

УДК 622.831.322.

Т.К. Артеменко (ДГУ)

О ВЫБРОСАХ УГЛЯ, ПОРОДЫ, СОЛИ, ГАЗА В ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТКАХ

У роботі розглянутий стан питання про викиди вугілля, породи, солі в гірських виробках. Запропоновано нову модель викидів із використанням закону Б. Паскаля, а слідства з цього закону використані для пояснення пошарової об'ємної руйнації вугілля, порід, солі через ріст тиску і кавітації води в порах масиву при скресанні виробітками. Дається оцінка концепції боротьби з викидами як невиправдовуючої себе на практиці.

ABOUT COAL OUTBURSTS, ROCK, SALT, GAS IN UNDERGROUND WORKINGS

In activity the condition of a problem about coal outbursts, rock, salt in mine workings is considered. The new model of lets with usage of the law is offered. A Pascal and the corollaries from this law utilised for explanation of volumetric level-by-level destruction of coal, rocks, salt because of pressure boost and cavitation of water in pores of the array at dissecting by developments. An estimation of the concept of scrambling with lets as not justifying itself in practice is given.

Вопросы внезапных выбросов угля, породы, соли, газа в горные выработки имеют одно из актуальных значений, они связаны с безопасностью ведения подземных работ.

Первые упоминания о внезапных выбросах относятся к 1834 году во Франции и Бельгии. С ростом глубин добычи угля, внезапные выбросы возросли. В Донбассе первый выброс угля произошел в 1906 г на шахте «Новая Смолянка» на горизонте 723 м. Позже, число выбросов возросло и в конце 19 века в одном только бассейне Южной Франции превысило 2000. Они стали известны в Рурском бассейне, Нижней Силезии, Германии, Англии (Южный Уэльс), Венгрии, Канаде и др. странах. В 30-х годах 19 столетия в Бельгии произошел выброс 420 т угля, около 2000 м³ метана, что привело к гибели 121 шахтера. В Британской Колумбии внезапно выброшено 3500 т угля и 700000 м³ метана [1].

На Донбассе в 1917 году описаны внезапные выбросы угля, а начиная с 1921 года созданы органы Горного надзора. В 1925 году созван съезд по безопасности горных работ.

После 1946 года было проведено Всесоюзное совещание по выбросам, где академик А. А. Скочинский дал определение внезапным выбросам угля и газа как «лавинообразное нарастающее смещение угля под действием горного давления и заключенного в угле газа с отбросом угля и тонким его измельчением, необычно значительным выделением газа в короткое время и образованием характерной полости в пласте».

Образование угля и накопление метана происходило в течение сотен миллионов лет из растительных и органических остатков в сопровождении и при участии воды (водных растворов электролитов) при высоких колебаниях давления и температуры. Физические и структурные особенности углей и пород во многом унаследовали свойства воды и ее молекул с аномальными водородными связями (ВС). В процессе метаморфизма, в соответствии с термодинамическими условиями, произошла литификация углей. Последние приобрели высокую пористость (от 10^{-10} до 10^{-4} м) и сорбционную способность удерживать энергетически на поверхности частиц, стенках пор и трещин за счет ВС молекулы воды и метана. Этому способствовала большая удельная поверхность (в 1 м^2 на 1 грамм угля), в среднем $200 \text{ м}^2/\text{г}$ или, другими словами, 1 м^3 угля может сорбционно удерживать более 54 м^3 метана, что эквивалентно 55-60 литрам высокооктанового бензина.

Сорбционно удерживаемая вода и метан представлены в твердом (ледоподобном), жидком и газообразном состояниях в зависимости от удерживающих энергобарьеров. Вода является хорошим растворителем газов. Согласно закону В. Генри растворимость газов прямо пропорциональна росту давления. Так что в естественных условиях с глубиной давление в воде нарастает, и это способствует накоплению и растворению в воде не только метана, но и других газов. Уголь и породы оказываются буквально пропитанными водой и газами, заключенными в пленках между частицами на стенках пор и трещин. Образующиеся сорбционно монослои воды на поверхности частиц, стенках пор и трещин удерживаются с различными энергобарьерами, которые соответственно устанавливаются, отвечая величинам внешних нагрузок от вышележащих слоев – толщ грунтов и пород. Внешнюю нагрузку воспринимает не твердая фаза (уголь-порода), а вода с газами в пленках.

Особенно это проявляется при достижении подобными аморфными системами равновесных состояний, т.е. когда все активные центры, способные через ВС, удерживать молекулы воды и газа находятся в скомпенсированном состоянии. Силы, удерживающие первые монослои молекул воды и газа поверхностью частиц, составляют несколько десятков тысяч атмосфер (37-50 тыс. атм.). В последующих монослоях давление постепенно от слоя к слою уменьшается до давления внешней нагрузки на рассматриваемой глубине. Получается вроде слоеного пирога из монослоев воды с газом с различными энергетическими потенциалами. В результате действия электростатических сорбционных сил молекулы воды и газа подвержены огромному сжатию, при этом возникает тепловой эффект в виде теплоты сорбционного смачивания-набухания.

Так при поглощении 1 грамма воды выделяется 340 Дж тепла, такое же количество тепла надо затратить, чтобы подсушить 1 грамм воды. Между величинами теплоты смачивания-набухания и величинами давлений в монослоях воды с газами существует параллелизм [2].

Глинисты грунты при увлажнении до равновесных состояний приобретают обратимые коагуляционные связи через ВС, уголь, породы имеют конденсационно-кристаллизационные структурные связи из комплексных соединений кристаллогидратов основанных также на ВС, но с более высокими энергобарьерами разрушаются необратимо, превращаясь на поверхности в склоновый глинистый делювий, а в выработках при пучении – в глинистый делювий.

По своим физическим свойствам и строению структуры глинистые грунты и породы образовались в воде и стоят ближе к жидкостям, чем к твердым телам. Это дает основание использовать закон Б. Паскаля для определения давления в глинистых грунтах и породах с глубиной, а следствием из него объяснить их разрушение под действием воды и газов в пленках между частицами в породах и трещинах угля, породы и соли [3].

В 1961 году В. В. Ходотом была предложена энергетическая теория выбросов [4], которая основывалась на нарушении трех равновесий: энергетического, кинематического и силового. Данная энергетическая теория была положена в основу различных методов прогноза выбросоопасной обстановки.

Позже была предложена теория волны дробления С. А. Христиановичем, развитая И. М. Петуховым и А. М. Линьковым [5], которая заключается в многократном повторении обнажения поверхности при выбросе в процессе послойного отделения в глубь пласта через фронт дробления, в направлении пройденной выработки. В. И. Николин представил лавинообразное разрушение пласта угля в направлении выработки ограниченного объема, начиная с призабойной части, вызвавшее перераспределение напряжений до величины, при которой прекращается разрушение из-за образовавшейся породной пылевой массы от выброса.

Украинскими учеными Ф.А. Абрамовым, А.Н. Зориным, В.Е. Забигаило, В.Г. Колесниковым, А.Н. Гузем, А.С. Цирульниковым, А.Д. Алексеевым и др. предложено оценивать устойчивость как отношение несущей способности массива к действующему напряженному состоянию [7].

Все вышеизложенные теории газодинамических явлений исходили в основном из механики сплошных сред, что позволило разработать некоторый комплекс мероприятий «безопасной» разработки опасных по выбросам угольных пластов. Последние включают применение технологических мероприятий и технических средств, предотвращающих внезапные выбросы, а также прогноз выбросоопасности. Они состоят из: опережающей обработки пластов, дегазации, увлажнения угольных пластов, но практика показала, что этого недостаточно.

В призабойной части угольного массива для безопасного состояния локально применяют низконапорное увлажнение, гидрорыхление, гидротожим пласта, гидровывывание опережающих полостей, бурение опережающих скважин,

торпедирование («сотрясательными взрывами») и устройством разгрузочных пазов и щелей в выработках.

Прогноз газодинамических явлений ставится с целью безопасной отработки выбросоопасных пластов угля и пород в выработках и должен выполняться на уровне высокого класса подготовки персонала, отвечающего за проведение и отработку результатов использованного метода прогноза.

В настоящее время прогноз газодинамических явлений устанавливается: по выходу буровой мелочи и длительности бурения одного метра контрольных шпуров, начальной скорости и динамики газовыделения из шпуров; непрерывной регистрации акустической эмиссии и ее анализа аппаратурой АК [1].

Из всех вышеперечисленных методов прогноза выбросоопасности наибольшее внимание, на наш взгляд, заслуживает сейсмоакустический, как не разрушающий уголь, породу и соль контроль, отражающий характер нарастающего процесса выбросоопасности.

Всякое внедрение в грунтопородные массивы приводит к переходу их в метастабильное, неопределенное и неустойчивое состояние. В большинстве случаев это вызывает упругопластические деформации (пучение, пережимы пластов, увеличение выхода мелочи в 40-100 раз при бурении контрольных шпуров и т.п.). На этом чаще всего заканчивается деформирование выработок в массивах. За упругопластическим деформированием следует хрупкое разрушение и лавинообразные выбросы угля, породы, газа.

В чем же суть природы выбросов, как их предупредить и вести борьбу с ними? Для этого надо кратко остановиться на понятиях механизма прочности и разрушения грунтопородных массивов в выработках.

Прочность грунтов и пород – это процесс, изменяющийся во времени в широких пределах, где воде с растворенными в ней солями и газами отводится одна из основных ролей в энергетическом отношении через ВС с их аномальными свойствами. Прочность, определяемая одноосным разрушением аморфных грунтов и пород в лабораториях и полевых условиях, зависит от многих природно-техногенных факторов, которые при этом не учитываются.

Выбросы угля, породы, газа происходят внезапно и до настоящего времени нет представления о природе выбросов, и что их побуждает, имеются пока лишь предположения о многофакторности причин и гипотезы, то же самое имеет место при оползнеобразовании.

Проходка выработки в грунтопородном массиве сопровождается резким спадом давления, что приводит к разрывам в жидкости пленок и выделению мириад пузырьков растворенных газов. Пузырьки мгновенно лопаются, лавинно вызывая цепную кавитацию. Давление насыщенного пара в пленках воды массива резко меняется, особенно на контурах выработки и в забое, откуда получает свое начало процесс выброса, распространяясь в глубь пласта.

Происходит «вскипание» жидкости с растворенными в ней газами. Из ледоподобного, твердого и жидкого состояний метан переходит в газообразное. Под его давлением объемно дробиться до пыли и разрушается, с отбрасыванием газонасыщенной смеси, уголь, порода и соль. Именно газонасыщенность выбра-

сываемой мелочи обеспечивает ее движение вдоль выработки на созданной газообразной «подушке».

По мере образования в угольном пласте, породах полости и ростом ее поверхности, давление падает, процесс выброса затухает и приостанавливается. Процесс выброса угля, породы можно сравнить с прекращением газовыделения в бутылке шампанского вина при открытии и наклоне ее увеличивается площадь поверхности для выделяющихся и лопающихся пузырьков углекислого газа.

Для предлагаемой модели выбросов угля, породы, газа нами использована модель образования и предупреждения оползней в связных грунтах и породах на склонах. Нового об этих двух проблемах автор пока не нашел в опубликованных источниках, а исходил из собственных исследований, опыта и достижений названных выше наук.

Таким образом, проблема выбросов угля, породы, газа в выработке является наиболее сложной и еще требует своего решения и раскрытия природы. Применяемые методы предупреждения и борьбы в Донбассе недостаточны, чтобы обезопасить шахтеров на 100% при добыче угля.

Учитывая сказанное необходимо изменить существующую концепцию и для этого вначале извлекать метан, а после вести подземную разработку. В противном случае выбросы с человеческими жертвами будут продолжаться в прежнем режиме.

В Америке с помощью пробуренных нескольких десятков тысяч скважин с поверхности земли извлекают метан и применяют его в качестве энергоносителя. Для раскрытия загадки выбросов угля, породы, газа в горные выработки требуется проведение исследований на молекулярном уровне, особенно аномальных ВС. Вода имеет способность запоминать нанесенные ей «структурные обиды» и проявлять их обратным образом через выбросы на глубине в шахтах. Так что следует подумать о горнотехнологических изменениях и факторах относительно численности выбросов.

Проходкой горной выработки снимается внешняя нагрузка и давление в призабойной и околоконтурной частях выработки снижается до атмосферного. При этом аморфная система переходит в метастабильное неопределенное неустойчивое состояние, в результате которого уголь, порода, соль могут свою потенциальную энергию изменить на кинетическую. Вначале происходит так называемый «холодный выброс» (внезапное обрушение или высыпание угля, особенно на крутопадающих пластах), т. е. без взрыва метана и пыли. Начинается он в призабойной и околоконтурной частях выработки в виде набухания связанного с упругопластическим деформированием, с переходом к хрупкому разрушению. «Холодный выброс» менее опасный, обычно меньший по объему, но может самопроизвольно перейти в «горячий выброс», достаточно одной искры. Тогда взрывается объемная воздушно-метановая смесь с угольной пылью. Угольная пыль представляет собой аэрозоль, способный аккумулировать на поверхности своих частиц молекулы метана, превращаясь во взрывоопасную среду при наличии искры или открытого огня. «Холодные выбросы» чаще присут-

ствуют в угольных шахтах и сопровождаются нарастающим звуковым акустическим эффектом вследствие кавитации воды и метана и роста трещинообразования. Последнее легко фиксируется с помощью акустических приборов, записываются, анализируются, и на основе исследований делаются выводы о нарастании или затухании выбросоопасности непосредственно в выработке.

Потенциальную энергию угля, породы, соли, возникающую в результате сброса давления можно компенсировать водой, но лучше с добавкой поверхностно активных веществ (ПАВ) т. е. мыла, так как уголь, порода, соль имеют гидрофильную и гидрофобную поверхности [8].

Удерживаемая поверхностью угля, породы, соли вода с метаном «мстит» за горно-технологические ошибки. Дымный порох, «гремучая ртуть», нитраты йода при увлажнении не взрываются, но подсушенными становятся взрывоопасными при ударах, искрении и открытом огне. Аналогичное явление происходит при «горячих выбросах» метановоздушной смеси и угольной пыли.

Распределение метана в угле и толще пород неравномерно и зависит от поглощающей способности среды проявления тектонических сил, по отношению к воде с растворенным метаном и газами имеющих различные энергетические барьеры в монослоях, которые изменяются в зависимости от удаления относительно поверхности частиц. Для их отрыва необходимо затрачивать работу, т. е. воздействовать на процесс удержания молекул воды с помощью пульсирующей декомпрессии. В начале, перед отработкой или проходкой выработок, они должны подвергаться вакуумной обработке с извлечением выделившегося метана, его аккумуляции и применении в качестве энергоносителя.

Для улучшения отдачи метана углем и породой в горных выработках используется механизм действия ультразвуковых волн, при прохождении которых в пленках воды происходит местное, быстро сменяющееся сжатие и расширение, создающее разрывающие усилия, ведущие к диспергированию и разрушению прилегающих поверхностей угля, породы, соли. С другой стороны, растворенные в жидкости газы, выделяются при расширении пор в виде пузырьков, мгновенно спадающих под влиянием внешнего давления. При этом в жидкости происходит непрерывное образование и спад полостей (cavities) кавитация. Рэлей подсчитал, что при спаде пузырька пара в жидкости развивается местное давление в несколько тысяч атмосфер [9].

«Холодный выброс» может самопроизвольно перейти в «горячий выброс», т.е. со взрывом воздушно-метановой смеси и угольной пыли. Используемая концепция нагнетания с помощью вентиляторов огромной массы воздуха с поверхности земли в шахтные выработки не оправдывается практикой предотвращения смертельно опасных «горячих выбросов». Для начала «горячего выброса» достаточно одной искры. Это равносильно игре с огнем над открытой бочкой с порохом.

Обвинения в несоблюдении техники безопасности в угольных и солевых подземных выработках чаще, на наш взгляд, не имеют оснований. Радикальным способом уйти от горячих смертельно опасных взрывов является предваритель-

ный отсос вакуумированием метана из метаносодержащих пластов угля, породы и соли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шашенко А. Н. Пустовойтенко В.П. – Механика горных пород. – К.: Новий друк, 2003, С. 208-219.
2. Думанский А.В. Лиофильность дисперсных систем. К., изд. АН УССР, 1960, 57с.
3. Артеменко Т.К. – Прочность и разрушение грунтопородных массивов в выработках и бортах карьеров. Сб. науч. тр. Национ. горн. ун-та, № 17, т. 1, Днепропетровск, 2003, С. 330-333.
4. Ходот В. В. Современные представления о природе и механизме внезапных выбросов угля и газа // В сб. Материалы совещания по внезапным выбросам угля и газа – М.: Углетехиздат, 1962, 136 с.
5. Петухов И. М, Линьков А. М. и др. Теория защитных пластов – М.: Недра, 1976, 223 с.
6. Николин В.И. Представления (гипотеза) о природе и механизме выбросов угля, породы, газа // Основы теории внезапных выбросов угля, породы и газа – М.: Недра, 1978, С. 122-140.
7. Управление состоянием горного массива. /А. Н. Зорин, В.Г. Колесников, С. П. Минеев и др. – К.: Наукова думка, 1986, 212 с.
8. Овчаренко Ф. Д. Гидрофильность глин и глинистых минералов. К.: изд. АН УССР, 1961, С. 52-144.
9. Жуков И. И. Коллоидная химия. Ч. 1, Л.: изд. ЛГУ, 1949, С. 18, 137-225.