

2. Цейтлин Ю.А. «Разработать научные основы и методы рационального микроклимата глубоких шахт» (1994 г.).
3. Каталог Холодильного оборудования Мелитопольского завода холодильного машиностроения
4. А.Брюханов, директор, кандидат технических наук, академик МАНЭ Б.В. Колосюк. Государственный Макеевский научно-исследовательский институт по безопасности работ в горной промышленности. Донецкая область. Состояние и стратегия развития охраны труда и безопасности работ на угольных шахтах Украины. /www.tehnpolis.dp.ua/tex/2002/11/3.htm
5. СНиП 2.09.03-85
6. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт.–Киев, 1994.–311 с.
7. Правила безопасности в угольных шахтах. – Киев, 1996. – 421с.
8. Сборник инструкций к Правилам безопасности в угольных шахтах.–Киев, 1996.–425с.

УДК 622.831.322

Инж. В.Г. Золотин (ИГТМ НАН Украины)

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЯЕМЫХ СПОСОБОВ БОРЬБЫ С ВНЕЗАПНЫМИ ВЫБРОСАМИ УГЛЯ И ГАЗА¹

На підставі проведеного аналізу застосування різних способів боротьби з раптовими викидами вугілля та газу на шахтах Українського Донбасу зроблено висновок та обґрунтовано застосування гідродинамічної дії для боротьби з раптовими викидами вугілля та газу при проведенні підготовчих виробок змішаним вибоєм по пологим пластам.

THE ANALYSIS OF EFFICIENCY TO USED METHODS STRUGGLE WITH SUDDEN EMISSIONS COAL'S AND GAS

On the basis of the carried spent analysis of application various methods of struggle with sudden emissions coal and gas on mines of Ukrainian Donbass the conclusion is made. The application of hydrodynamic action for struggle with sudden emissions coal and gas is proved at realization of preparatory developments mixed face on flat to layers.

Развитие горных работ на шахтах Украины связано с увеличением глубины разработки угольных пластов [1], что сопровождается повышением частоты и интенсивности газодинамических явлений, в частности внезапных выбросов угля и газа. Это также подтверждается данными о количестве газодинамических явлений, произошедших за десятилетний период, приведенными в таблице 1

В период с 1986 по 1995 гг. произошло 1640 выбросов угля и газа [2], из них 115 (7%) – на крутых пластах и 1525 (93%) – на пологих (табл. 2).

Причем, на крутых пластах произошло при сотрясательном взрывании (главным образом в подготовительных выработках) 80 внезапных выбросов, а на пологих пластах – 1469 внезапных выбросов, из них 1241 - в подготовительных выработках. Эти цифры свидетельствуют о том, что пологие пласты характеризуются более высокой степенью проявления выбросоопасности, особенно при проведении подготовительных выработок, вследствие практически повсеместного проведения их сотрясательным взрыванием, оказывающим более ин-

¹ - работа выполнена под научным руководством доктора технических наук, профессора Софийского К.К.

тенсивное динамическое воздействие на пласт, чем другие способы.

Таблица 1 – Количество газодинамических явлений

Годы	Количество газодинамических явлений					
	внезапные выбросы угля и газа	внезапные выбросы породы и газа	внезапные вы-давливания (отжимы угля)	внезапные обрушения (высыпания угля)	горные удары	внезапные прорывы метана из почвы выработок
1988	311	71	15	10	2	0
1989	238	39	7	17	0	0
1990	181	63	0	22	1	0
1991	135	36	12	10	0	5
1992	164	58	10	7	0	6
1993	178	65	7	13	0	5
1994	107	35	14	9	0	4
1995	80	5	4	5	0	3
1996	55	5	0	3	0	0
1997	55	23	1	2	0	0
Итого	1504	400	70	98	3	23

Таблица 2 – Сведения о количестве выбросов угля и газа в очистных и подготовительных забоях на крутых и пологих пластах Донбасса.

Годы	Крутые пласты				Пологие пласты			
	очистные выработ-ботки		подготовительные выработ-ботки		очистные выработ-ботки		подготовительные выработ-ботки	
	при выемке	при со-трясательном взрыва-нии	при прове-дении	при сотря-сательном взрывании	при выемке	при со-трясательном взрыва-нии	при прове-дении	при со-трясательном взрыва-нии
1986	5	0	4	9	6	38	3	173
1987	1	0	2	11	2	54	4	160
1988	2	0	3	13	3	26	3	228
1989	0	0	1	5	4	34	2	145
1990	1	0	0	8	1	20	7	113
1991	2	1	2	3	0	7	2	95
1992	1	0	3	12	0	12	0	87
1993	1	0	2	14	6	19	0	112
1994	1	1	1	1	0	10	4	71
1995	3	0	1	2	7	8	2	57
Итого	12	2	19	78	29	228	27	1241

Аналогичный вывод был сделан и другими исследователями на основании ранее выполненного анализа опыта разработки выбросоопасных пластов на шахтах Донбасса [3], согласно которому частота выбросов на пологих пластах примерно в 4 раза выше, чем на крутых.

Причина более частых выбросов на пологих пластах, чем на крутых, состоит

в том, что не получила развития полевая подготовка (вследствие значительных капитальных затрат на ее осуществление)[2].

Катастрофичность последствий выбросов угля и газа не только создает повышенную опасность травматизма работающих, повреждения оборудования и горных выработок, но и в значительной мере усложняет технологический процесс проведения подготовительных выработок, вызывает необходимость дополнительных материальных и трудовых затрат [4] на осуществление мер борьбы с этими явлениями, что в конечном итоге приводит к снижению технико-экономических показателей проведения подготовительных выработок и повышению себестоимости добываемого угля. Все это крайне отрицательно сказывается на рентабельности шахт [5].

Поэтому проблема предотвращения выбросов угля и газа при проведении подготовительных выработок по пологим пластам продолжает оставаться весьма актуальной.

В соответствии с «Инструкцией по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по выбросам угля, породы и газа» [6] для безопасной разработки выбросоопасных и угрожаемых угольных пластов применяется комплекс мер, который включает в себя: прогноз выбросоопасности пластов (сейсмоакустический, текущий, систему разработки и технологию в очистных и подготовительных забоях; региональные и локальные способы предотвращения внезапных выбросов угля и газа, а также контроль за их эффективностью, мероприятия по обеспечению безопасности горнорабочих [7].

К региональным способам предотвращения внезапных выбросов относятся: опережающая отработка защитных пластов, увлажнение и дегазация угольных пластов через длинные скважины.

С применением опережающей выемки защитных пластов горные работы в Донбассе ведутся ежегодно в среднем в 140 очистных и подготовительных забоях, составляющих около 11 % от общего их количества на пластах, склонных к внезапным выбросам и другим газодинамическим явлениям. Механизм защитного действия заключается в снижении горного и газового давления в зоне разгрузки, возникающей вокруг защитного пласта, в увеличении газопроницаемости и дегазации защищаемых пластов, склонных к внезапным выбросам.

Параметры защиты, первоначально разработанные для предотвращения горных ударов и внезапных выбросов угля и газа, рекомендуются и для предотвращения других газодинамических явлений, но возможности расширения объема применения этого способа, по сути, исчерпаны вследствие уменьшения дальности защитного действия с увеличением глубины горных работ при параметрах защиты, указанных в «Инструкции...» [6].

Опережающая отработка защитных пластов является наиболее эффективным способом предотвращения внезапных выбросов угля и газа[8]. Однако, учитывая ограниченность количества сближенных невыбросоопасных пластов, а также то, что 12 % выбросов в Центральном районе Донбасса (ЦРД) произошло в тех выработках, где применялась опережающая отработка защитных пластов [9] - данный способ, как одиночный, используется очень редко.

На незащищенных пластах, опасных по внезапным выбросам применяют увлажнение и дегазацию пластов через длинные скважины, что позволяет перевести значительную часть пласта (выемочного участка, этажа, крыла и т.д.) в невыбросоопасное состояние. Сущность данных способов борьбы с выбросами угля и газа заключается в предварительной обработке пласта, которая проводится с опережением фронта ведения горных работ способом дегазации или увлажнения пласта через скважины, пробуренные с поверхности или из заранее пройденных подготовительных выработок. Однако, учитывая дальнейшее увеличение глубины разработки и ограниченное использование подготовительных выработок сближенных пластов, невыгодность (с экономической точки зрения) проведение специальных выработок, увлажнение и дегазация выбросоопасных пластов через длинные скважины не получили широкого промышленного применения.

Также одной из причин ограниченности применения этих региональных способов является их низкая эффективность в условиях неразгруженных от горного давления угольных пластов, и интенсивное проявление газодинамической активности при бурении скважин. Поэтому применение региональных способов не следует рассматривать как приоритетное направление борьбы с выбросами угля и газа.

Угольные пласты, опасные по внезапным выбросам, для которых невозможно или малоэффективно применение региональных способов предотвращения внезапных выбросов, разрабатываются с применением локальных противовыбросных мероприятий.

К локальным способам предотвращения внезапных выбросов угля и газа относятся: гидрорыхление угольного пласта, гидроотжим угольного пласта, образование разгрузочных пазов, бурение опережающих скважин и торпедирование угольного массива, гидродинамическое воздействие на газонасыщенные угольные пласты

Наиболее распространенным локальным способом борьбы с выбросами угля и газа в шахтах Донбасса является гидрорыхление призабойной части угольного пласта [10, 11, 12, 13]. Сущность гидрорыхления заключается в изменении газодинамического и напряженно-деформированного состояния призабойной части пласта путём нарушения его структуры водой, нагнетаемой в специальном режиме через скважины, пробуренные из забоя очистной или подготовительной выработки. При нагнетании воды в угольный пласт в режиме гидрорыхления происходит формирование зоны трещиноватости, которое приводит к потере несущей способности призабойной части пласта и перемещению вследствие этого максимума опорного давления в глубь угольного массива. Образование в призабойной части пласта разгруженной зоны в результате потери углем несущей способности сопровождается дегазацией этой зоны.

Гидрорыхление применяется ежегодно в среднем в 85 очистных и подготовительных забоях на пологих и крутых пластах, за исключением тех, на которых из-за разбуривания нагнетательных скважин невозможно обеспечить надежную герметизацию. Однако, применение данного способа, как показала

практика [14] требует, помимо материальных, больших временных затрат, так как частые отказы в работе насосных установок и порывы элементов гидросистемы приводят к повторному бурению новых скважин с последующим выполнением всего цикла гидрорыхления, при этом старая скважина должна перекрываться средствами герметизации, что требует дополнительного времени на противовыбросные мероприятия, снижает эффективность выполняемого рыхления, и, как следствие – отсутствие изменения газодинамического и напряженно-деформированного состояния пласта, осложнение условий ведения работ, снижение безопасности и темпов проведения подготовительных выработок [15].

В итоге: при применении гидрорыхления угольного пласта в период 1978 – 1995 гг. произошло 49 внезапных выбросов угля и газа в очистных забоях и 41 – в подготовительных выработках, причем часть выбросов произошла в процессе гидрорыхления.

Сущность гидроотжима, как способа борьбы с внезапными выбросами угля и газа [16], заключается в принудительном отжиме (выдвигании) призабойной зоны угольного пласта путем высоконапорного нагнетания воды в угольный массив через шпур. Гидроотжим применяется для углей прочных и средней прочности, в которых стенки скважин почти не разрушаются [17].

При достижении максимального давления нагнетаемой жидкости с образованием серии трещин в призабойной зоне угольного пласта суммарные абсолютные напряжения достигают критических значений, при которых начинается разрушение и выдвигание угольного пласта в зоне гидрообработки, происходит рыхление и растрескивание угля. При этом в зоне гидрообработки существенно снижаются напряжения, значительно увеличивается проницаемость пласта, происходит частичная дегазация и увлажнение угля, снижается механическая прочность, и несущая способность отжатой части угольного массива, происходит перераспределение напряжений, в результате которого максимум опорного давления отодвигается вглубь массива.

Главный недостаток – в выбросоопасных зонах разрушение угля при гидроотжиме может распространиться и за пределы зоны гидрообработки, захватив близрасположенный участок угольного пласта, находящийся в предельно-напряженном состоянии, в результате – возникновение различных газодинамических явлений, в том числе выбросов угля и газа [18]. За период 1983 – 1995 гг. при применении гидроотжима угольного пласта произошло 23 выбросов угля и газа в очистных забоях и 36 – в подготовительных выработках.

Одним из способов предотвращения внезапных выбросов угля и газа является образование разгрузочных пазов по угольному забою [19] при проведении подготовительных выработок буровзрывным способом.

Сущность данного мероприятия заключается в образовании на всю мощность пласта перпендикулярно его почве и кровле у стенок выработки в направлении её проведения разгрузочных пазов, представляющих собой две дополнительные плоскости обнажения и благоприятствующих протеканию деформаций растяжения в направлении, как выработки, так и разгрузочных пазов.

Эти деформации обуславливают разгрузку части пласта, оконтуренной забоем и пазами, её эффективную дегазацию и формирование безопасной зоны разгрузки такой формы и размеров, которые позволяют производить безопасную выемку угля в очередном цикле.

Достоинством данного способа является обеспечение более высокой скорости проведения выработок на выбросоопасных пластах по сравнению со скоростью, достигаемой при применении других локальных мероприятий.

Однако, за период применения способа с 1973 по 1990 гг. произошло 5 внезапных выбросов в лавах и 4 – в подготовительных выработках [18]. Повысить безопасность данного способа можно путём создания специальных установок, которые позволят образовывать пазы механизированным способом без присутствия людей.

Бурение опережающих скважин, называемых ранее дренажными или разгрузочно-дегазационными, было одним из первых способов предотвращения внезапных выбросов угля и газа, а также горных ударов. Применяются они как при проведении подготовительных выработок, так и в очистных забоях.

Вблизи пробуренной скважины увеличиваются пористость угля и газопроницаемость, газ усиленно поступает в сторону скважин и забоя, давление его падает, возрастает прочность угля. В результате этого область концентрации напряжений и газовый барьер, являющиеся местами сосредоточения больших запасов энергии, отодвигаются в глубь массива.

Применяется это противовыбросное мероприятие в подготовительных выработках, проводимых по пластам с прочностью угля на сжатие не менее 4 МПа и газопроницаемостью не ниже средней.

Большинство выбросов в ЦРД произошло в тех выработках, где применялось бурение опережающих скважин (31 %), бурение неприемлемо в очистных забоях крутых пластов с неустойчивыми и слабыми углями, склонными к обрушениям и высыпаниям [17].

Из приведенного выше следует, что бурение опережающих скважин как средство борьбы с выбросами не всегда эффективно. Из-за существенного уменьшения радиуса эффективного влияния их по мере роста глубины разработки и вынужденного, поэтому сокращения расстояния между ними, со временем они трансформировались в разгрузочные пазы и щели, образуемые выбуриванием их непосредственно в угольных пластах или во вмещающих породах приспособленными для этого машинами и механизмами.

Способ предотвращения выбросов торпедированием угольного массива [20] предназначается для предотвращения внезапных выбросов угля и газа на пологих пластах преимущественно при переходе геологических нарушений и производится взрыванием зарядов ВВ в скважинах с гидрозабойкой в режиме сотрясательного взрывания. Заряды взрываются в наиболее опасной зоне – зоне опорного давления, находящейся в 5-8 м от забоя. В итоге значительно увеличивается трещиноватость, уменьшается крепость угля и давление газа в пласте, что приводит к снижению напряженного состояния призабойной части угольного массива, а значит – снижению вероятности возникновения выбросов.

Поскольку трудоёмкость выполнения способа достаточно высокая и режим сотрясательного взрывания при этом и связанные с ним ограничения сохраняются, то он не нашёл широкого применения. Помимо этого, применение торпедирования угольного массива не исключает возникновения внезапных выбросов угля и газа.

Так, в период 1982 – 1995 гг. при применении этого способа в 56 очистных забоях произошло 17 внезапных выбросов угля и газа, в 28 подготовительных выработках – 3 выброса.

Количество выбросов угля и газа при применении вышеперечисленных способов приведено в таблице 3.

Таблица 3 – Эффективность применения различных способов борьбы с выбросами угля и газа в очистных и подготовительных забоях на шахтах Украинского Донбасса.

Способы борьбы с внезапными выбросами угля и газа	Данные за период	Очистные забои			Подготовительные забои		
		число выбросов	число забоев	частота выбросов, <u>выброс</u> забой	число выбросов	число забоев	частота выбросов, <u>выброс</u> забой
Опережающая отработка защитных пластов	1986г.-1995г.	10	1227	0,008	8	718	0,011
Увлажнение угольных пластов		8	260	0,031	-	-	-
Дегазация угольных пластов		3	236	0,013	-	-	-
Гидрорыхление угольного пласта	1978г.-1995г.	49	888	0,055	41	716	0,057
Гидроотжим угольного пласта	1983г.-1995г.	23	87	0,264	36	148	0,243
Образование разгрузочных пазов	1973г.-1990г.	5	36	0,139	4	17	0,235
Бурение опережающих скважин	1984г.-1995г.	42	358	0,117	51	903	0,056
Торпедирование угольного массива	1982г.-1995г.	17	56	0,304	3	28	0,107
ИТОГО:		157	3148	0,049	143	2530	0,056

Гидродинамическое воздействие через скважины на газонасыщенные и выбросоопасные угольные пласты в настоящее время является одним из наиболее перспективных способов эффективного управления состоянием горного массива, обеспечивающим повышение производительности горных работ при их надежной безопасности.

Отличительной особенностью способа является чередование подъема и сброса давления в прискважинной зоне путем подачи воды в пласт и сброса водо-угольной суспензии из скважины. В условиях знакопеременных нагрузок, а также прямой и обратной фильтрации жидкости через трещиновато-пористую структуру угля происходит его послойное разрушение в радиусе до 25 м от

скважины [21]. При этом образуется сеть трещин и крупных пор, что способствует интенсификации процессов десорбции метана с поверхности разрушенного угля и выносу газа из скважины.

Гидродинамическое воздействие является достаточно универсальным методом изменения состояния угольного массива: его эффективность установлена при применении в качестве противовыбросного мероприятия перед вскрытием выбросоопасных угольных пластов; при снижении выбросоопасности зон ПГД в условиях отработки лав щитовыми агрегатами [21, 22], при нетрадиционной (скважинной) добыче угля из забалансовых запасов при дегазации газонасыщенных пологих пластов, а также при обработке пласта короткими скважинами (6-8 м) перед проведением подготовительных выработок на крутых пластах [23, 24]. Во всех случаях применение гидродинамического воздействия обеспечивало безопасность горных работ, и повышало нагрузку на забой в 2-3 раза.

Результаты применения гидродинамического воздействия для предотвращения внезапных выбросов угля и газа приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Эффективность применения гидродинамического воздействия для борьбы с выбросами угля и газа в очистных и подготовительных забоях на шахтах Украинского Донбасса.

Применение	Данные за период	Число выбросов	Число забоев	Частота выбросов, выброс/забой
Вскрытие выбросоопасных угольных пластов	1986г.- 2004г.	0	160	0
Снижение выбросоопасности в нижней части щитовых лав		0	19	0
Проведение подготовительных выработок смешанным забоем по крутым выбросоопасным угольным пластам		0	5	0
Проведение подготовительных выработок смешанным забоем по крутым выбросоопасным угольным пластам		0	2	0
ИТОГО:		0	186	0

Таким образом анализ таблицы показывает, что применение традиционных существующих мероприятий по борьбе с выбросами привело к значительному увеличению затрат, снижению производительности труда и повышению себестоимости угля, а критерии надежности и эффективности не позволяют применить их во всех подготовительных выработках [25]. Кроме того, ухудшение горно-геологических условий и отсутствие безопасной и высокопроизводительной технологии проведения выработок по пологим выбросоопасным пластам явились причинами снижения темпов проходки [26] и привели к увеличению применения сплошной системы разработки. Поэтому весьма перспективным представляется использование разработанного ИГТМ им. Н.С.Полякова НАН Украины метода гидродинамического воздействия [27], на базе которого

представляется возможным разработать способ предотвращения выбросов угля и газа при проведении подготовительных выработок смешанным забоем, что позволит повысить безопасность работ и увеличить темпы проведения подготовительных выработок.

В настоящее время на шахте имени А.Ф. Засядько ведутся экспериментальные работы по разработке способа гидродинамического воздействия для предотвращения выбросов угля и газа при проведении подготовительных выработок смешанным забоем по пологим пластам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Заболотный А.Г. Техника безопасности и охрана труда в угольной промышленности // Уголь Украины. – 1994. - №8. – с. 43-44.
2. Агафонов А.В. Научное обоснование технологий эффективного и безопасного проведения подготовительных выработок по выбросоопасным угольным пластам: Дисс. докт. техн. наук: 05.15.02. – Макеевка, 2001 – 290 с.
3. Божко В.Л., Бельская Н.Р., Симонов А.Д. Опыт разработки выбросоопасных пластов на шахтах Донбасса / М: Недра. – 1970. – 168 с.
4. Гундарев П.Г. Опыт разработки особо выбросоопасных пластов на большой глубине // Уголь Украины. – 1992. - № 8. С. 25-29.
5. Сушко И.Л. Стоимостные затраты на противовыбросные мероприятия при проведении подготовительных выработок // Уголь Украины. – 1984. - № 4. – С. 17-18.
6. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по выбросам угля, породы и газа. – М., 1989. – 192 с.
7. Волобуев Е.В., Гайнутдинов И.А. Состояние и перспективы безопасной отработки выбросоопасных пластов // Уголь Украины. – 1993. - № 8. С. 32-38.
8. Теория защитных пластов / И.М. Петухов, А.М. Линьков, В.С. Сидоров, И.А. Фельдман. – М.: Недра, 1976. – 224 с.
9. Л.И. Пимоненко, О.Д. Стасенко. Условия применения противовыбросных мероприятий в Центральном и Донецко-Макеевском районах Донбасса // Уголь Украины. – 1994. - № 8. – С. 45-49.
10. Н.Е. Волошин, А.И. Крамаренко, В.А. Шепеленко. Гидродинамическая разгрузка угольного пласта для предотвращения выбросов и контроль её эффективности // Уголь Украины. – 1990. - № 1. – С. 28-30.
11. Горягин Л.Ф., Мхатвари Т.Я., Резниченко А.И. Особенности гидрорыхления выбросоопасных угольных пластов. // Уголь Украины – 1992. – № 7, с. 51-53.
12. И.И. Балинченко, Л.Ф. Горягин, Т.Я. Мхатвари и др. Оптимизация параметров гидрорыхления угольного пласта // Уголь Украины. – 1993. - № 6. – С. 38-40.
13. Горягин Л.Ф., Кулемин В.Е., Котелевец А.В. О разгружающем влиянии гидрорыхления на сближенные угольные пласты // Уголь Украины. – 1993. - № 11. – С. 37-38.
14. Е.Л. Звягильский. В.С. Грязнов, И.А. Ефремов, Б.В. Бокий, А.Г. Левин. Миллион тонн угля комплексом ЗКД-90 при отработке выбросоопасного пласта на большой глубине // Уголь Украины. – 2002. - № 1. – С. 12-14.
15. Опыт интенсифицированной гидрообработки низкоприемистого выбросоопасного угольного пласта / В.Г. Кочетов, П.И. Пушной, В.А. Воробьев и др. // Уголь Украины. – 1992. - № 2. – С. 43-45.
16. Колесов О.А. Новые способы и средства обеспечения безопасности работ в шахтах // Уголь Украины. – 1991. - № 4, с. 4-12.
17. Морозов И.Ф., Шевяков Ф.Д., Аршава В.Г. Разработка выбросоопасных угольных пластов. – М.: Недра. – 1979. – 205 с.
18. Малышев Ю.Н., Айруни А.Т., Худин Ю.Л., Большинский М.И. Методы прогноза и способы предотвращения выбросов газа, угля и породы. – М.: Недра, 1995. – 352 с.
19. Большинский М.И., Николин В.И., Балинченко И.И., Симонов А.А. Борьба с выбросами угля и газа в шахтах. – М.: Недра. – 1981. – 44 с.
20. Агафонов А.В., Рубинский А.А., Радченко А.Г. Торпедирование в зонах геологических нарушений на пологих выбросоопасных пластах. // Уголь Украины. – 1995. - № 10. – С. 39-41.
21. Софийский К.К., Калфакциян А.П., Воробьев Е.А. Нетрадиционные способы предотвращения выбросов и добычи угля. – М.: Недра. – 1994. – 192 с.
22. Гидродинамическое воздействие – основное направление разработки нетрадиционных способов добычи угля и газа, предотвращения внезапных выбросов и дегазации угольных пластов / К.К. Софийский, В.Г. Александров, Е.А. Воробьев, В.Н. Жмыхов // Сб. научн. трудов: ИГТМ НАНУ Геотехническая механика. – Днепропетровск. Полиграфист. – 1998. - № 10. – с. 179-183.
23. Силин Д.П. Разработка параметров гидродинамического способа предотвращения внезапных выбросов

угля и газа при проведении пластовых выработок. Диссертация канд. техн. наук: 05.15.02 – Днепропетровск. – 2001. – 180 с.

24. Гидродинамическое воздействие на газонасыщенные угольные пласты / А.Ф.Булат, К.К.Софийский, Д.П.Силин, Э.И. Мучник, Е.Г.Барадудин, Д.М.Житленок, В.Н.Жмыхов, Е.А.Воробьев, А.П.Калфакчян. – Днепропетровск, 2003. – 220 с.

25. Состояние и перспективы решения проблемы газодинамических явлений в шахтах / А.И.Бобров, А.В.Агафонов, И.И.Баличенко и др. // Уголь Украины – 1997. - №2-3. – с. 9-13.

26. Бобров А.И., Фридман И.С. Новое направление повышения безопасности работ на выбросоопасных пластах // Уголь Украины – 1994. - №1. – с. 33-36.

27. Создать высокоэффективную и безопасную технологию разработки угольных месторождений на больших глубинах с применением нетрадиционного гидродинамического воздействия на выбросоопасные угольные пласты : Отчет о НИР / ИГТМ АН Украины; Рук. К.К.Софийский. – М 933; № г.р. 4.1.2/20; Инв.№ 5.41.02./20 – 93. – Днепропетровск, 1986. – 88 с.

УДК 622.831.322

М.Г. Корнилов
(ИГТМ НАН Украины)

К УРАВНЕНИЮ СОСТОЯНИЯ АДСОРБИРОВАННОГО МЕТАНА В УГОЛЬНОМ МАССИВЕ

Обґрунтована можливість застосування рівняння Хілла до адсорбції метану на вивірних вугіллях. Визначено сталі цього рівняння для вугілля різного ступеня метаморфізму.

TO EQUATION OF STATE OF AN ADSORBED METHANE IN COAL MASSIVE.

The possibility of application of the Hill's equation to adsorption on coal is justified. The constants of this equation for coals of a different extent of metamorphism are defined.

Моделирование состояния адсорбированного газа в углепородном массиве в настоящее время остается одним из самых важных в разработке методов дегазации. В настоящее время существует множество моделей для описания адсорбции.

Одной из первых предложенных моделей является модель Ленгмюра [1]. Ее основные положения следующие: каждая молекула занимает один адсорбционный центр; при адсорбции молекулы выделяется одинаковое количество теплоты; адсорбированные молекулы не взаимодействуют ни между собой, ни с газом. Вывод уравнения изотермы Ленгмюра основан на рассмотрении квазихимического равновесия, при котором принимается, что скорость протекания процесса адсорбции пропорциональна свободной поверхности, а скорость протекания десорбции пропорциональна занятой адсорбированными молекулами поверхности. Уравнение Ленгмюра имеет вид:

$$a = \frac{a_m K p}{1 + K p}, \quad (1)$$

где a – число занятых адсорбционных центров; a_m – общее число адсорбционных центров; K – константа; p – давление.