности.

Ограничено количество влаги в угле и породе (4-5%) дает возможность только части природного газа перейти в гидраты в виде пленок на стенках вмещающих микро- и макроотделностей угля или песчаников достаточных для блокирования свободного газа. С точки зрения гидратодинамической концепции в выбросоопасной зоне значительная часть воды находится в связанном состоянии. При разложении газогидратов пары воды, не конденсируясь, уходят вместе с газом, в результате чего выброшенный уголь имеет пониженную влажность. Снижение влажности тесно связано с выбросоопасностью и представляет один из фактов, указывающий на гидратное состояние части выбросоактивного газа.

7. Между давлением газа, измеренным в скважинах, и выбросоопасностью взаимосвязь отсутствует. Установить такую взаимосвязь практически невозможно:

Установить такую связь практически не возможно:

1) в выбросоопасной зоне практически не удается пробурить замерную скважину, так как зажимается буровой инструмент. Если все-таки скважина пробурена, то она пережимается до исчезновения;

2) вокруг пробуренной вне выбросоопасной зоны контрольной скважины создается зона неупругих деформаций. В замерной части скважины после герметизации и установки манометра создается подпор газа, который противодействует фильтрации газа в скважину. Ограниченнное количество газа в зоне влияния скважины, подпор в сумме с аэродинамическими сопротивлениями в фильтрационных каналах, а также неизбежные утечки газа вдоль скважины, в конечном счете, приводят к динамическому равновесию, которое отражается показаниями манометра. Таким образом, давление газа в скважине является функцией зоны ее влияния и фильтрационных характеристик массива. В этой функции, с точки зрения гидратодинамической концепции, состояние выбросоактивного газа по существу не отражается, и отсюда отсутствие взаимосвязи между измеренным в скважинах давлением и выбросоопасностью.

8. Выбросоопасные угли всегда тектонически препарированы, и в выброшенной массе содержится значительное количество тонкой угольной пыли («бешеной муки»). При этом внезапные выбросы газа и угля приурочены к зонам к зонам резкого увеличения мощности тектонически нарушенного угля, находящегося в плоскости скольжения.

Геологические разрезы зон внезапных выбросов показывают значительное превышение мощности перемятым зонам над ненаруженной частью пласта в случае расположения плоскости разрыва под углом к пласту и интенсивная складчатость в виде линз, когда плоскость смещения находится в пласте. Превышение мощности перемятым области над мощностью пласта и интенсивно складчатое строение ограниченных по площади смятий, связанные с процессом подвижки, могли образоваться лишь в том случае, когда в этих зонах возникло свободное пространство и оно было заполнено дополнительным объемом перемятым углем или позволило формирование интенсивной складчатости на ограниченной площади.

Образование свободных пространств, разуплотнений связано, очевидно, с двумя особенностями:

– угольный пласт в процессе образования повторяет рельеф поверхности накопления со значительными неровностями в различных направлениях;

– в силу переменной дефектности горного массива образуется плоскость разрыва неровная, со значительными колебаниями высоты выступов относительно впадин. Разрыв носит зигзагообразный характер как в вертикальной так и в горизонтальной плоскостях. Указанные особенности и явились причиной образования свободных пространств, разуплотнений в процессе тектонической подвижки. В процессе движения выступающая часть неподвижного массива, и между впадинами образуется свободное пространство, разуплотнение различной степени и объема в зависимости от характера совпадений плоскостей скольжения – «впадина – впадина», «впадина – плоскость», «впадина – выступ меньше впадины».

Вместе с тем, возникновение свободного пространства, разуплотнения замкнутого в массиве неизбежно приведет к возникновению в нем глубокого вакуума. В результате газ вместе с самой тонкой угольной пылью будет всасываться из окружающего пространства в область разуплотнения, и при последующем сжатии перейдет в газогидратное состояние. В том случае, когда уголь не претерпевает тектонической препарации, не перемят, угольный пласт не выбросоопасен.

В силу того, что значительные неровности носят локальный характер, газогидратные скопления локальны. Вместе с тем, в целом нарушение носит одинаковый характер на значительном протяжении, и это обуславливает зональность внезапных выбросов по падению или простирианию.

Таким образом, тот факт, что выбросоопасные угли тектонически препарированы и содержат большое количество тонкой угольной пыли, вполне согласуется с гидратодинамической концепцией. Более того, анализ этого факта позволяет установить механизм образования локальных газогидратных скоплений в угольных пластах.

9. Полости внезапных выбросов в подавляющем большинстве имеют вытянутую форму с достаточно отчетливо выраженной горловиной.

Наличие горловины убедительно показывает реализацию в выбросе локальной энергетической газовой аномалии, так как в противном случае разрушение должно идти по значительной части обнаженной плоскости.

Полости внезапных выбросов как правило имеют форму, сводчатую характерную для свода естественного равновесия. Это служит основанием считать, что кроме газа в ее формировании участвовали и напряжения в массиве, перераспределение которых шло вместе с выбросом. Полости сводчатой формы с горловиной являются наиболее заключенным отражением процесса внезапного выброса угля, породы и газа.

Вообще же полости встречаются самой разной формы. Разнообразие форм обуславливается конфигурацией выбросоопасной зоны и ее местоположением, картиной перераспределения напряжений в забое и полости, прочностью массива, на-

сыщенностю газогидратными вкраплениями, их энергетическим потенциалом и т.д.

Все эти факты согласуются с гидратодинамической концепцией и подтверждают наши представления о механизме внезапного выброса.

10. Обычно внезапные выбросы угля и газа происходят при воздействии на массив отбойными механизмами. Однако порядка 30% выбросов произошло с «запаздыванием» продолжительностью от нескольких минут до нескольких часов после прекращения воздействия на массив.

Принципиально, «запаздывание» внезапного выброса объясняется тем, что после остановки процесса релаксации в массиве, разгрузки в призабойной зоне идет с разной скоростью в зависимости от прочностных свойств угольного массива.

С точки зрения гидратодинамической концепции с прекращением отбойки формирование зоны неупругих деформаций не прекращается. Вместе с этим вглубь массива перемещается и зона предельного состояния. Поскольку формирование зоны неупругих деформаций происходит постепенно, то при наличии впереди газогидратной зоны, условие начала внезапного выброса наступает с относительным «запаздыванием». Отсутствие такого процесса в песчаниках объясняет и отсутствие «запоздалых» выбросов породы.

13. Подработка и надработка угольных пластов делает его безопасным в отношении внезапных выбросов.

С точки зрения гидратодинамической концепции с подработкой и надработкой угольного выбросоопасного пласта локальный скопления газогидратов переходят в газообразное состояние, энергетический потенциал которого определяется геостатическим давлением, и газ мигрирует по трещинам. Энергетическая газовая аномалия как таковая ликвидируется. Зона становится не выбросоопасной.

14. В предвыбросовый момент отмечается ряд таких признаков как усиление давления на крепь, усиление отжима, образование облака пыли непосредственно у забоя, усиление газовыделения, стреляние и осыпание угля.

Обычно усиление отжима и давления на крепь, стреляние и осыпание угля наблюдается при проходке выработок в том случае, когда быстро развивается зона неупругих деформаций в резко ослабленном горном массиве, пик опорного давления быстро перемещается вглубь массива и на обнаженной поверхности резко возрастает отжим.

С точки зрения гидратодинамической концепции газы, переходя из газогидратного состояния, начинают распространяться по трещинам, расслабляют массив, выбрасывают облака пыли в выработку. В результате разупрочнения массива газом зона неупругих деформаций резко возрастает, оказывая действие на крепь. Пик опорного давления с формированием зоны неупругих де-

формаций перемещается вглубь массива, что резко усиливает отжим угля из забоя

15. В предвыбросовый момент отмечается шумовой эффект, треск, хлопки, глухие удары.

Механически замкнутые локальные газогидратные скопления с высоким энергетическим потенциалом сохраняются лишь за счет прочности окружающих пород. Разрыв угля и скоротечное разложение газогидратов не может не сопровождаться шумовым эффектом. Экспериментальные работы с газогидратами [2] показали, что переход их в газообразное состояние сопровождается треском и хлопками.

16. В предвыбросовый момент отмечается понижение температуры вблизи забоя, понижение температуры угля, и повышение температуры газа после выброса.

Эти факты показывают, что в выбросоопасной зоне происходят эндотермические реакции [5], в результате которых понижается температура массива перед выбросом и повышается после выброса. Разложение газогидратов является эндотермическим процессом, поэтому понижение температуры массива до выброса и повышение ее после соответствует гидратодинамической концепции состояния выбросоактивного газа.

17. Выбросоопасные песчаники обязательно перекрыты газонепроницаемым экраном в виде глинистых пород, выше которого выброс не развивается.

В процессе тектонического сжатия газонепроницаемый экран удержал, сжимаемый тектоническими усилиями, газ от миграции в область пониженных давлений и способствовал образованию и локализации газогидратных скоплений в песчаниках.

18. При бурении скважин в песчаниках с отбором керна последний разделяется на выпукло-вогнутые диски, причем на поверхности отчетливо заметны поры и трещины явно не тектонического происхождения.

Бурное газовыделение, наличие макропор и трещин нетектонического происхождения, выпукло-вогнутое дискование [2] (выпуклость всегда направлена вглубь массива) подтверждает концепцию механизма внезапных выбросов, согласно которой отрыв происходит от поверхности, где напряжения от газогидратного вкрапления становится больше прочности песчаника. Выпуклость диска вглубь массива обусловлена тем, что поверхности равных напряжений в силу природы перераспределения напряжений впереди забоя скважины представляют криволинейные поверхности с выпуклостью, направленной вглубь массива.

19. Выброшенный песчаник представляет пластинки, чешуйки, песок до весьма мелких фракций.

Газогидратные вкрапления различной насыщенности обуславливают фракцию и форму отдельностей в выброшенной массе песчаника в виде слоев, пластиночек, чешуй различной площади и толщины.

20. В полостях внезапных выбросов песчаников отмечаются следы активного тектонического воздействия в виде мелкой складчатости и ребристость стенок полости[2].

В процессе тектонического сжатия зона будущей полости была наполнена газом и имела меньшую плотность, что и обусловило локальную мелкую складчатость. Ребристость стенок показывает на неравномерное вдавливание газа по периметру будущей полости в процессе сжатия.

21. Киносъемки показывают, что внешне выброс песчаника похож на водяную струю.

Это доказывает, что движущей силой внезапного выброса газовая аномалия с высоким энергетическим потенциалом.

22. Пик опорного давления перед угольного забоя выработки смещается к обнаженной плоскости на расстоянии 1÷3 м вместо обычных 2÷5м.

Высокий энергетический потенциал газогидратных скоплений обусловленный тектоническим давлением газа, воздействуя на окружающий массив, создает эффект смещения опорного давления ближе к обнаженной плоскости.

23. Продолжительность выброса измеряется 0,5-4 с.

Скоротечность до внезапности процесса выброса показывает, что газ до выброса находится в механически замкнутом объеме, имея высокий энергетический потенциал. Такой состояния подобно сжатой пружине и удерживается за счет прочности горных пород. Снижение прочности возникает в момент прохождения горными выработками – разрушается фактор состояния газа, что ведет к скоротечному динамическому проявлению

– внезапному выбросу. Развитие выброса из механически замкнутого объема соответствует гидратодинамической концепции.

24. Вблизи зоны выброса и в самой зоне давление газа увеличивается в момент выброса в десятки раз.

Этот факт говорит о том, что выбросоактивный газ представляет энергетическую аномалию, и статическая устойчивость энергетического потенциала газа нарушается процессами, происходящими впереди забоя проводимой выработки. С точки зрения гидратодинамической концепции выбросоопасная зона представляет газовую аномалию; газогидратные вкрапления и высокий энергетический потенциал выбросоактивного газа сохраняется только за счет прочности пород горного массива; устойчивость состояния нарушается за счет перераспределения напряжений впереди забоя выработки и разупрочнения массива между зоной и поверхностью обнажения. Только гидратодинамическая гипотеза объясняет потенциал и динамику выбросоактивного газа и, следовательно, физическую сущность внезапных выбросов.

25. Исследованиями, проведенными ВостНИИ, установлено, что в выбросоопасных условиях содержание тяжелых гомологов метана возрастает на порядок и более.

Известно, что при переходе природного газа в гидраты, а затем обратно содержание тяжелых углеводородов значительно возрастает. Это происходит в результате разделения на гидраты разных газового состава в процессе гидратообразования. Так, в газе над гидратом содержание метана выше, чем в исходном газе.

Таким образом, анализ особенностей внезапных выбросов угля, породы и газа в угольных шахтах с привлечением исследований в области образования гидратов газов позволил сформулировать состояние выбросоактивного газа и объяснить механизм этого опасного процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобров В.И., Кричевский Р.М. Борьба с внезапными выбросами угля и газа. – К.: «Техника», 1964. – 286 с.
2. Николин В.Н., Меликsetov C.C., Беркович И.М. Выбросы породы и газа. -М.: Недра ,1967. -81с.
3. Медведев Б.И. Морозов И.Ф. Возможность снижения давления газа в угольных пластах, опасных по внезапным выбросам./ Вопросы теории выбросов угля и газа. – К.: «Наукова думка», 1973.- С.26-34.
4. Эттингер И.Л., Шульман Н.В. О возможности образования газовых гидратов в увлажненных угольных пластах. / Сб. Вопросы теории выбросов угля, породы и газа. – К.: «Наукова думка», 1978.- С.11-18.
5. Москаленко Э.М., Макогон Ю.Ф., Горбунов И.А., Дорофеев Д.И. Исследование изменения температуры выбросоопасного угольного пласта. // «Уголь Украины», 1980. - №3, - С 21-24.

□ Авторы статьи:

Клюкин

Геннадий Константинович

- канд.техн. наук, доц. каф. «Строительства поземных сооружений и шахт» КузГТУ. Тел.8-3842-39-63-78