

ПРИЧИНЫ ВЗРЫВОВ МЕТАНА В ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ КУЗБАССА

В.А. Скрицкий, вед. научн. сотр. ФГБУН Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, д-р техн. наук, *scritsky@mail.ru*

Взрывы метана, зачастую протекающие с катастрофическими последствиями, в последние годы стали происходить в угольных шахтах при высокопроизводительной отработке пологих и наклонных пластов. Причина подобных аварий обусловлена переходом с возвратноточного способа проветривания выемочных участков на комбинированный способ проветривания.

Ключевые слова: угольный пласт, выемочный участок, способ проветривания, метан, схема отработки, опорное горное давление, механодеструкция, выработанное пространство, самовозгорание, взрыв метана.

CAUSES OF METHANE EXPLOSIONS IN HIGHLY PRODUCTIVE COAL MINES OF KUZBASS

V.A. Skritsky, Leading Researcher, Federal State Budget Institution «N.A. Chinakal Institute of Mining», SB RAS, Ph. D. of Engineering, *scritsky@mail.ru*

Methane gas explosions which have often occurred with catastrophic consequences in recent years, began to occur in coal mines with high-performance developing of sloping and inclined beds. The reason for such accidents is due to the transition from reflexively accurate method of ventilation excavation sites to the combined method of ventilation.

Keywords: coal seam, coal-mining area, method of ventilation, methane, the scheme of mining, bearing rock pressure, mechanical destruction, mined-out space, spontaneous combustion, methane explosion.

За период с 16.06.1992 г. по 24.08.2010 г. в шахтах Кузбасса произошло 40 аварий различного вида, при которых погибло 538 человек из них при 23 взрывах метана – 492 человека (91,4%) [1–4]. Из 23 произошедших за рассматриваемый период взрывов метана 13 произошло в шахтах, отрабатывавших пологие пласты, при которых погибло 456 человек (в среднем 35,1 чел./взрыв). А в шахтах, отрабатывавших крутые пласты произошло 10 взрывов метана, при которых погибло 36 человек (в среднем 3,6 чел./взрыв). При этом следует отметить, что к настоящему времени практически все шахты в Кузбассе, отрабатывавшие крутые угольные пласты, как наиболее опасные и не эффективные уже ликвидированы.

В 70–80 годы прошедшего столетия в шахтах Кузбасса взрывы и воспламенения метана происходили преимущественно при отработке крутых пластов. Источником огня, инициировавшим воспламенение метана, как правило, являлись очаги самовозгорания угля, возникающие в выработанном пространстве. Из-за особенностей технологических схем отработки крутых угольных пластов очаги самовозгорания угля в выработанном пространстве зачастую выявлялось не на ранней стадии их возникновения, а проявлялись вспышками метана в выработанном пространстве, либо выделяющимся дымом. Локальные объемы метана взрывоопасной концентрации образовывались в вышерасположенном выработанном пространстве вне зоны ведения очистных работ. Когда в эти локальные скопления метана из очагов самовозгорания угля по выработанному пространству перепускался горящий уголь,

то происходили вспышки, либо взрывы метана. Люди, находящиеся в очистном забое, могли подвергнуться воздействию ударной волны, но взрыв метана по очистному забою и по прилегающим к ним выработкам, как правило, не распространялся.

В те же годы, как и в настоящее время, пологие и наклонные угольные пласты обрабатываются преимущественно системой ДСО (длинные столбы по простиранию с обрушением пород кровли). Причем при отработке пластов, уголь которых склонен к самовозгоранию, проветривание выемочных участков осуществлялось возвратноточным способом, как это представлено на рис. 1.

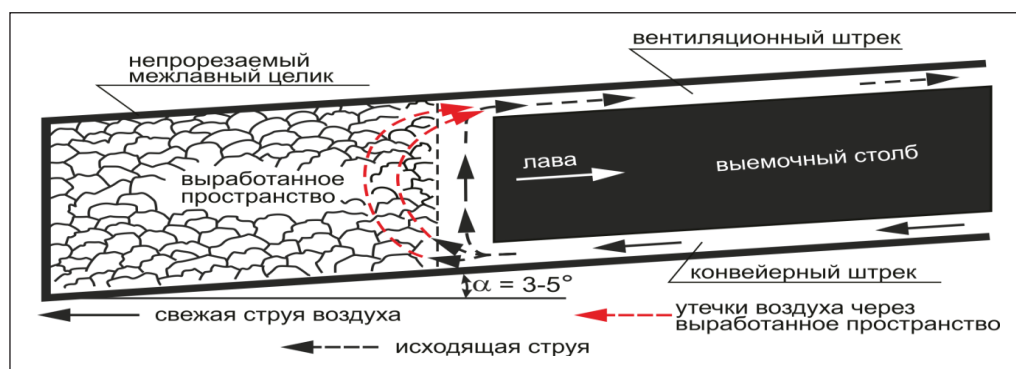


Рис. 1. Схема отработки выемочных столбов системой ДСО с возвратноточным способом проветривания очистного забоя

Выработанное пространство ранее отработанного выемочного столба отделялось от отработываемого выемочного столба межлавыми целиками, которые горными выработками не прорезались. Поэтому отсутствовала аэродинамическая связь между выработанными пространствами отработываемого выемочного столба и ранее отработанными. Воздух для проветривания очистного забоя (лавы) подавался по конвейерному штреку. Искодящая из лавы струя воздуха отводилась по вентиляционному штреку. На сопряжении вентиляционного штрека с выработанным пространством, помимо замеров концентрации метана, осуществляется анализ проб газов, поступающих из выработанного пространства на предмет обнаружения в них оксида углерода (СО). Благодаря такому контролю, осуществляемому за составом газов в утечках воздуха, проходящих через выработанное пространство, очаги самонагревания угля в выработанном пространстве выявлялись в начальной стадии их возникновения. В случае выявления в утечках воздуха, проходящих через выработанное пространство, превышения концентрации СО и иных индикаторных газов, оперативно принимались меры по локализации и подавлению возникающих в выработанном пространстве очагов самонагревания угля. Благодаря такому контролю в выемочных участках, проветриваемых возвратноточным способом, взрывы метана не происходили. Именно поэтому при отработке пологих пластов, уголь которых склонен к самовозгоранию, проветривание очистных забоев производилось только возвратноточным способом.

До тех пор пока производительность очистных забоев, проветриваемых возвратноточным способом, не превышала 1 тыс. т угля в сутки проблем с проветриванием выемочных участков не возникало. Однако когда производительность горно-выемочных машин и оборудования, достигла 3–5 тыс. т угля в сутки и более, то в проветриваемых возвратноточным способом выемочных участках, возникли сложности с соблюдением нормативных требований, предъявляемым Правилами безопасности (ПБ), к скорости воздуха и к предельной концентрации метана (1%) в исходящем из очистного забоя воздухе. Поэтому, чтобы обеспечить

высокую производительность выемочных участков, и при этом соблюсти требования ПБ технологическая система отработки ДСО, представленная на рис. 1, была существенно трансформирована переходом на комбинированный способ проветривания выемочных участков с прямоточным проветриванием выработанного пространства на ограниченном участке. Одна из типовых схема отработки выемочного участка, проветриваемого комбинированным способом, представлена на рис. 2 [5].

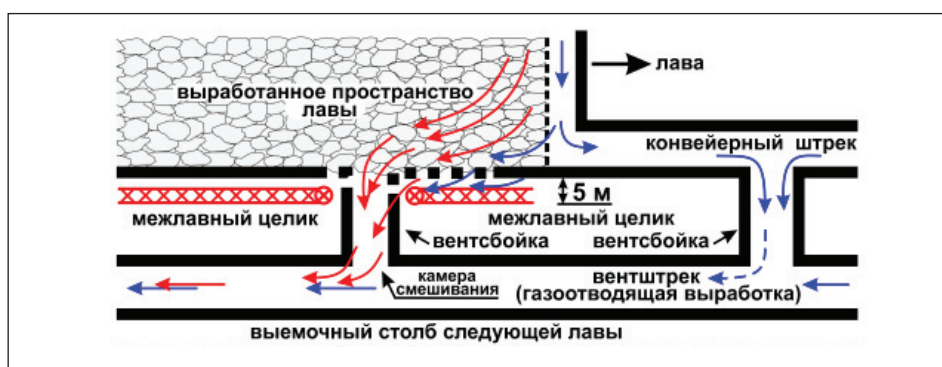


Рис. 2. Трансформированная система ДСО отработки пологих пластов, обеспечивающая производительность лавы до 5–10 тыс. т. угля в сутки

В процессе подготовки к отработке лавами выемочных столбов межлавные угольные целики стали прорезать вентиляционными сбойками (вентсбойки). В зависимости от длины выемочного столба число вентсбоек может достигать 5–7 и более. Через сбойки, прорезающие межлавные целики, возникла аэродинамическая связь между выработанными пространствами отработываемого выемочного столба и ранее отработанными.

Направление движения воздуха по лаве изменено с восходящего на нисходящее проветривание — воздух для проветривания очистного забоя (лавы) подается не по конвейерному штреку, а по вентиляционному. Из выработанного пространства отработываемого выемочного столба метан через вентсбойку в межлажном целике потоком утечек воздуха перепускается на вентштрек ниже подготавливаемого к отработке следующего выемочного столба, минуя очистной забой. Для этого до 30%, а порой и более, от всего количества воздуха (на шахте «Распадская» до 40%), поступающего по вентштреку, напрямую направляется через выработанное пространство для выноса из него выделяющегося там метана. В результате проветривание выемочных участков с возвратноточного способа изменено на комбинированный способ, при котором в процессе отработки выемочного столба выработанное пространство на протяжении 100–150 м от очистного забоя постоянно интенсивно продувается воздухом.

Из-за необходимости удаления средствами вентиляции всего метана, выделяющегося как в очистном забое, так и в выработанном пространстве, количество воздуха, подаваемого для проветривания высокопроизводительных выемочных участков, как правило, достаточно большое. Например, для проветривания лавы № 50-11^{бис} в шахте «Ульяновская» (в которой 19.03.07 г. произошел взрыв метана) расчетное количество воздуха, поступающего только по вентштреку 50-11^{бис}, достигало 1742 м³/мин [6].

Подобные технологические схемы подготовки и отработки выемочных столбов, получившие название «многоштрековые», в опытным порядке в шахтах Кузбасса начали использоваться с 1999 г. К повсеместному использованию «Технологические схемы многоштрековой подготовки выемочных столбов для отработки высокогазоносных и самовозгорающихся по-

логих угольных пластов...», были допущены Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору после утверждения их приказом № 735 от 22 декабря 2011 г. [7].

Весьма симптоматично, что после перевода выемочных участков на комбинированный способ проветривания, в высокопроизводительных шахтах Кузбасса, обрабатывающих пологие и наклонные угольные пласты системой ДСО, взрывы метана стали происходить почти ежегодно, причем с катастрофическими последствиями (смотри нижеприведенную таблицу).

Взрывы метана в высокопроизводительных шахтах Кузбасса

Дата	Шахта. Место аварии. Число пострадавших, чел.	Схема проветривания	Горнотехнические параметры пласта	Причина взрыва – по заключению комиссии, расследовавшей аварию
30.03. 2001 г.	«Распадская» Лавы 3-10-7 и 4-10-3. Пострадало 7 чел., в т.ч. 4 – смерт.	Комбинированная – с использованием ВМЦГ-7 для отвода метана из выработанного пространства	Пласт – 10. Мощность – 1,9–2,4 м. Глубина от поверхности – 148 м. Газообильность 25 м ³ /т	Искрение в перебитом бронированном кабеле
11.02. 2003 г.	«Алардинская». Лава 21-1-52, Пострадало 27 чел, в т.ч. 2 – смерт., 11 – тяж.	Комбинированная – с использованием ВМЦГ-7 для отвода метана из выработанного пространства	Пласт – 21. Мощность – 6,6 м Глубина от поверхности – 200 м. Газообильность – сверхкатегорийная	Источник воспламенения – повреждение бронированного кабеля резервного ВМЦГ-7
10.04. 2004 г.	«Тайжина». Лава 1-1-5-5, к/ш 1-1-5-6. Пострадавших 53 чел., в т.ч. 47 – смерт.	Комбинированная – отвод метана на газодрен. штрек через заднюю сбойку на конвейерном штреке	Пласт – Е-5. Мощность – 2,8 м. Глубина от поверхности – 320 м. Газообильн. – сверхкатегорийная	Искрение при повреждении высоковольтного кабеля на к/ш 1-1-5-6
08.02. 2005 г.	«Есаульская». Лава 29-26. Пострадало 29 чел., в т.ч. 25 – смерт.	Комбинированная – с использованием ВМЦГ-7 для отвода метана из выработанного пространства	Пласт – 29. Глубина от поверхности – 353 м. Газообильность – сверхкатегорийная	Самовозгорание угля в выработанном пространстве лавы
19.03. 2007 г.	«Ульяновская». Лава 50-11. Погибло 110 чел.	Комбинированная – отвод метана на газодрен. штрек через заднюю сбойку на конвейерном штреке	Пласт – 50. Мощность – 2,2×2,6 м. Газообильн. – 9,8 м ³ /т. Глубина от поверхности – 220 м	Искрение в лаве при сдавливании и повреждении силового комбайнового кабеля
24.05. 2007 г.	«Юбилейная». Лава 15-16. Погибло 39 чел.	Комбинированная – с использованием ВМЦГ-7 для отвода метана из выработанного пространства	Пласт – 15. Глубина от поверхности – 450 м. Газообильность – сверхкатегорийная	Искрение между жилами в силовом комбайновом кабеле, при его натяжении

Пунктом 2.2.2 Инструкции по предупреждению и тушению подземных эндогенных пожаров в шахтах Кузбасса [8] регламентировано, что при скорости подвигания очистного забоя более 90 м/мес. в выработанном пространстве очаги самовозгорания угля не успевают возникнуть. А так как скорость подвигания высокопроизводительных очистных забоев существенно превышает 100 м/мес., то, основываясь на п. 2.2.2. «Инструкции» [8], при расследовании причин произошедших взрывов метана вопрос о возникновении в выработанном пространстве очагов самовозгорания угля, которые могли являться источником огня, вос-

пламенившим метан, как правило, даже не рассматривается. И это притом, что вывод о пожаробезопасных скоростях отработки выемочных столбов был сформулирован на основании результатов исследований, выполненных еще в 70-тые годы прошедшего века, и распространялся на выемочные участки, проветриваемые возвратноточным способом.

Нагрузка на выемочные участки при отработке пологих и наклонных угольных пластов высокомеханизированными очистными комплексами достигает 5–6 тыс. т угля в сутки, а в отдельных случаях – доходит до 10–15 тыс. т/сут. (например, в ОАО «Шахта Распадская»). Для обеспечения такой производительности длина очистных забоев возросла со 100 м до 300 м, а скорость подвигания очистных забоев достигла 200–300 м/мес. Вследствие такой интенсификации очистных работ существенно возросло опорное горное давление, воздействующее на краевые части угольных целиков, в том числе и оконтуривающих выработанное пространство. Однако до настоящего времени ни при планировании горных работ, ни при расследовании произошедших в шахтах аварий не принимается во внимание влияние горного давления на возникновение очагов самонагрева угля. При этом, опорным горным давлением, воздействующим на краевую часть пласта (целика), совершается механическая работа по ее деформации и разрушению. В процессе этой работы по механодеструкции пласта, совершаемой опорным горным давлением, температура угля внутри краевой части пласта (угольного целика) на глубине 4–5 м, возрастает на 25–35 °С и более, в зависимости от величины опорного горного давления [9].

Через раздавленный и перемятый уголь вовнутрь краевой части пласта воздух беспрепятственно может поступать к нагретому и раздавленному в процессе механодеструкции углю. В этом не окисленном и нагретом в процессе механодеструкции угля, при поступлении воздуха, процесс окисления ускоряется. На рис. 3 показано, где в местах сопряжения вентиляционных сбоек, прорезающих межлавный целик, с выработанным пространством уголь в процессе механодеструкции нагревается до температуры не менее 40–50 °С.

Так как через эти вентсбойки из выработанного пространства потоком утечек воздуха перепускается метан, то воздух поступает и к углю, первичный нагрев которого инициирован опорным горным давлением. Происходит окисление угля с выделением тепла, в результате чего развиваются очаги самонагрева угля.

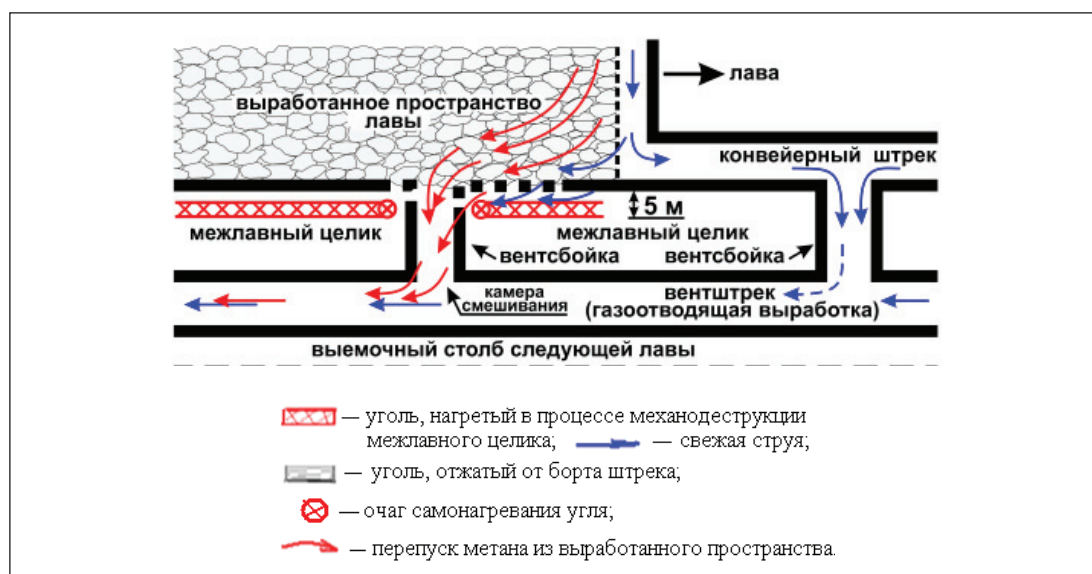


Рис. 3. Очаги самонагрева угля, возникающие в краевой части межлавного целика на сопряжении вентсбоек с выработанным пространством действующей лавы

В процессе отработки выемочного столба через каждую вентсбойку, прорезающую межлаважный целик, утечки воздуха, проветривающие выработанное пространство, перепускаются в течение ~1 месяца. За такой период в результате поступления воздуха к нагретому внутри краевой части пласта угля, его температура в процессе окисления возрастает, и может достигнуть высоких значений – 100 °С и более.

Размеры очагов самонагрева, возникающие и развивающиеся внутри раздавленной краевой части угольного пласта (целика), обычно не превышают 0,2×0,3 м, в диаметре [10]. Поэтому количество СО, выделяющегося в вентсбойку из очага самонагрева, незначительно. В большом количестве воздуха (до 500 м³/мин), выносящего из выработанного пространства лавы метан, концентрация СО настолько снижается, что в отбираемых пробах газа не обнаруживается. Поэтому считается, что при высокопроизводительной отработке выемочных участков, очаги самонагрева угля не возникают. Однако, после изоляции вентсбоек, возникшие очаги самонагрева, с горячим в них углем, сохраняются, хотя из-за прекращения поступления воздуха, рост температуры в них приостанавливается.

После перехода к отработке очередного, ниже расположенного, выемочного столба, в возникшие и развившиеся ранее, еще при отработке предыдущего выемочного столба, очаги самонагрева угля, показанные на рис. 3, вновь начинают поступать утечки воздуха, но уже из вентштрека, по которому подается свежая струя для проветривания нового очистного забоя (лавы). Большое количество воздуха, проходящее по вентиляционному штреку (о чем выше сказано на примере шахты «Ульяновская»), предопределяет высокий действующий напор, развиваемый поступающей по нему струей воздуха. Так как междулаважный целик прорезан вентиляционными сбойками, то через эти сбойки, несмотря на возведенные в них изолирующие перемычки, сохраняется аэродинамическая связь выработанного пространства ранее отработанного выемочного столба с вентиляционным штреком отработываемой лавы. Обусловлено это тем, что при проходке горных выработок вокруг каждой из пройденных выработок образуются зоны разупрочнения и расслоения угле-породного массива (зоны дезинтеграции) [11]. В местах пересечения горных выработок зоны дезинтеграции массива вокруг каждой из этих выработок накладываются друг на друга. В месте пересечения вентиляционного штрека с вентсбойками угле-породный массив вокруг возведенной изоляционной перемычки также становится воздухопроницаемым. Поэтому даже если тело самой возведенной в сбойке монолитной взрывоустойчивой перемычки оказывается непроницаемым для воздуха, то через вмещающий ее угле-породный массив утечки воздуха могут проникать к ранее возникшим и сохранившимся очагам самонагрева с нагретым в них углем. На рис. 4 показано, как утечки воздуха, минуя изоляционную перемычку на сопряжении вентсбойки с вентиляционным штреком, поступают к ранее возникшим и сохранившимся очагам самонагрева угля на сопряжении выработанного пространства ранее отработанного выемочного столба (лавы) с вентсбойками прорезающих межлаважный целик.

В результате поступления воздуха в эти сохранившиеся очаги с нагретым в них ранее углем процесс окисления и самонагрева активизируется. В случае если во время отработки выемочного столба, в каком либо из находящихся в краевой части межлаважного целика очагов самонагрева угля процесс окисления угля разовьется до стадии пламенного горения, то огонь выходит на кромку целика, в том числе и в вентсбойку, прорезающую межлаважный целик. В вентсбойке от горящего угля воспламеняется метан и в выработанном пространстве действующего очистного забоя происходит взрыв метана.

Из выработанного пространства взрывная волна распространяется по лаве и по примыкающим к ней горным выработкам, где отложения угольной пыли переводятся во взвешенное состояние. Одновременно туда же взрывной волной из-под купола обрушения пород выработанного пространства вместе с огнем выносятся и метан. От горящего метана детонирует взвесь угольной пыли. Происходят повторные взрывы метана и угольной пыли, которые распространяются по сети горных выработок, в которых под действием взрывной волны обра-

зовалась взрывоопасная концентрация взвеси угольной пыли. На примере шахты «Ульяновская», на рис. 6 представлена схема распространения взрыва метана из выработанного пространства по примыкающим к действующему очистному забою горным выработкам [12].

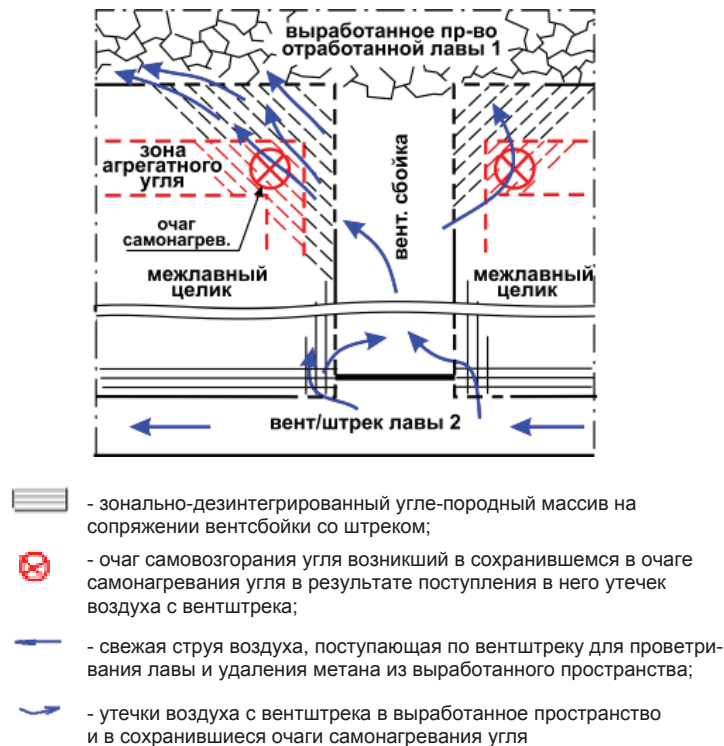


Рис. 4. Развитие ранее возникших очагов самонагрева угля при поступлении к ним утечек воздуха по сбойке с воздухоподающего вентиляционного штрека

Из-за технологических особенностей выемочных участков, проветриваемых комбинированным способом, очаги самонагрева и самовозгорания угля, возникающие в краевых частях межлавных целиков, остающиеся в выработанном пространстве, как правило, не обнаруживаются. В результате возникшие в выработанном пространстве очаги самовозгорания угля неожиданно проявляются взрывами метана. Именно неожиданностью происходящих взрывов метана обусловлены их катастрофические последствия, сопровождающиеся групповым производственным травматизмом со смертельным исходом.

При взрывах метана, особенно с участием в них угольной пыли, происходят повреждения креплений горных выработок и находящегося в них оборудования, в том числе и кабельных сетей. В выработках также можно обнаружить самоспасатели с пробитыми корпусами, из которых произошло выгорание кислородосодержащего продукта. Наличие таких разрушений и поврежденного оборудования позволяет объяснить практически любой произошедший взрыв метана случайным стечением обстоятельств, в том числе сочетающихся с нарушениями Правил безопасности, допущенными самими пострадавшими. К сожалению, именно к таким стереотипным выводам об источниках воспламенения и взрывов метана в высокопроизводительных выемочных участках, как правило, сводятся результаты расследований аварий. Поэтому источником воспламенения метана в одних случаях называлось искрение, образующееся при фрикционном трении обрушающихся пород кровли, а в других (чаще) – искрение при повреждении электрических кабелей.

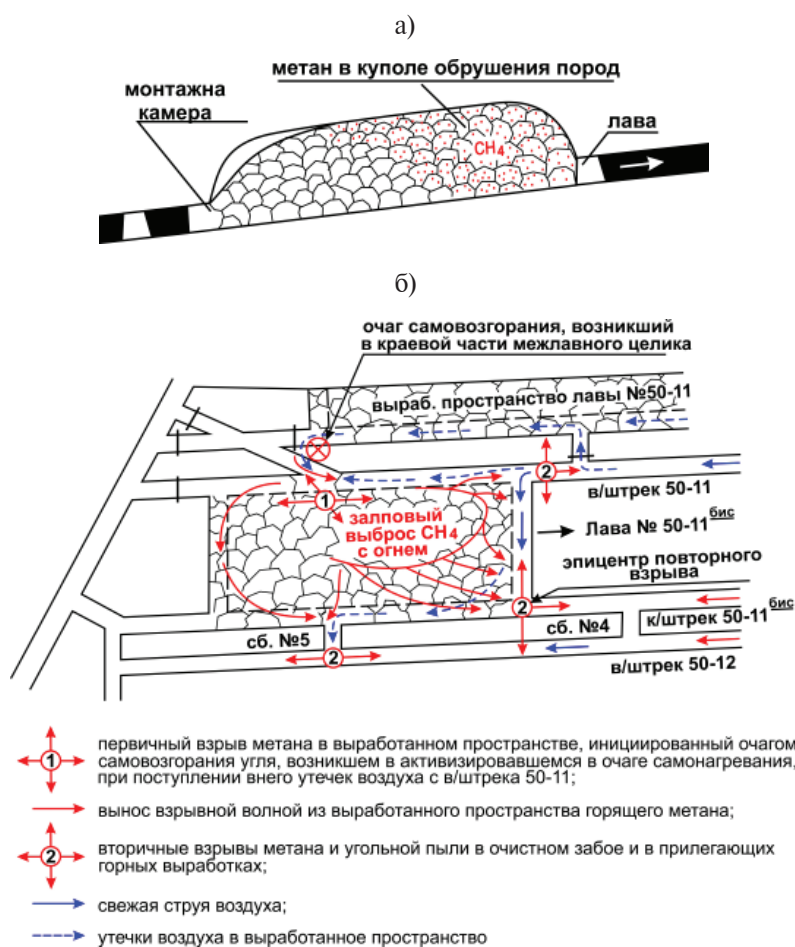


Рис. 5. Схема возникновения и развития взрыва метана по лаве № 50-11^{бис} шахты «Ульяновская»

- а) – формирование метанового «облака» в куполе обрушения пород непосредственно за очистным забоем (до взрыва метана в выработанном пространстве);
- б) – залповый выброс метана и пламени в лаву из-под купола обрушения пород под действием взрывной волны от взрыва метановоздушной смеси, произошедшего в выработанном пространстве

Из подобных заключений о причинах взрывов метана произошедших в шахтах следует, что для предотвращения подобных аварий отсутствует необходимость в проведении специальных исследований и внесении изменений в действующие нормативные документы, регламентирующие безопасный порядок ведения горных работ при отработке системой ДСО пологих и наклонных угольных пластов. К тому же «Технологические схемы многоштрековой подготовки выемочных столбов для отработки высокогазоносных и самовозгорающихся пологих угольных пластов, обеспечивающих высокопроизводительную и безопасную работу комплексно-механизированных забоев» [7], утвержденные приказом № 735 от 22 декабря 2011 г. Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, являются опасными по возникновению очагов самовозгорания угля и по взрывам метана в действующих выемочных участках. Вследствие этого взрывы метана, происходящие в шахтах России, превратились в повторяющиеся однотипные аварии, на предотвращение которых не оказали и не оказывают влияния результаты расследований происходящих взрывов метана.

Выводы

«Технологические схемы многоштрековой подготовки выемочных столбов для отработки высокогазоносных и самовозгорающихся пологих угольных пластов, обеспечивающих высокопроизводительную и безопасную работу комплексно-механизированных забоев» [7] следует отменить, либо внести в них изменения с учетом следующих положений:

– исключить аэродинамическую связь между действующим выемочным участком и выработанными пространствами ранее отработанных выемочных столбов;

– в оконтуренном выемочном столбе монтажную камеру лавы следует располагать на высшей геодезической отметке, а демонтажную камеру на низшей отметке, чтобы в процессе отработки выемочного столба метан, выделяющийся в выработанном пространстве, мигрировал по выработанному пространству в направлении монтажной камеры, а не скапливался в куполе обрушения пород кровли, примыкающем к очистному забою;

– при разработке мероприятий по предотвращению в выработанном пространстве очагов самовозгорания угля следует учитывать повышение температуры угля внутри краевой части угольного пласта в процессе ее механодеструкции под воздействием сил опорного горного давления.

Список литературы

1. Анализ аварийности на предприятиях угольной промышленности России за 1998 год / А.С. Голлик, И.Г. Федоров, В.А. Скрицкий и др. // РосНИИГД. Кемерово, 1999. 77 с.
2. Анализ аварийности на предприятиях угольной промышленности России за 1999 год / А.С. Голлик, И.Г. Федоров, В.А. Скрицкий и др. // РосНИИГД. Кемерово, 2000. 80 с.
3. Анализ аварийности на предприятиях угольной промышленности России за 2000 год / А.С. Голлик, И.Г. Федоров, В.А. Скрицкий и др. // РосНИИГД. Кемерово, 2001. 107 с.
4. Анализ аварийности на предприятиях угольной промышленности России за 2002 год / А.С. Голлик, В.А. Зубарева, И.Г. Федоров и др. // РосНИИГД. Кемерово, 2002. 123 с.
5. Технологические схемы подготовки и отработки выемочных участков на шахтах ОАО «СУЭК-Кузбасс». Альбом / В.Н. Демура, С.В. Ясученя, К.Н. Копылов и др. // Горное дело ООО «Киммерийский центр», (Библиотека горного инженера. Т. 3. «Подземные горные работы». Кн. 12). М: 2014. 256 с.
6. Акты расследования взрывов на шахтах «Ульяновская» и «Юбилейная».
7. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 22 декабря 2011 г. № 735 «Об утверждении Технологических схем многоштрековой подготовки выемочных столбов для отработки высокогазоносных и самовозгорающихся пологих угольных пластов, обеспечивающих высокопроизводительную и безопасную работу комплексно-механизированных забоев».
8. Инструкция по предупреждению и тушению эндогенных пожаров в шахтах Кузбасса. Кемерово, 1983. 77 с.
9. Скрицкий В.А. Роль горного давления в возникновении эндогенных пожаров в угольных шахтах / В.А. Скрицкий // Материалы научн. конгресса (15–17.10.2009 г.): «Совершенствование системы управления, предотвращения и демпфирования последствий чрезвычайных ситуаций регионов и проблемы безопасности жизнедеятельности населения». Новосибирск. СГГА. 2009. С. 162–164.
10. Попов В.Б. Новые представления о природе начального теплового импульса при возникновении очагов самовозгорания угля в шахтах [Текст] / В.Б. Попов, В.А. Скрицкий, В.И. Храмцов, С.В. Обидов // Безопасность труда в промышленности. 2002. № 3. С. 36–38.
11. Опарин В.Н. О зонально-дизинтеграционных процессах в углепородных массивах и проблеме изоляции выработанного пространства от поступления воздуха / В.Н. Опарин, В.А. Скрицкий // В сб. трудов конференции (28.06–2.07.2010 г.): «Фундаментальные проблемы формирования техногенной среды». Том II «Геотехнология». Новосибирск. ИГД СО РАН. 2010. С. 19–23.
12. Скрицкий В.А. Взрывы метана в шахтах: трагедия на «Ульяновской» / В.А. Скрицкий // Горная промышленность. 2008. № 3. С. 63–67.

References

1. Golik A.S., Fedorov I.G., Skritsky V.A. (1999) *Analiz avariynosti na predpriyatiyakh ugol'noy promyshlennosti Rossii za 1998 god* [Analysis of accidents at the enterprises of coal industry of Russia for the year 1998] *RosNIIGD* [Scientific Research Institute of Mining Rescue]. Kemerovo, 77 p.
2. Golik A.S., Fedorov I.G., Skritsky V.A. (2000) *Analiz avariynosti na predpriyatiyakh ugol'noy promyshlennosti Rossii za 1999 god* [Analysis of accidents at the enterprises of coal industry of Russia, 1999] *RosNIIGD* [Scientific Research Institute of Mining Rescue]. Kemerovo. 80 p.
3. Golik A.S., Fedorov I.G., Skritsky V.A. (2001) *Analiz avariynosti na predpriyatiyakh ugol'noy promyshlennosti Rossii za 2000 god* [Analysis of accidents at the enterprises of coal industry of Russia for 2000] *RosNIIGD* [Scientific Research Institute of Mining Rescue]. Kemerovo, 107 p.
4. Golik A.S., Fedorov I.G., Skritsky V.A. (2002) Analysis of accidents at the enterprises of coal industry of Russia for 2002] *RosNIIGD* [Scientific Research Institute of Mining Rescue]. Kemerovo, 2002. 123 p.
5. Demura V.N., Yasyuchenya S.V., Kopylov K.N. et al. (2014) *Tekhnologicheskie skhemy podgotovki i otrabotki vyemochnykh uchastkov na shakhtakh OAO «SUEK-Kuzbass»* [The technological scheme of preparation and mining sections in the mines of JSC «SUEK-Kuzbass»] *Al'bom. Gornoe delo OOO «Kimmeriyskiy tsentr», Biblioteka gornogo inzhenera. T. 3. «Podzemnye gornye raboty». Kn. 12* [Album. Mining OOO «Cimmerian Cente». Library of mining engineer. Vol. 3. «Underground mining». Book 12]. Moscow. Vol. 3. 256 p.
6. *Akty rassledovaniya vzryvov na shakhtakh «Ul'yanovskaya» i «Yubileynaya»* [The acts of the investigation of the explosions on mines «Ulyanovsk» and «Jubileynaya»].
7. *Prikaz Federal'noy sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru ot 22 dekabrya 2011 g. No. 735 «Ob utverzhdenii Tekhnologicheskikh skhem mnogoshtrkovoy podgotovki vyemochnykh stolbov dlya otrabotki vysokogazonosnykh i samovozgorayushchikhsya pologikh ugol'nykh plastov, obespechivayushchikh vysokoproizvoditel'nyuyu i bezopasnuyu rabotu kompleksno-mekhanizirovannykh zaboev»* [The Order of the Federal service for ecological, technological and nuclear supervision, dated 22 December 2011 No. 735 «On approval of the Technological multi-drift preparation schemes of the poles for testing highly developed flammable and shallow coal seams that ensure high performance and safe operation of fully mechanized faces»].
8. *Instruktsiya po preduprezhdeniyu i tusheniyu endogennykh pozharov v shakhtakh Kuzbassa* [Manual on the prevention and suppression of endogenous fires in coal mines of Kuzbass]. Kemerovo, 1983. 77 p.
9. Skritsky V.A. (2009) *Rol' gornogo davleniya v vozniknovenii endogennykh pozharov v ugol'nykh shakhtakh* [The Role of rock pressure occurrence of endogenous fires in coal mines] *Materialy nauchn. kongressa (15–17.10.2009 g.). «Sovershenstvovanie sistemy upravleniya, predotvrashcheniya i dempfirovaniya posledstviy chrezvychnykh situatsiy regionov i problemy bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti naseleniya»* [Materials science. Congress (15–17.10.2009 g.) «Improvement of the management system, prevention and damping of consequences of emergency situations of the regions and the problems of life safety of the population». SSGA] Novosibirsk. Pp. 162–164.
10. Popov V.B. (2002) *Novye predstavleniya o prirode nachal'nogo teplovogo impul'sa pri vozniknovenii ochagov samovozgoraniya uglya v shakhtakh. Pod. red. V.B. Popov, V.A. Skritskiy, V.I. Khramtsov, S.V. Obidov* [New ideas about the nature of the initial heat pulse at the appearance of coal self-ignition spots in mines. Ed. V.B. Popov, V.A. Skritsky, I.V. Khramtsov, S.V. Obydov] *Bezopasnost' truda v promyshlennosti* [Labour Safety in industry]. No. 3, pp. 36–38.
11. Oparin V.N. (2010) *O zonal'no-dezintegratsionnykh protsessakh v ugleporodnykh massivakh i probleme izolyatsii vyrabotannogo prostranstva ot postupleniya vozdukha. Pod. red. V.N. Oparin, V.A. Skritskiy* [On zonal-disintegration processes in coal massifs and the problem of isolation of mined spaces from air flow. Ed. V.N. Oparin, V.A. Skritsky] *V sb. trudov konferentsii (28.06–2.07.2010 g.). «Fundamental'nye problemy formirovaniya tekhnogennoy sredy». Tom II «Geotekhnologiya». IGD SO RAN* [Papers of the Conference (28.06–2.07.2010) «Fundamental problems of technogenic environment formation» Vol. 2. «Geotechnology» IGD SB RAS]. Novosibirsk. Vol. II. 2010, pp. 19–23.
12. Skritsky V.A. (2008) *Vzryvy metana v shakhtakh: tragediya na «Ul'yanovskoy»* *Pod. red. V.A. Skritskiy* [Explosions of methane in mines: the tragedy on «Ulyanovsk» Mine. Ed. Skritsky V.A.] *Gornaya promyshlennost'* [Mining engineering]. No. 3, pp. 63–67.