

О ПРЕДУПРЕЖДЕНИИ АВАРИЙ, СВЯЗАННЫХ СО ВЗРЫВАМИ МЕТАНА В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

С.П. Минеев, Институт геотехнической механики им. Н.С.Полякова НАН Украины

Рассмотрены основные вопросы предупреждения шахтных аварий, которые связаны со взрывами метановоздушных смесей при ведении горных работ. Рассмотрена сущность вопроса повышенной взрыво-, газо- и пылеопасности при ведении горных работ в условиях шахт. Проведен анализ взрывоаварийности на шахтах и рассмотрены основных причины, приводящие к взрывам в угольных шахтах.

Общие сведения. Сущность вопроса повышенной взрыво-, газо- и пылеопасности при ведении горных работ в условиях шахт. Считается, что взрывы метана и угольной пыли являются одной из самых опасных подземных аварий. Застигнутые аварией в шахте люди подвергаются угрозе поражения взрывной волной и отравления ядовитыми продуктами взрыва, возможны также тяжелые последствия от недостатка в воздухе кислорода.

На угольных шахтах СНГ, в основном России, Украины и Казахстана ежегодно происходят десятки вспышек и взрывов метана. Наибольший резонанс в обществе вызывают взрывы метана с последующим подключением к ним угольной пыли и последующего возгорания пожара. Они, как правило, приводят к более катастрофическим последствиям для шахтеров и вызывают серьезные, а иногда и невосстановимые разрушения на предприятиях. К таким авариям можно отнести аварии, произошедшие на шахтах Украины: им. К. Маркса (г. Енакиево), им. А.Ф.Засядько (г. Донецк), «Суходольская- Восточная» (г. Краснодар), «Краснолиманская», «ШУ Покровское» (г. Покровск) и другие. Не менее серьезные аварии, связанные со взрывами метана или метана и угольной пыли, происходят на шахтах России, Казахстана и других угледобывающих стран. Известны случаи, когда авария распространяется до поверхности с разрушением надшахтного здания, например авария на шахте им. К. Маркса (г. Енакиево). Социальное звучание каждой отдельной катастрофы достигает весьма значительных масштабов.

Естественно, слушая сообщения о взрывах и погибших у людей возникает вопрос: почему? У специалистов же возникает и другой вопрос: а что необходимо сделать, предпринимать, что рекомендовать по предупреждению подобной аварии, или же может просто опустить руки – мол, это «Шубин», т.е. это просто наша расплата за нарушение целостности углеродсодержащих недр [1, 2]. Данная проблема не нова, ею занимались многие десятки высококлассных специалистов и ученых, предложено много достаточно эффективных мер по предотвращению подобных аварий [1- 18 и др.]. Однако окончательного решения этой проблемы нет и самое обидное, что его не видно. Поскольку до конца не изучен механизм метановыделения в выработки, его статический и импульсный характер, всевозможные причины появления источника воспламенения, да и всевозможных вариантов и параметров угленосного массива существенно влияющих на эти факторы в различных горно-геологических условиях угольного предприятия. Поэтому каждое новое расследование и рассмотрение данной проблемы или ее анализ, по моему мнению, серьезно приближает нас к ее возможному решению. Поэтому автор данной статьи и попробывал провести свой анализ проблемы с учетом известных ему выполненных ранее результатов.

Общеизвестно, что наиболее эффективным средством борьбы с загазированием горных выработок метаном является вентиляция. Воздуха в шахту должно подаваться столько, чтобы содержание метана в атмосфере выработок не превышало установленной Правилами безопасности норм.

Однако, на большинстве шахт, одной вентиляцией не возможно обеспечить безопасную и высокопроизводительную выемку угля. Для таких условий применяется дегазация и другие меры. Кроме того, необходимо учитывать, что при высоких скоростях выемки угольных столбов нередко образуются неожиданные местные и слоевые скопления метана опасной концентрации, за счет суффлярных выделений, обрушений основной пород кровли и других загазирования импульсного и статического характера.

Взрывоаварийность на шахтах. Рассмотрение характерных примеров последнего времени. Анализ основных причин, приведших к взрыву в шахте.

Рассматривая проблему взрывоаварийности, многие специалисты шутят: «Если есть метан – искра всегда найдется». Однако на самом деле, все несколько сложнее, причин и факторов, оказывающих влияние на скопление – статические и импульсные загазирования и взрывы метана – несколько десятков. Это и главные, и сопутствующие, косвенные, и прочие. Рассмотрим эти основные причины и факторы.

1. Нарушение режима проветривания из-за перераспределения воздуха между выработками. В одном случае это происходит за счет очередной сбойки двух или более подготовительных или выемочных выработок и отсутствия контрольного замера специалистами участка ВТБ за количественными изменениями подачи воздуха по забоям и выработкам, *в первую очередь*, наиболее удаленных от главных вентиляторов и трудно проветриваемых; *в других* – вследствие нарушения целостности вентиляционных сооружений при выполнении ремонтных, монтажных и других работ, *в-третьих*, это открытие вентиляционных дверей и перемычек (преднамеренное, вынужденное, непреднамеренное) рабочими при передвижении и транспортировке грузов. В настоящее время на угольных шахтах нет профессии дверовых, основные вентиляционные двери в околоствольных и главных выработках автоматизированы или имеют дистанционное управление с блокировкой для шлюзования. К сожалению, участковые вентиляционные двери не обслуживаются, многие не имеют дистанционного контроля их положения и блокировки при шлюзовании. Нередко данная причина может стать основным фактором, приводящим к загазированию выработок и, как следствие, к реализации аварии. В некоторых случаях установленные воздухоперераспределяющие перемычки, которые периодически то открывается, то закрывается, т.е. депрессия периодически изменяется, что является самым плохим фактором для устойчивости проветривания. Тоже самое имеет место при запуске новых лав – практически всегда возникают новые воздушные потоки, существенно изменяющие депрессию, это в результате приводит к тому, что воздух нередко стремится идти по одному из новых потоков.

При этом, как правило, расчет устойчивости проветривания не выполняется или выполняется с некоторой задержкой. Здесь, следует отметить об аварии, произошедшей на шахте «Степова» ГП «Львовуголь». Одной из основных причин этой аварии на шахте «Степова», произошедшей 02.03.2017 года было как раз не управляемость перераспределением воздуха между выработками. Причем, этот взрыв и последующее горение метано-воздушной смеси произошло при не работающем очистном забое.

По указанным причинам проветривание часто является не полностью управляемым, поэтому неплохо, когда на шахте имеется значительный резерв воздуха, за счет которого частично покрываются такие потери. Тем не менее, необходимо также отметить, что низкая скорость движения воздуха приводит к недостаточной турбулентности воздушной струи, что способствует образованию слоевых скоплений метана повышенной концентрации, загазированию куполов, «кутков» и других участков. Согласно выполненным исследованиям, около половины вспышек и взрывов метана в подготовительных выработках прямо или косвенно связано с наличием слоевых скоплений метана. Из-за недостаточной скорости струи воздуха возникают скопления метана высокой концентрации в местах воздействия исполнительных органов проходческих и добычных комбайнов на угольный массив. Такие ситуации нередко приводят к авариям, например вспышки и загорания метана, имевшие место на ряде шахт Украины.

2. Изменения режима работы добычных машин и организации работ в сторону ускорения, непринятие при этом соответствующих мер по увеличению подаваемого в забой воздуха. На высокопроизводительных угольных шахтах такая причина, является достаточно распространенной для возможных загазирования и аварийности. Так, например, на шахтах можно встретить документацию, в которой расчет количества воздуха, необходимого для проветривания очистного забоя, выполнен, исходя из средней нагрузки 1000 т/сут, а в конце или в середине месяца очистной забой 2-3 дня работает с интенсивностью 2000-3000 т/сут. Аналогичное несоответствие расчетных данных по проветриванию, фактическому режиму работы имеет место также и при скоростном проведении горных

выработок проходческими комбайнами. При этом техслужба участков и шахты довольно часто не выполняет перерасчет количества воздуха, необходимого для соблюдения требований Правил безопасности, а также и не увеличивают частоту уборки и увлажнения угольной пыли. К этой категории можно отнести взрывы метана и пыли на шахтах «Распадская», «Молодогвардейская» в России [4, 5] им.Засядько и на других.

3. Изменения горно-геологических условий. При вскрытии забоем выработки геологического нарушения, зоны разгрузки пласта, ПГД, устьев дегазационных, разведочных и других технических скважин без принятия соответствующих мер по улучшению проветривания достаточно часто имеют место загазирования, причем нередко импульсного характера. Следует подчеркнуть, что изменение среды в горно-геологических нарушениях бывает не очень ярко выражено – в виде перемятого угля, появления пликативного нарушения и пр. При этом участок продолжает по инерции, выполнять необходимый цикл работ в забое по установившемуся ранее режиму и параметрам. Аналогичную позицию по отношению к параметрам и организации работ во многих случаях занимает руководство участка. Хотя Природа как бы предупреждает людей, работающих в забое, прямыми или косвенными признаками об изменении горно-геологических условий и, соответственно, приближающейся возможной опасности. К таким признакам относятся изменение структуры и кливажа угля, крепости и устойчивости вмещающих пород, цвета угля, «потение» забоя и бортов выработки, увеличение притока воды, горного давления на крепь, потрескивание и шелушение забоя на пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа, и др. Главное для руководителей и рабочих: *во-первых*, своевременно уловить эти предупреждения природы, порой даже по неярко выраженным проявлениям, *во-вторых*, расшифровать их, а при необходимости пригласить геолога, маркшейдера, выполнить исследования и замеры, произвести бурение разведочных скважин, *в-третьих*, на основании имеющейся информации, опыта и даже интуиции сделать прогноз условий впереди забоя; *в-четвертых*, в соответствии с прогнозом внести соответствующую коррекцию в параметры технологии, организации работ в забое и меры по безопасности труда.

Необходимо отметить, что даже достаточно опытные руководители не редко забывают, что проведение почти любой выработки – это всегда в определенной степени разведка пласта и вмещающих пород, так как более половины всех мелких геологических нарушений являются непрогнозируемыми и, к сожалению, вскрываются только при проходке выработок. Наблюдения и контроль за структурой и поведением пласта нужны не только геологу и маркшейдеру для нанесения на планы горных работ, а в первую очередь тем, кто работает в забое для повышения своей же безопасности.

В этом ключе особенно необходимо учитывать начало отработки лавы, перед тем, как начинается первая посадка непосредственной и основной кровли при отходе забоя от монтажного ходка. Причем, такое ежесменное внимание к поведению лавы, должно быть сосредоточенно к ней, особенно до перехода лавою так называемого «квадрата аэрогазовой опасности», т.е. до отхода лавы от монтажного ходка на величину более ее ширины. На большинстве новых лав, конечно, в зависимости от горно-геологических условий, свойств угля и вмещающих пород, их газонасыщенности и прочих параметров, метановыделение имеет свой максимум в этой зоне «квадрата» и нередко при этом проявляется в виде импульсного выделения метана. Еще большую опасность при ведении горных работ представляют лавы, когда монтажный ходок сооружен вблизи геологического нарушения.

Прогнозирование горно-геологических условий, возможных осложнений и принятия без перестраховки соответствующих мер по безопасности можно, без преувеличения, отнести к элементам горного искусства, которым должны владеть все высшие специалисты, осуществляющие надзор и контроль за ведением горных работ на шахтах. На самом деле в результате неудовлетворительного прогноза геологических нарушений и имели место загазирования на многих шахтах, причем нередко, что более опасно, загазирования импульсного характера, приведшие к авариям на шахтах «Золотое» ГП «Первомайскуголь» (24.09.93 г.), им.С.М. Кирова ГП «Макеевуголь» (7.05.01г.), «Суходольская-Восточная» (29.07.2011г.), «Краснолиманская» (26-27.10.2015г.) и других [15].

4. Неудовлетворительное управление кровлей и проведение неплановых часто ненужных выработок с последующей их изоляцией без погашения. В этом случае скопление метана происходит в выработанном, но не обрушившемся пространстве очистных забоев. На некоторых шахтах недооценивают скрытые, неконтролируемые скопления метана в куполах, завалах за механизированной крепью лавы, в изолированной, но не погашенной выработке, на основании того, что метан практически всегда есть в выработанном пространстве. Нельзя считать изоляцией тесовую или органную переемычку, например, в тупиковой части вентиляционного или конвейерного штреков лавы, и, тем более, профилактической мерой против попадания метана в действующие выработки участка. Не учет при ведении горных работ наличия старых «давно забытых» выработок также может привести к серьезным проблемам, особенно их расположении их вблизи газоносного слоя пород или пласта (пропластка), которые образуют разупрочненные газонасыщенные зоны в массиве. При расположении таких выработок и, следовательно, таких зон несколько выше рассматриваемого нами очистного забоя, могут дать обрушение пород кровли в наш очистной забой и, соответственно, загазировать его. Кроме того, такие обрушения, могут стать еще более опасными, если, например, вышележащий пласт или пропласток находится на стадии самовозгорания или тления. Тогда все произойдет по известному всем сценарию.

Неудовлетворительная изоляция выработанного пространства, наличие пустот, больших утечек воздуха, особенно в зонах геологических нарушений и на начальной стадии отработки лавы, неоднократно являлись причинами самовозгорания угля и последующих взрывов метана с приостановкой горных работ на длительное время в целом по шахте. Такие аварии, в том числе с человеческими жертвами, имели место на многих шахтах.

5. Нарушение проветривания тупиковых забоев в результате остановки вентилятора местного проветривания, разрыва вентиляционных труб, пережатия и несвоевременного их наращивания в призабойном пространстве. Особое внимание при этом необходимо уделять низким скоростям движения воздуха по выработкам. Так, в результате недостаточной турбулентности воздушной струи образуются местные и слоевые скопления метана высокой концентрации, загазирование куполов, «кутков», тупиков и других слабо обдуваемых участков выработок (забоев). Согласно исследованиям, около половины вспышек и взрывов метана в подготовительных выработках прямо или косвенно связано с наличием местных и слоевых скоплений метана. Нередко из-за недостаточного проветривания (скорости струи воздуха) и отсутствия дегазации, а также при отсутствии орошения рабочего органа комбайна, возникает скопления метана высокой концентрации и в местах воздействия исполнительного органа проходческих и добычных комбайнов на угольный массив, происходят искрения, которые в некоторых случаях приводящие к взрывам метана.

6. Внезапные выбросы угля и газа, суфлярные и импульсные выделения метана. На шахтах Донецкого, Кузнецкого и других бассейнов аналогичные загазирования выработок участка, крыла, горизонта неоднократно происходили при вскрытии пластов квершлагами, сотрясательном взрывании, когда все люди из шахты должны быть выведены и электроэнергия отключена. Из практики известны случаи взрывов метана во время или после внезапных выбросов, в том числе спровоцированных выбросов. Газодинамические явления могут привести к загазированиям, последующим взрывам метана и что еще хуже – к взрывам пыли. Так, например на шахте «Суходольская- Восточная» в выработке проводимой взрывными работами в режиме сотрясательного взрывания произошел небольшой выброс, который сбил рукав вентиляционной трубы. После проветривания, люди, как обычно, пошли на осмотр забоя, увидев сбитую трубу восстановили ее, за счет которой затем была выдута незначительную часть метана из забоя. В это время электрослесарь начал ремонтировать пускатель, зона проветриваемого метана подошла к пускателю, слесарь все скрутил и как делал наверняка ранее десятки раз по телефону попросил быстренько проверить (зачем заранее мучаться и прикручивать крышку), что было исполнено, произошла вспышка метана, поднялась пыль и взорвалась - в результате все кто находился до ствола (более 1 км.), а это более двух десятков человек, погибли. И если анализировать подобную аварию, то с первого взгляда – все как всегда – классическое случайное стечение обстоятельств. А

на самом деле – среди погибших более половины были люди с высшим образованием, которые знали Правила безопасности. В забой пошли люди, которые на месте уже знали, что будут из забоя выдувать газ, что электрослесарь должен ремонтировать электропускатель, причем вместе со слесарем был еще и механик и т.д. Т.е. в результате, ряда наших авось пронесет, опять привели к серьезной аварии.

7. Неправильное разгазирование ранее заперемыченных выработок при изоляции пожара или взрывоопасного участка в результате быстрого вытеснения из него метана высокой концентрации в выработки.

При изоляции аварийного участка контроль его состояния осуществляется по концентрации индикаторных газов в выработанном пространстве и температуре, оцениваемой по непредельным углеводородам. По составу рудничного газа оценивают, что в изолированном пространстве процесс горения прекратился. Содержание оксида углерода в рудничной атмосфере изолированного пространства стабильно в течение 1- 2 месяцев ниже допустимой нормы и фоновых значений. На основании изложенного принимается решение, что пожар может быть переведен в категорию потушенных и подлежит списанию с последующим выполнением работ по восстановлению нормального режима проветривания аварийного участка. Понятно, что перевод пожара в категорию потушенных, его списание, и вскрытие изолированного пространства производится в соответствии с требованиями «Правил безопасности в угольных шахтах».

Однако, в реальных условиях при выполнении работ по разгазированию заперемыченных ранее участков, нередко образуются зоны скопления метана повышенной концентрации, которые двигаясь по выработкам могут встретить очаги самовозгораний, либо источники тления или не окончательно потушенного пожара. Это естественно приведет к новой вспышке и т.д. по известному сценарию, что, к сожалению, происходило на ряде шахт.

8. Плановые остановки главных и вспомогательных вентиляторов в результате ревизии, ремонта, демонтажа и переноса оборудования, реверса воздушной струи. Аварии с вентиляторами, электрооборудованием и электрическими сетями. Однако из-за изменения депрессии, перераспределения воздуха между выработками и аэродинамической связи их с отработанным пространством происходили подсосы воздуха, непригодного для дыхания, что приводит к групповым несчастным случаям. Кроме того, неудовлетворительное состояние главных вентиляторов, вентиляционной сети, из-за нарушений схем вскрытия, недостаточного сечения выработок часто приводит к громадным внешним и внутренним потерям воздуха и не позволяет увеличить количество подаваемого в шахту воздуха. Чаще всего, в этом случае, расчеты необходимого количества воздуха «правильно» подгоняются за счет различных коэффициентов к максимально возможной величине. Это относится к так называемой категории шахт с неудовлетворительным проветриванием, вследствие недостаточной производительности вентиляторов. На некоторых шахтах до их ликвидации производительность главных вентиляторов составляла, пусть 25-40 тыс.м³/мин., а подавалось в шахту 15 тыс.м³/мин, при потребности 18-20 тыс.³/мин.

9. Инженерные ошибки в расчетах, замерах воздуха, в том числе при работе главных вентиляторов в различных режимах, на максимальное развитие горных работ. Неправильно выбранные режимы проветривания при ликвидации аварий, обрушениях и завалах (наиболее часто при пожарах), в том числе согласно плана ликвидации аварий, могут привести к повторным взрывам.

10. Применение несовершенных схем вскрытия, подготовки и отработки пластов, систем разработки, приводят к образованию местных скоплений метана в «кутках» очистных забоев, нишах, тупиках у перемычек при возвратноточном проветривании. Причем эти местные скопления часто невозможно проконтролировать системой АГК. Работающие в шахте нередко пренебрегают и тем фактом, что скоплению взрывчатой концентрации метана в отдельных выработках способствует, кроме прочего, тепловая депрессия, в том числе возникающая при пожарах.

11. Неудовлетворительный контроль за проветриванием горных выработок. При оснащении шахт системой АГК, на многих шахтах существенно был сокращен штат ВТБ и

теперь даже раз в сутки не всегда обеспечивается оперативный контроль службой вентиляции и техники безопасности за концентрацией метана в выработках и местах, где нет датчиков АГК. Кроме того, следует иметь в виду, что используемые системы АГК на шахтах имеют недостатки, нередко приводящие к аварийным ситуациям, которые условно можно разбить на две группы. *Первая группа*, ошибки при разработке проекта АГК, включающие в себя: неверную расстановку датчиков и увязку их с отключаемым оборудованием, а также недостаточный учет всех горно-геологических факторов шахты при разработке проекта АГК. *Вторая группа*, это уже ошибки при эксплуатации системы АГК, т.е. получение недостоверных данных от датчиков контроля. Основные причины получения не соответствующих действительности данных от датчиков АГК в основном следующие: проблема с электропитанием; перенос датчиков; неверная настройка и расположение датчиков контроля; потеря связи с сервером; нестабильность системы проветривания; ремонтные операции с системой контроля; отсутствие датчиков скорости воздуха в местах размещения датчиков контроля метана, сбой программного обеспечения работы компьютерного комплекса, технические неисправности аппаратуры, а также ошибки, т.е. человеческий фактор.

12. Не корректно работающая газоизмерительная аппаратура. В последнее время, в силу ряда причин, некоторые элементы газоизмерительной аппаратуры не всегда таррируются и продлеваются сроки их корректной эксплуатации в установленном требованиями ПБ порядке и в необходимые сроки. Например, при работе системы УТАС, выполняющую на ряде шахт роль информационного канала или как управляющая система, не всегда осуществляется ежесменный контроль - проверку работы датчиков системы. Все это может привести к недостаточно точному измерению и далее возможных загазированиям и т.д.

13. Недостаточно правильный учет влияния БВР на азрогазовое состояние массива. На шахтах, как известно, имеет место в процессе и после выполнения взрывных работ интенсивное выделение метана из отбитой горной массы, обнаженного массива, груди забоя и боков выработки, а также взрывом нередко вскрываются суффлярные выделения газа. Как правило, в таких случаях рекомендуется через 3-5 минут после взрывных работ производить замеры концентрации метана и оценивать возможные кратковременные или длительные загазирования с помощью специальной газоизмерительной аппаратуры. При загазированиях забоя выработки и нарушении требований ПБ при взрывных работах неоднократно происходили загорания, вспышки и взрывы метана от высокотемпературных продуктов взрыва или выгорания ВВ.

При отработке выбросоопасных угольных пластов в процессе производства взрывных работ в режиме сотрясательного взрывания, довольно часто происходят различные газодинамические явления, в результате которых нередко имеют место аварии с человеческими жертвами. В некоторых случаях такие аварии являются первопричиной дальнейшего их развития в виде последующих взрывов и иногда пожаров [19, 20].

14. Недостаточное внимание уделяемое сопряжению лав с вентиляционными выработками. Проведенные газовоздушные съемки на 60 выемочных участках шахт Донбасса при прямо - и возвратноточных схемах проветривания с подсвежением исходящей струи (схемы типа 2-В и 3-В) и при возвратноточных с погашением выработок (схемы типа 1-М) показали, что абсолютная метанообильность участков изменялась от 1,5 до 35 м³/мин. Установлено, что даже при наиболее надежных схемах (с подсвежением исходящей струи со стороны целика угля) опасные местные скопления метана могут возникать у верхних бутовых полос и в вентиляционной выработке на некотором расстоянии от очистного забоя. В лаве такие скопления метана образуются, когда со стороны выработанного пространства у вентиляционной выработки устраивается плотная изоляция: бутовая полоса шириной более 5 м или с герметизирующей стенкой (покрытием). При этом, метан с утечками воздуха поступает из выработанного пространства в рабочее, образуя в нем местные слоевые скопления с взрывоопасными концентрациями. Длина таких скоплений может достигать 50 м, а толщина при концентрации метана не менее 5% в основном не превышает 20 см. Местные скопления формируются на участках выработок в 20- 100 м от лавы, где более высокое содержание метана в утечках воздуха через выработанное пространство [16].

При схемах проветривания с подсыжением исходящей струи со стороны выработанного пространства (схема типа 2-М) на сопряжении лавы с вентиляционной выработкой в лаве на протяжении 5—20 м практически всегда формируются опасные местные скопления метана за исключением участков с низкой газообильностью (до 1,5 м³/мин).

Основными условиями безопасного применения прямоточных схем проветривания выемочных участков с подсыжением исходящей струи со стороны целика угля являются: средняя скорость движения воздуха в вентиляционной выработке более 1 м/с; применение для поддержания вентиляционной выработки неплотных устройств (костров, бутокостров, бутовых полос с каналами).

Схемы проветривания выемочных участков с подсыжением исходящей струи воздуха со стороны выработанного пространства в газовых шахтах можно использовать в исключительных случаях — при газообильности выработанного пространства не более 1,5 м³/мин. При схемах проветривания с погашением вентиляционных выработок в большинстве случаев следует применять дополнительные меры борьбы с газом на сопряжении очистного забоя с вентиляционным штреком. К сожалению, на некоторых шахтах в проектах проветривания выемочных участков, схемы не проверяются по опасности образования местных скоплений метана, что приводит к повышенной опасности реализации аварии.

15. Недостаточное внимание, уделяемое устойчивости вентиляционной выработки. На самом деле, за счет потери устойчивости выработок (пучение, зажатие, обрушение пород и пр.), как правило, уменьшается их сечение, которое приводит к уменьшению количества воздуха, проходящего через них и, соответственно, очистной забой. Нередко, это приводит особенно на участке сопряжения очистного забоя с вентиляционным штреком к существенному уменьшению скорости воздуха, что способствует образованию местных и слоевых скоплений метана. Причем, необходимо отметить, что иногда даже незначительное скопление метана (объемом менее 1 м³) при возгорании и вспышке приводит к достаточно серьезным авариям. Такие аварии произошли в последнее время на шахтах «Степова» (02.03.17), «Новодонецкая» (12.06.17) и других.

16. Наверный выбор места размещения участкового электрооборудования. В некоторых случаях, на шахтах, особенно отрабатывающих пологие пласты, на вентиляционном штреке устанавливается электрооборудование, иногда в нем обустраивается и скребковый конвейер, т.е. вентштрек фактически начинает выполнять роль, как бы «конвейерного» штрека. В подобном случае исходящая струя нередко с повышенными концентрациями метана попадает на участковое электрооборудование, которое не всегда, к сожалению, имеет исключительную взрывозащиту.

17. Недостаточное внимание, уделяемое содержанию метана и индикаторных газов для дорабатываемых лав.

При ведении горных работ в высокопроизводительных лавах, особенно после длительной остановки забоя по разным причинам, например, после аварий в этой лаве или на соседних участках, фоновые концентрации индикаторных газов не всегда корректно оцениваются по длине очистного забоя и во времени. Нередко, особенно при доработке лав, начинает периодически изменяться показатели СО и другие. Эти изменения не позволяют однозначно констатировать процессы, происходящие в углепородном массиве. Это может быть горение, а может увеличение СО дать и гниение. Поэтому, в дальнейшем при доработке конкретной лавы может реализовываться как негативный, так и позитивный сценарии развития событий. Учитывая это, необходимо при доработке лавы надеясь на позитивный сценарий развития событий в лаве, быть готовым к развитию негативного сценария, т.е. начало возгорания. Для этого необходимо выполнить ряд мер по подготовке к возможной быстрой изоляции рассматриваемого участка. Т.е. необходимо подготовить и согласовать в установленном порядке техдокументацию на случай возможной реализации аварии, вести постоянный мониторинг газовой ситуации и температуры, предварительно рассчитать и подготовить опасные места в выработках (возможного установления перемычек), продумать вопросы приобретения гипса и прочих материалов.

18. Недостаточная изученность закономерностей выделения газов в горные выработки. Источниками газовой выделения в шахтах, как правило, являются вмещающие пласт породы, угольные

пласты, работающее оборудование и взрывные работы. Две последние группы источников можно рассматривать как точечные, интенсивность которых определяется преимущественно техническими параметрами и не представляет собой сложности для описания и расчета. Газоносные породы представляют собой распределенные источники с существенно изменяющейся во времени интенсивностью. Применительно к метану различают три вида выделения газа с обнаженных поверхностей: обыкновенное, суфлярное и импульсное (внезапное). Поэтому адекватное математическое описание этих процессов и установление корректных закономерностей метановыделения в выработки представляет собой весьма значительное научное и практическое значение с точки зрения повышения безопасности ведения горных работ.

Другим не менее серьезным моментом для оценки возможного метановыделения в шахте является учет влияния солнечной активности, приливных деформаций, фаз луны и других факторов космогенного характера. К сожалению, научная и производственная элита с некоторым предубеждением относится к подобным исследованиям и даже считают их как бы «антинаучными». В тоже время некоторые руководители негласно пользуются услугами различных магов и других «антинаучных» авторитетов для оценки технического состояния своего предприятия, в том числе техногенного. Если отбросить всякие предубеждения, то к настоящему времени выполнен целый комплекс исследований по возможности прогнозирования различных аэрогазовых проявлений, как динамического, так и статического характера. В частности, было изучено влияние приливных деформаций, солнечной и лунной активности на реализацию газодинамических явлений, причем авторами этих работ получена хорошая сходимости. Никто не обращает внимание на то, что на некоторых шахтах наибольшее число аварийных ситуаций происходит в определенный день недели. Поэтому, на мой взгляд, нельзя отбрасывать новые-старые гипотезы и мнения до тех пор, пока не будет установлено обратное.

19. Не достаточный учет влияния выработанного пространства на взрывоопасность в шахтах. Газовыделение из выработанных пространств имеет место в выработках, оконтуривающих зону обрушения. В выработанные пространства метан поступает из угольных пластов и пропластков, невынимаемых целиков и пачек, попадающих в зону обрушения, а также из сближенных пластов в разгруженной части массива - из подработанной и надработанной толщ пород. Фильтрация газа из выше- и нижележащих слоев осуществляется под действием разности давлений газа в невынимаемых пластах и в выработанном пространстве. Оценка интенсивности газовыделения в выработанные пространства является наиболее сложной для ее формализованного математического описания, так как процесс выделения метана в данном случае в значительной степени определяется утечками воздуха через обрушенные породы. Условия поступления метана в область фильтрационного потока утечек также достаточно сложны, и взаимодействие потока утечек с процессами десорбции метана из вмещающего массива при его разгрузке практически не изучено. Прогноз газовыделения затрудняется тем, что источники его многочисленны и различны как по интенсивности, так и по своей локализации в пространстве.

Установлено, что метановыделение из вмещающего массива в выработанные пространства тесно связано с процессами сдвижения пород в ходе очистной выемки. Наиболее интенсивно газоотдача происходит в зоне частичной разгрузки от горного давления, которая перемещается вслед за лавой. Так же перемещается и зона интенсивного проветривания обрушенных пород. Взаимоналожение этих зон приводит к определенному распределению метана в выработанном пространстве. Вблизи очистного забоя концентрации минимально низкие, по мере удаления в глубь выработанного пространства они возрастают, достигая максимума примерно на границе зоны интенсивного проветривания, и затем снижаются и стабилизируются на некотором уровне в зоне уплотнения обрушенных пород. Для ряда схем проветривания (с двусторонним примыканием выработок к выработанному пространству) положение зоны высоких концентраций зависит от интенсивности фильтрационных потоков. Тем не менее, решение таких задач может существенно повысить безопасность работ в шахтах.

20. Отсутствие в достаточной степени корректных методик и аппаратуры по оценке природной метаноносности угля и вмещающих пласты пород. Отсутствие таких методик

не позволяет оценивать фактическую опасность при различных метановыделениях и возможности последующих загазирования выработок в реальных условиях ведения горных работ. Поэтому, вполне очевидна необходимость проведения более глубоких исследований по совершенствованию методик определения метаноносности горного массива, а также приложения серьезных усилий, направленных на повышение надежности проводимых исследований и совершенствование технического оснащения лабораторий. Такой комплексный подход к более серьезному изучению газоносности, совершенствованию нормативных документов и оснащению технических лабораторий позволит более надежно оценить фактическую метаноносность конкретного забоя, чем существенно повысить безопасность работ за счет применения более эффективных рекомендаций.

Анализируя и обобщая причины скопления, загазирования, взрывов метана с позиции проветривания следует заметить, что каждая из причин имеет свои разновидности. Выделение причин и факторов скопления метана, классификация их в отдельные группы выполнены несколько условно, с тем, чтобы показать их многообразие, на конкретных примерах рассмотреть ту или иную особенность инкубационного периода скопления, загазирования и взрыва метана, обратить внимание на сочетание неблагоприятных факторов, недооценку пылегазовой обстановки в процессе работы.

Загазирования выработок, в том числе местные скопления метана чаще всего производят не по одной, а двум, трем и большему числу перечисленных выше причин. При расследовании взрывов определяется основная причина, а косвенные, но не менее существенные, упускаются. Более того, иногда причины скопления метана до взрывной концентрации не относят к разряду основных, так как все внимание при расследовании концентрируется на выявлении источника взрыва метана и угольной пыли. Это принципиально неверное направление и ошибочное мнение. Если в выработке имеется систематическое превышение концентрации метана сверх норм ПБ, источник воспламенения, как принято говорить, «всегда найдется».

Большая половина перечисленных факторов и причин являются характерными для многих шахт, примерно половина из них присуща шахтам III категории и сверхкатегорийным, опасным по выделению и взрыву метана. Практически на каждой шахте имеется тенденция к ежегодному повышению газовыделения за счет ряда факторов.

Одновременно с наличием аналогичных причин взрывов метана и катастроф есть десятки, сотни различных сочетаний и неблагоприятных стечений обстоятельств как с выделением метана, так и проветриванием. То есть каждый взрыв – это результат того, что кто-то что-то неправильно оценил, спрогнозировал, принял ошибочное решение, неправильно действовал и т.д.

Обобщения, связанные с проявлением опасности метана, и основные направления и меры по снижению взрывоопасности шахт.

Извлечение метана, дегазация угольных пластов и горного массива с поверхности в региональном масштабе месторождений для подготовки запасов угля к высокоэффективной и безопасной работе пока не всегда осуществляется. Подземный способ дегазации пластов, спутников их, горного массива применяется в недостаточных объемах, чаще всего на тех шахтах (или пластах), где средствами вентиляции невозможно снизить содержание метана в горных выработках до норм, определенных ПБ, а не как профилактическая мера, повышающая безопасность, исключая взрыв метана. Таким образом, метан, как и прежде, продолжает оставаться одним из самых опасных спутников шахтеров, особенно при проведении выработок и очистной выемки угля, создавая дополнительные трудности и экономические проблемы при разработке многих угольных месторождений. Основным направлением снижения взрывоопасности следует считать дегазацию в ее классическом виде. В связи с интенсивностью горнопроходческих и очистных работ увеличивается количество выделенного метана из горного массива и отбитой горной массы. В отдельных, проводимых по углю выработках объем его достигает 1000-3000 м³ в сутки, а в очистных забоях в среднем 20-30 м³ на 1 т суточной добычи (на отдельных шахтах 100-150 м³). Этот фактор привел к тому, что некоторые очистные и подготовительные забои работают на пределах возможности по проветриванию (наличию содержания метана на исходящих струях до 1-1,3%), что не позволяет увеличить объем добычи и проходки за сутки.

На шахтах имеются явно выраженные удлинения и усложнения вентиляционных сетей. Связано это, в основном, с прекращением проходки стволов, отставанием проходки капитальных горных выработок, вскрытием запасов на низлежащих горизонтах по временным локальным схемам. Это приводит к увеличению протяженности поддерживаемых выработок на 1000 т добычи угля, расходу электроэнергии на проветривание, росту внешних и внутренних потерь воздуха.

Сложность вентиляционных сетей, высокое сопротивление горных выработок, выборочная отработка «хлебных» пластов, проветривание требует на многих шахтах реконструкции вентиляции. Как горные выработки требуют ремонта, так и вентиляция периодически требует реконструкции и упорядочения ее основных параметров. Иногда выделение метана происходит неравномерно. Зональное, внезапное и импульсное выделение при выбросах угля и газа, приурочено к периодическому обрушению основной кровли, геологическим нарушениям, в некоторых случаях трудно прогнозируемое и предсказуемое. Всякая внезапность увеличивает вероятность аварии. Из этого следует острая необходимость повысить достоверность выполняемого анализа горных и газовых условий.

Почему же, несмотря на существующие комплексы мероприятий, происходят взрывы на шахтах?

Что лежит в основе этих аварий? И главное, что делается в направлении сближения с мировым уровнем газовой безопасности угольных шахт?

Прежде всего, при анализе, как многими отмечалось, следует исключить удобную ссылку на снижение дисциплины труда. Начавшийся несколько ранее период «анархии» в угольной промышленности можно считать давно закончившимся, но наступил другой не менее серьезный период - безденежье.

Нельзя считать воспламенение метана и чистой случайностью. Точнее другая общеизвестная позиция: «Случайность – проявившая себя закономерность». Для видения развития рассматриваемой проблемы, понимания существующих законов и правильного отношения к ней в будущем, необходимо все таки попытаться акцентировать, что же все таки такое для нас шахтный метан.

Метан – друг и враг. Содержащийся в угольных пластах метан нельзя оценивать как свободный газ, т.к. он миллионы лет сохраняет свое состояние в составе углеметанового вещества, находясь достаточно близко к дневной поверхности при вполне значимой для этого периода времени проницаемости. Всем известно, что свободного газа в угле всего не более 8-15%, а остальной газ находится в связанном состоянии, это в основном сорбированный газ, а также может иметь место при определенных условиях в разном количестве гидратный, генерируемый в угле и др. виды. Аналогичная ситуация и в окрестностях горных выработок, когда за небольшой зоной газоистощения газодинамические характеристики пласта сохраняются десятки лет. Границу этой зоны принято называть по разному, например есть термин «газовый барьер». Природа его существования в полной мере еще не изучена, хотя уже имеется ряд научнообоснованных гипотез [11, 18].

В период разработки месторождения метан способен не только интенсивно выделяться, но и формировать процесс динамического саморазрушения пласта угля и даже прочного песчаника в виде внезапного выброса с интенсивностью десятки тонн угля и сотни кубометров метана в секунду. Максимальная масса выброса до 14 000 т угля за три с половиной минуты и 350 000 кубометров метана имела место на шахте им.Ю.А. Гагарина (г. Горловка).

Рассматривая особенности возникновения, развития и затухания различных видов газопроявлений, нужно отметить принципиально важный момент. Все они приурочены к зонам влияния технологического воздействия – чем оно интенсивнее, тем динамичнее возможная реакция горного массива. В тоже время, скорости выемки угля становятся столь велики, что существующие методы и средства оценки ситуаций приводят к запаздыванию управляющих решений и, соответственно, к снижению их эффективности. Технолог и проектировщик на шахте сталкиваются с типичной ситуацией «информационного барьера», характеризующейся тем, что сложность управляемой системы, количество причинно-

следственных связей по объему информации намного превосходят возможности по ее переработке отдельным человеком или группой специалистов. Выход может быть найден только на пути использования более современных автоматизированных систем с компьютерным управлением. Однако, все известные системы, в т.ч. с компьютерным оснащением, пока ограничены информационно-контролирующими функциями.

Из опыта известно, что любое сооружение и предприятие имеют вполне определенный срок эффективной эксплуатации. Однако он, по известным экономическим причинам, не всегда выполняются, и, как следствие, снижаются требования к правилам безопасности. Статистика показывает, что в среднем система газового контроля шахт, как минимум, раз в сутки сигнализирует о неблагополучном состоянии технологий подземной разработки. Считается, что до двух процентов загазований перерастают в горение, вспышки и взрывы метановоздушной смеси.

«Человеческий фактор» является достаточно распространенной причиной наиболее серьезных аварий на шахтах. Как правило, такие аварии произошли на шахтах, оснащенных современной высокопроизводительной угледобывающей техникой.

Почему? Например, каждый горный мастер в СССР перед сменой заполнял путевку, на которой типографским способом было поперек путевки напечатано: «Безопасность труда – прежде всего». Ответ может быть один: законов много, все они суровые, но мы умеем их обходить и договариваться. Рабочий, видя, что процесс добычи ведет к росту концентрации метана, не прекращает работу. Технический надзор не видит в этом непрофессионализма. Хотя, нередко и сам этот технадзор пропускает опасные и вполне заранее известные ему зоны возможного загазования при ведении выемочных работ. Вышестоящий состав относится с некоторым «пониманием» к объективности ситуации - нельзя останавливать забой, а тем более шахту – жить будет не на что! И это тоже, к сожалению, верно.

С одной стороны, достаточно часто, искрой для взрыва или вспышки является наплевательское отношение к требованиям ПБ; к примеру, электрослесарь рассуждает примерно так: если я буду выполнять работу со всеми правилами, то я могу не выполнить наряд и опоздать на клеть, или уходить из забоя позже проходческой или добычной бригады, а может, и бежать к стволу, чтобы опять же успеть. Конечно, он сделает все не по правилам, так, как он или его коллеги делали, может, десятки и сотни раз. Например, проверить электросоединение, не закрутив все болты крышки пускателя, или чего другого. И тут на беду в этот момент почему-то образовалась повышенная концентрация метана. Случайное импульсное его выделение, частичная или полная посадка кровли, интенсивный перевод сорбированного газа в свободный – и можно перечислить еще много разных причин. Так вот, примерно такие сценарии рассматривались экспертными комиссиями неоднократно. Примерно так произошли аварии на «Суходольской- Восточной», «Краснолимаской» и во многих других случаях.

К сожалению, техническим руководством служб безопасности, не в достаточной степени используются сформулированные рядом ученых основы деятельности человека в экстремальных условиях. В отрасли серьезно не учитывается неравномерность возрастного развития работника, выражающаяся в том, что отдельные психические функции и их личностные качества имеют определенную траекторию изменения во времени как по простому так и достаточно сложному закону. Поэтому необходимо учитывать, что в сложных условиях величина отклонения от среднего значения психического состояния работника специфична для различных шахтерских профессий.

Подводя итог, хочется пожелать всем нам – от рабочего и ученого до руководителя и собственника шахт – прийти к пониманию материальной оправданности высокопрофессиональной работы, неизбежности изменения в ней личного, а не коллективного материального уровня при ошибочных решениях по безопасности на всех стадиях производства. Тогда, возможно, подобные вопросы будут не так актуальны.

С другой стороны, в последнее время, принято считать, что практически все аварии, связанными со взрывами метана и угольной пыли происходят в основном из-за грубых нарушений Правил безопасности, т.е. человеческого фактора. К сожалению, так проще

расследовать аварию, проще найти причину и виновника, которого накажут в последствии. Хотя все мы понимаем, что в результате извлечения из недр огромных объемов угля происходит существенное сдвигание подработанного и надработанного горного массива, что не может, при определенных горно-геологических условиях, не сопровождаться непрогнозируемыми естественными природными явлениями, в том числе и ранее неизвестными.

Список литературы:

1. Минеев, С.П. Враг или друг, шахтный метан, мы решаем сами // С.П. Минеев /Охрана труда, 2017, № 7. – С. 17-21.
2. Минеев, С.П. Способы прогноза и борьбы с газодинамическими явлениями на шахтах Украины / С.П. Минеев. – Мариуполь: Восточный издательский дом, 2016.- 286 с.
3. Бабокин И.А. Профилактика и ликвидация аварий в угольных шахтах /И.А.Бабокин. – Уголь, 1996, № 9.- С. 53-55.
4. Опарин, В.Н. Аналитический обзор взрывов метана в шахтах Кузбасса / В.Н. Опарин, Скрицкий В.А. – Уголь, 2012, №2. – С.29-32.
5. Костарев, А.П. О предупреждении взрывов метана и пыли и снижении взрывоопасности шахт / А. П. Костарев // Уголь. - 2002. - № 1. - С. 57-62.
6. Сластунов, С.В. Обоснование выбора и эффективная реализация способов дегазации при интенсивной отработке газоносных угольных пластов – ключевой вопрос обеспечения метанобезопасности угольных шахт / С.В. Сластунов, Г.П. Ермак. – Уголь, 2013, №1. – С. 21-24.
7. Носенко, В.Д. Как ликвидировать взрывы метана на шахтах / В.Д. Носенко, Ю.Л. Худин. – Уголь, 2012, №2. – С. 33- 36.
8. Рубан, А.Д. Подготовка и разработка высокогазоносных угольных пластов: Справочное пособие / А.Д. Рубан, В.Б. Артемьев, В.С. Забурдяев, В.Н. Захаров и др. – М.: Горная книга, 2010. – 500 с.
9. Колесниченко, Е.А. Причины и возможные методы предотвращения взрывов метана и пожаров в шахтах России // Е.А. Колесниченко, И.Е. Колесниченко // Горная промышленность, 2004, №1.
10. Булат, А.Ф. Управление аэрологическими и геомеханическими процессами в угольных шахтах // А.Ф.Булат, К.К. Софийский, Б.В. Бокий, А.В. Шейко и др. – Мариуполь: Східний видавничий дім, 2016. -300 с.
11. Минеев, С.П. Горные работы в сложных условиях на выбросоопасных пластах / С.П. Минеев, А.А. Рубинский, О.П. Витушко, А.Г. Радченко. – Донецк: Східний видавничий дім, 2010.- 604 с.
12. Мясников, А.А. Предупреждение взрывов газа и пыли в угольных шахтах / А.А. Мясников, С.П. Старков, В.И. Чикунов. - М.: Недра, 1985. – 205 с.
13. КД 12.01.401-96 Эндогенные пожары на угольных шахтах Донбасса. Предупреждение и тушение. Инструкция. Издание официальное. / П.С. Пашковский, В.К. Костенко, В.П. Заславский, А.Т. Хорольский, А.Г. Заболотный и др. – Донецк: НИИГД, 1997.- 68 с.
14. Брюханов, А.М. Расследование и предотвращение аварий на угольных шахтах /А.М. Брюханов, В.И. Бережинский, К.К. Бусыгин, В.П. Колосюк, В.П. Коптиков, А.Г. Мнухин, Ю.Т. Хорунжий. – Донецк: Изд. НОРД-ПРЕСС, 2004. Часть 1.- С. 548.
15. Минеев, С.П. Оценка импульсного метановыделения в зонах геологических нарушений при обрушении кровли / С.П. Минеев, В.Н. Кочерга, А.С. Янжула. - Уголь Украины, 2016, №1.- С. 11- 18.
16. Агафонов, А.В. Условия образования метана на сопряжениях лав с вентиляционными выработками // А.В. Агафонов, А.И. Бобров, Е.П. Захаров, И.Н. Попов. – Уголь Украины, 2004, № 7. – С. 30- 31.
17. Ун, Л. О результатах расследования аварий на шахтах Кузбасса, отрабатывающих склонные к самовозгоранию пласты / Л.Х.Ун, П.А. Шлапоков, А.И. Кравченко, А.В. Лебедев. – Весник научно-технический журнал, 2013, №2. – С. 20- 25.
18. Минеев, С.П. Активация десорбции метана в угольных пластах / С.П. Минеев, А.А. Прусова, М.Г. Корнилов. – Днепропетровск: Вебер, 2007. – 250 с.
19. Mineev, S. Application of shock blasting mode in mine roadway construction / S. Mineev, O. Yanzhula, O. Yulai, O. Miniev, V.Zabolotnirova //Journal «Mining of Mineral Deposits», National mining university, 2016, volume 10, issue 2, pp. 91-96.
20. Мінеєв, С.П. Використання режиму струсного підривання при проведенні виробок / С.П. Мінеєв, А.С. Янжула, М.А. Кишкань, О.С. Мінеєв. //Межвед. сб. науч. тр. «Геотехническая механика», Днепропетровск, 2016, Вып. 129 . – С. 173-180.