

Д-р техн. наук С.П. Минеев,
(ИГТМ НАН Украины)
канд. техн. наук. А.А. Рубинский,
инж. Э.И. Тимофеев
(МакНИИ)

О ПРОБЛЕМАХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВНЕЗАПНЫХ ВЫБРОСОВ УГЛЯ И ГАЗА В УСЛОВИЯХ ДОНЕЦКОГО БАССЕЙНА

Приведено статистику розробки вибросоопасных вугільних шарів на шахтах Донбасу, застосування способів запобігання раптових викидів вугілля і газу й обґрунтована необхідність розробки методики уточнення раціональних параметрів гідророзпушування вуглепородного масиву в складних умовах.

ABOUT PROBLEMS OF PREVENTION OF SUDDEN EMISSIONS OF COAL AND GAS IN CONDITIONS OF DONETSK AREA

The statistics of development coal layers on mines of Donbass, application of ways of prevention of sudden emissions of coal and gas is resulted and necessity of development of a technique of specification of rational parameters of hydroloosening coal a file in difficult conditions is proved.

В последние годы, особенно после известных аварий на шахтах, происшедших в 1999-2002 гг., вновь довольно серьезно начались дискуссии и обсуждения вопросов с одной стороны, о необходимости наращивания производственной мощности шахт, а с другой – соблюдения, при этом, безопасности работающих. Вполне очевидно, что увеличение концентрации работ приводит к повышению сложности и, следовательно, повышению уровня различных опасностей ведения горных работ в забое. Однако сводить данную проблему лишь к необходимости увязок в цепочке “производительность добычи – опасность для работающих” не корректно, особенно для шахт-лидеров. В отмеченной ситуации вполне очевидна необходимость выполнения исследований по разработке комплекса мероприятий, позволивший получать высокие результаты добычи угля на базе совершенствования существующих и разработке новых более прогрессивных мероприятий по снижению выбросоопасности углепородного массива и газовыделения в действующие забои.

Потому авторы в данной статье попытались проанализировать имеющуюся для современных условий реструктуризации отрасли статистику разработки выбросоопасных угольных пластов, применения различных способов предотвращения внезапных выбросов угля и газа и на основе этого сделать рекомендации по дальнейшим исследованиям, направленным на снижение опасности для работающих в шахтах, только по одному из критериев – снижению выбросоопасности углепородного массива.

Не углубляясь в анализ экономических и социальных аспектов структурных преобразований в отрасли отметим, что в настоящее время около 50% шахт Донбасса разрабатывают пласты, склонные к внезапным выбросам угля и газа. Поэтому вывод из эксплуатации значительной части разрабатываемых пластов будет

предопределять статистику спада угледобычи и объемы применения способов предотвращения выбросов. Так, если в 1990 г. на 159 шахтах разрабатывалось 480 шахтопластов, опасных и угрожаемых по внезапным выбросам, на которых очистные работы велись в 621 забое и годовая добыча из них составляла 47,5 млн.т [1], то к началу 2003 г. количество таких шахт сократилось до 78, разрабатываемых выбросоопасных и угрожаемых шахтопластов до 220, очистных забоев до 278, а добыча угля до 28 млн.т. За этот же период количество выбросов угля и газа (не менее 90% выбросов составляют происшедшие при сотрясательном взрывании и дистанционном управлении машинами и механизмами, то есть когда противовыбросные мероприятия не применяются) уменьшилось пропорционально сокращению объемов ведения горных работ на выбросоопасных пластах. Динамика изменения суммарного количества выбросов угля и газа, включая внезапные, при сотрясательном взрывании и дистанционном управлении машинами и механизмами, характеризующих объемы добычи, а также проявление выбросоопасности, разрабатываемых шахтопластов за период 1990-2002 г.г. хорошо прослеживается по данным, приведенным в табл. 1.

Таблица 1 – Сведения об объемах разработки шахтопластов, опасных и угрожаемых по внезапным выбросам

Показатели	Годы										
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Количество шахт	147	141	138	132	114	98	103				
Кол-во шахтопластов: выбросоопасных	226	221	214	181	159	116	129	124	113	106	110
угрожаемых	192	178	170	158	118	159	140	161	153	120	110
К-во очистных забоев на пластах:											
выбросоопасных	310	294	272	211	194	208	198	183	168	165	143
угрожаемых	233	220	186	163	124	167	212	218	209	167	135
Добыча угля, млн.т на пластах:											
выбросоопасных	19,2	18,7	15,9	11,9	10,8	12,0	12,2	11,5	12,5	11,9	15,4
угрожаемых	11,3	10,4	10,2	7,4	5,2	9,7	13,7	17,4	15,5	12,1	13,0
К-во выбросов ^{*)}	164	178	107	89	55	55	89	75	86	93	114
Плотность выбросов, шт./млн.т	8,5	9,5	6,7	7,5	5,1	4,6	7,3	6,5	6,9	7,8	7,4

Как видно из таблицы, резкое снижение количества шахт, разрабатывающих опасные и угрожаемые по выбросам пласты, происходило до 1997 г., а затем продолжалось, но менее интенсивно. При этом характерно, что если до 1997 г. количество разрабатываемых выбросоопасных пластов, забоев и угледобыча на них были больше, чем на угрожаемых, то в последующие годы наблюдается тенденция стабилизации и даже наращивания этих показателей на угрожаемых пластах вследствие менее жестких ограничений темпов ведения горных работ на них по фактору выбросоопасности. С уменьшением объемов разработки выбросоопасных угольных пластов снижалось и количество выбросов. Тем не менее, плотность их (количество выбросов на 1 млн.т добычи) в течение рассмат-

риваемого периода существенно не изменялась и составляла ежегодно в среднем $6,58 \pm 1,32$, а следовательно, снижение частоты возникновения выбросов без применения способов их предотвращения не происходит.

На шахтах Донбасса в течение 1990-2002 г.г. из предусмотренных нормативными документами [2] применялись следующие способы предотвращения внезапных выбросов угля и газа: опережающая разработка защитных пластов, образование разгрузочных пазов и щелей, бурение опережающих скважин, гидрорыхление и гидроотжим пласта, увлажнение и дегазация через длинные скважины. Каждый из этих способов еще до истекшего 10-летия имел длительный срок практического использования и получил достаточно полную оценку эффективности для предотвращения внезапных выбросов, технологичности и безопасности выполнения, трудоемкости и технико-экономической целесообразности осуществления, что предопределило объемы и область их дальнейшего применения.

Кроме того, применялся целый ряд новых способов снижения выбросоопасности, в частности, основанных на использовании, реализуемых в углепородном массиве вибрационных и пульсационных эффектов, а также гидродинамического воздействия [3, 4]. Однако, объем их применения в силу практически тех же причин был весьма незначителен.

Так, в таблице 2 приведены объемы применения основных способов предотвращения внезапных выбросов, анализ которых показывает, что в подавляющем большинстве забоев на выбросоопасных пластах горные работы велись с применением опережающей разработки защитных пластов и гидрорыхления. Применение других способов было ограничено по различным причинам, например, разгрузочных пазов, щелей, опережающих скважин и гидроотжима из-за опасности возникновения выбросов в процессе их осуществления и отсутствия технических средств дистанционного выполнения способа для обеспечения безопасности работающих, а увлажнение и дегазация через длинные скважины – из-за низкой эффективности их для предотвращения выбросов на одиночных не разгруженных от горного давления пластах и достаточно частых проявлений газодинамической активности в процессе бурения скважин. Вследствие этого применение их ежегодно сокращалось и в последние 3-5 лет практически прекратилось.

Ежегодный объем применения опережающей отработки защитных пластов составляет 10-15 % забоев от общего количества их на выбросоопасных угольных пластах, но возможности увеличения ее практически исчерпаны ввиду отсутствия в свитах пластов, не использованных в качестве защитных. Такой же объем применения имеет и гидрорыхление, но резервом потенциальной возможности расширения его являются угрожаемые пласты, количество забоев на которых, как видно из данных таблицы 1, не меньше, чем на выбросоопасных. Кроме того, согласно существующих нормативов [2], при проведении прогноза выбросоопасности в забое и выявлении выбросоопасных зон на угрожаемых пластах также могут и должны применяться способы предотвращения внезапных выбросов, поэтому возможный объем применения метода снижения вы-

бросоопасности, например гидрорыхлением может существенно увеличиваться. Т.е. из обширного перечня нормативных способов предотвращения внезапных выбросов угля и газа, можно сказать, что практически единственным, естественно кроме опережающей отработки защитных пластов и реально применяемым в последнее время на шахтах, а также имеющим перспективу расширения объемов использования является гидрорыхление угольных пластов, а также его разновидности.

Таблица 2 – Объемы применения способов предотвращения внезапных выбросов угля и газа

Годы	Количество очистных и подготовительных забоев, в которых применялись способы предотвращения внезапных выбросов угля и газа						
	защитные пласты	гидрорыхление	пазы и щели	опережающие скважины	увлажнение	дегазация	Гидроотжим
1992	45/42	51/47	8/-	4/1	1/-	3/-	5/1
1993	35/34	45/50	12/-	3/1	1/-	3/-	5/-
1994	32/33	34/30	13/2	4/-	1/1	2/-	-
1995	26/35	30/34	7/2	1/-	-	1/-	-
1996	28/25	25/19	7/1	-/1	-	-	-
1997	27/30	16/11	2/1	-	-	-	-
1998	21/33	14/22	2/-	-	-	-	-
1999	17/20	18/24	3/2	-	-	-	-
2000	19/30	16/8	2/1	-	-	-	-
2001	18/26	12/8	1/-				
2002	17/26	20/10	2/-				

Следует сказать, что в качестве способа гидрорыхления применялся известный (нормативный) метод [2], в котором расчетное давление нагнетания предусматривается порядка 9,4-30 МПа при темпе нагнетания жидкости 40-90 л/мин. Гидрорыхление в различных зонах пластов приводит к довольно значительной разгрузке и разупрочнению угольного массива. При насыщении угольного массива жидкостью в режиме гидрорыхления процесс изменения напряженно-деформированного состояния в пласте рассматривался условно состоящим из трех стадий. В начале призабойная зона угольного массива отжимается жидкостью, нарушая целостность массива, в результате чего давление нагнетания снижается, а напряжение в этой части пласта достигают нулевых значений. Потеря несущей способности пласта приводит к увеличению возможной скорости сближения вмещающих пласт пород. Интенсивное сжатие призабойной части угольного массива формирует новое напряженное состояние, характеризующееся несколько меньшими значениями по сравнению с начальными. Вполне естественно, что данные изменения происходят в гидрообрабатываемой зоне угольного массива, которая ограничена глубиной герметизации нагнетательных скважин, и практически происходит в один и тот же период времени [5].

Опыт использования этого способа в течение 1992-2003 гг. показал, что на

крутых угольных пластах гидрорыхление применялось лишь эпизодически в опасных зонах, установленных прогнозом, при выемке угля отбойным молотком на глубинах разработки 715-1160 м, а на пологих – непрерывно в подготовительных выработках, нишах и комбайновых лавах на глубинах разработки 700-1280 м. За отмеченный период произошло 28 внезапных выброса угля и газа, из них 8 в процессе выполнения гидрорыхления, в том числе 7 на пологих пластах, и 20 при выемке угля после гидрорыхления, из них 17 на пологих пластах. Поскольку газодинамические явления в процессе гидрорыхления не исключены, то с целью обеспечения безопасности работающих нагнетание воды в пласт производилось, как и предусматривается "Инструкцией..." [2], при отсутствии людей в забое и удалении их на расстояние не менее 30 м от нагнетательных скважин. Четкое соблюдение этого требования позволило исключить травматизм при выбросах угля и газа в процессе выполнения гидрорыхления углепородного массива. При этом, отмечено значительное количество выбросов при выемке угля после гидрорыхления, сопровождавшееся травматизмом работающих. Так, из 10 таких выбросов, произошедших в течение 1997-2000 гг. на шахтах им. А.А. Скочинского, им. А.Ф. Засядько, им. В.М. Бажанова и "Юнком" в 6 случаях были травмированы 51 чел, из которых 11 со смертельным исходом [1]. Согласно заключений, сделанных экспертными комиссиями, проводивших расследования этих аварий, все выбросы после гидрорыхления произошли вследствие ряда нарушений или невыполнения параметров применения этого способа, в частности: прекращения нагнетания воды до завершения полного процесса гидрорыхления, невыдержка параметров нагнетания воды в пласт, отсутствия контроля эффективности применения способа, выемка угля за пределами гидрообработанной зоны угольного пласта или при изменившихся горно-геологических условиях отработки пласта, в которых принятые ранее параметры гидрорыхления оказались не эффективными.

Не в меньшей степени может представлять интерес проведенный анализ применения гидрорыхления угольного массива в зонах геологических нарушений, для чего кратко приведем некоторые результаты опыта применения этого способа, полученного ранее в условиях шахт шахтоуправлений имени газеты Социалистический Донбасс «Красная Звезда» [5]. В указанных условиях шахт в зонах геологических нарушений гидрорыхление призабойной части угольного массива применялось с выполнением дополнительного контроля эффективности по начальной скорости газовыделения. В пликативных горно-геологических нарушениях бурение контрольных шпуров было предусмотрено на расстоянии не более 3 м друг от друга, а в дизъюнктивных - 1 м от смесителя и друг от друга и далее в 10-метровых примыкающих участках на расстоянии не более 3 м. При пересечении зон геологических нарушений гидрорыхление применялось в условиях двух особоопасных, двух выбросоопасных и одном неопасном, отрабатываемом с прогнозом, шахтопластах (табл. 3).

Таблица 3 – Результаты применения метода гидрорыхления угленородного массива в зонах геологических нарушений

Наименование выработки, глубина разработки	Индекс пласта, категория опасности, мощность пласта	Протяженность участка, м	Характер геологического нарушения	Мак. нач. скорость газовой выделення, л/мин	Мак. величина на зоны разгрузки, м
Шахта им. газеты «Социалистический Донбасс»					
Пятая восточная лава, 815м	h_{10} , особовыбросоопасный, 1,25-1,4 м	240	Серия трещин во вмещающих породах и по пласту, ступенчатый сброс с амплитудой 0,10-0,40 м	25,0	2,5
Пятая восточная лава, 815м	Тот же	20	Серия трещин во вмещающих породах и по пласту	25,0	3,0
Та же	Тот же	42	То же	15,4	2,5
Шестая западная лава, 502м	h_{10} , особовыбросоопасный, 1,25-1,4 м	70	То же	25,0	3,0
Та же	Тот же	112	Серия трещин пласту и серия сбросов с амплит. 0,15-0,25м	25,0	3,0
Четвертая западная лава, 502м	Тот же	20	Серия трещин во вмещающих породах и по пласту, сброс с амплитудой 0,12-0,37м	–	–
Третья восточная лава, 763м	Тот же	505	Серия трещин во вмещающих породах и по пласту, сложный сброс с амплитудой 0,35-2,8м и шириной 5-16м	25,0	2,0
Шахта «Запореваляная»					
Пятая восточная лава, 680м	h_7 , особовыбросоопасный, 1,5-1,6 м	400	Изменение угла падения пласта и зона увеличения мощности от 1,55 до 1,95м, шириной 20-30 м.	25,0	2,0
Вторая западная лава, 635м	h_7 , особовыбросоопасный, 1,3м	186	Сброс с амплитудой 0,4-0,65м	5,8	3,0
Шахта «Мушкетовская»					
Шестая северная лава западного уклонна, 502м	h_7 , опасный, 1,2-1,35м	16	Надвиг с амплитудой 1,2м	2,1	3,5
Третья западная лав, 570м	h_3 , опасный, 0,95-1,2м	50	Надвиг с амплитудой 0,3м	1,42	2,5
Пятая западная лава, 602м	Тот же	62	Сброс с амплитудой 0,1-0,30м	4,0	2,5
Шахта №9					
Первая западная панель	h_7 , неопасный с прогномом	200	Сброс с амплитудой 1,0-4,0м	–	–

Применение гидрорыхления в зонах нарушений. В процессе проведения этих испытаний [5] всеми рассмотренными десятью очистными выработками было вскрыто 15 зон геологических нарушений: десять дизъюнктивных, одно – пликативное, четыре – с тектонической трещиноватостью вмещающих пород. При пересечении очистными забоями зон геологических нарушений и примыкающих к ним участков применение гидрорыхления осуществлялось с расчетными параметрами, характеристики которых приведены в таблице 4.

Таблица 4

Шахта	Пласт	Глубина, м		Расчетное давление, МПа	Кол-во нагнетаемой жидкости, м ³
		скважины	герметизации		
им. газеты "Соц. Донбасс"	h_{10} «Ливенский»	10	8	14,5-30,0	3,15-3,65
"Заперевальная"	h_7 «Смоляниновский»	8	6	12,4-30,0	1,60-2,00
"Мушкетовская"	h_7 «Смоляниновский»	7	5	9,4-25,0	1,72-1,68
"Мушкетовская" №9	h_3 «Кальмиусский»	7	5	9,4-25,0	1,03
	h_7 «Смоляниновский»	7	5	9,4-25,0	1,00

Несмотря на то, что полученные результаты применения гидрорыхления были положительными, они лишь подтвердили возможность дальнейшего эффективного и безопасного применения способа в зонах нарушений. Однако для «узаконивания» этого способа в соответствии с [1] необходимо проведение дополнительных его испытаний с учетом предварительно проведенной корректировки параметров, а также решения ряда вопроса, в частности, необходимость повышения эффективности подачи жидкости в массив для повышения производительности выполнения самого способа, герметизация нагнетательных скважин и других.

Основными параметрами, предопределяющими в конечном счете динамику процесса гидрорыхления и его результативность, являются глубины бурения и герметизации нагнетательных скважин. Поскольку до настоящего времени нет четких нормативных рекомендаций по выбору этих параметров для конкретных условий ведения горных работ, то на практике их применение обуславливается лишь соображениями технологической целесообразности. Т.е. эти параметры часто применялись не на основе стремления к обеспечению эффективного устранения выбросоопасности, а из соображений максимально возможного продвижения забоя за цикл гидрорыхления. В связи с этим назрела необходимость проведения широких исследований по разработке методических рекомендаций, позволяющих уточнять эффективные параметры нагнетания воды в угольные пласты для активизации процесса гидрорыхления и повышения надежности предотвращения внезапных выбросов угля и газа в изменяющихся условиях ведения горных работ, особенно последнее актуально применительно к зонам геологических нарушений. Промышленная апробация такой методики начала проводиться в глубоких шахтах Донбасса, по результатам которой будет скорректирована методика определения параметров гидрорыхления и будут разработа-

ны соответствующие методические рекомендации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимофеев Э.И., Чурадзе М.В. Состояние и перспективы применения способов предотвращения внезапных выбросов угля и газа //Геотехнічна механіка: Між від. Зб. Наук. Праць / Ін-т геотехнічної механіки НАН України. – Дніпропетровськ, 2001.- Вип.. 29. - С.126-130.
2. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1989. – 219с.
3. Потураев В.Н., Минеев С.П. Использование волновых и вибрационных эффектов при отработке выбросоопасных пластов.- Киев: Наук. думка, 1992- 219с.
4. Софийский К.К., Калфакчян А.П., Воробьев Е.А. Нетрадиционные способы предотвращения выбросов и добычи угля. – М.: Недра, 1994. – 192с.
5. Минеев С.П., Рубинский А.А., Горягин Л.Ф. Рыхление выбросоопасных углей в зонах геологических нарушений //Повышение эффективности разрушения горных пород. –Киев: Наук. думка, 1991. – С. 68-72.

УДК 622.7:552.57

Д-р геол.-мин. наук В.В. Лукинов,
д-р техн. наук В.А. Гончаренко,
инж. Д.А. Суворов
(ИГТМ НАН Украины)

К ВОПРОСУ О ПРИРОДЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПАРАМАГНИТНЫХ ЦЕНТРОВ В УГОЛЬНОМ ВЕЩЕСТВЕ

В роботі розглянуті механізми взаємодії парамагнітних центрів (ПМЦ) з магнітними полями, які використовуються в методі електронного парамагнітного резонансу, а також вплив геологічних процесів на фізичні та хімічні властивості ПМЦ.

TO A QUESTION ON A NATURE OF OCCURRENCE PARAMAGNETIC OF THE CENTRES IN COAL SUBSTANCE.

In work considered mechanisms of interaction paramagnetic of the centres (PMC) with magnetic fields, which are used in a method electronic paramagnetic of a resonance, and also influence of geological processes on physical and chemical properties PMC.

Исследование угля методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) позволяют на практике весьма эффективно определять его структурные особенности, сорбционную способность, качественные характеристики и др. параметры, которые дают возможность смоделировать процессы, происходящие в горном массиве на молекулярном уровне [1-3]. Однако теоретические проблемы, связанные с объяснением природы возникновения парамагнитных центров в угольном веществе, остаются и требуют своего решения [4,5]

Рассмотрим электронный парамагнитный резонанс в угольном веществе с позиции возникновения парамагнитных центров, в результате катагенетических изменений его структуры. Изменения структуры угля приводят к динамическому процессу возникновения и разрушения молекулярных кластеров, в результате которого возникают области с повышенной концентрацией электронов [6]. Это означает, что изменение электронной плотности в угле приведет к по-