

УДК 622.831.322

В. И. Николин¹, О. Г. Худолей¹, А. С. Рыбалко²

¹ ГВУЗ Донецкий национальный технический университет, Донецк, Украина

² Шахта «Щегловская – Глубокая» ПАО «Шахтоуправление Донбасс», Донецк, Украина

Изменения проявлений выбросоопасности в шахтах Донбасса на глубинах более 1000 м

В статье рассматриваются некоторые аспекты добычи угля на больших глубинах. Приводится подтверждение гипотезы об уменьшении интенсификации проявлений выбросов угля и газа при увеличении глубины ведения горных работ.

Ключевые слова: выброс угля, горные работы, зона отжима.

К началу семидесятых годов прошлого столетия число разрабатываемых шахтопластов Донбасса возросло до 180 (1972 г – 181, 1973 г – 180, 1974 г – 180), что вызвало определенное беспокойство у горной научно-технической общественности Украины. Объяснялся этот факт увеличением глубины разработки.

Отдельные специалисты в области горного дела полагали, что на глубинах более 1000 м все угольные пласты Донбасса станут выбросоопасными.

В этот же период времени рядом ученых было высказано предположение о том, что мнение о росте числа внезапных выбросов угля и газа, их интенсивности при увеличении глубины разработки ошибочно. Учеными была выдвинута гипотеза, что на глубинах более 1000 м проявления выбросоопасности окажутся менее значительными [1, 2].

Названное утверждение в научном и практическом плане очень значимо для будущего современной угольной промышленности Украины, а поэтому потребовало выполнения многолетних специальных исследований. В данном направлении были разработаны, испытаны и позже стали нормативными региональный способ прогноза выбросоопасности шахтопластов, способ контроля эффективности предотвращения внезапных выбросов угля и газа (динамика газовыделения) и др.

За более чем двадцатилетний период времени (1970–1991 гг.) по вопросам, относящимся к природе влияния увеличения глубины разработки на прочностные и деформационные свойства углей и пород, на степень их метаморфизма (катагенеза), на природную газоносность и состав газов, на изменения состава растворов, содержащихся в поровых объемах, изменения структуры этих объемов, изменения склонности к разрушению при разгрузке, в том числе во время бурения скважин и т. д., и т. п., было выполнено множество исследований [1, 3–7].

Вследствие указанных исследований сформировалось убеждение, что на больших глубинах (> 1000 м) гораздо опасней глубокое внедрение ($> 1,5–2,0$ м) в выбросоопасный пласт, чем при ограниченной по глубине выемке во время обычной технологии узкозахватной добычи угля, кроме, может быть, струговой. Последнее положение доказывает опыт выполнения исследований по использованию струговой выемки.

Особенности струговой выемки, применяемой на шахтах Донбасса обычно при разработке шахтопластов мощностью ≤ 1 м, общеизвестны, но они, особенно организационно, в отдельных случаях недостаточно учитываются при разработке выбросоопасных пластов.

Тонкая полоска угля (сантиметры) вынимается (строгается) достаточно быстро. И если при выемке первой, второй, n -ой полос перераспределение упругих напряжений происходит практически мгновенно, то их дегазация столь мгновенно не происходит. Очередная $n + 1$ полоса угля до уровня дегазации, необходимой для предотвращения внезапного выброса, не достигается. Сказанное еще более усугубляет технологическая реальность искривления линии очистного забоя. Научного обоснования и технологических решений по этому аспекту работ найдено не было. Его заменила безлюдная выемка, что и обусловило значительное число выбросов в лавах при струговой выемке [4, 8], в том числе на глубинах 700–1100 м (рис. 1).

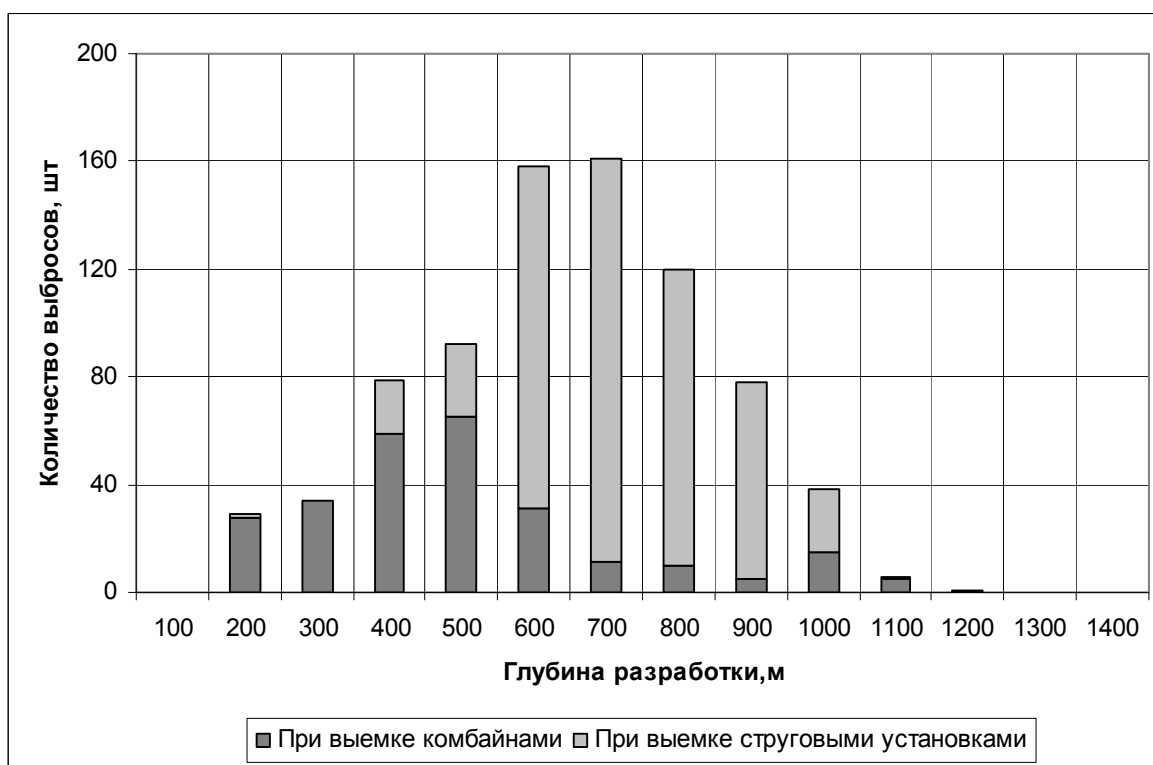


Рис. 1. Количество выбросов в лавах при комбайновой и струговой выемке за период с 1953 по 2006 гг.

Из мировой практики известно, что при выемке угля узкозахватными комбайнами в лавах пологих пластов мощностью более примерно 1,6–1,8 м, в том числе и на шахтах Донбасса, внезапные выбросы не происходят. Экспериментально, в частности на шахте № 21-бис ПО «Макеевуголь» [6], было доказано, это обуславливается тем, что выемка угля производится в зоне отжима [3, 5, 6], глубина которого при увеличении глубины разработки и мощности пластов увеличивается.

В 1989–1992 гг. учеными ДПИ (ДонНТУ) совместно с сотрудниками МакНИИ была разработана «Методика проведения промышленных испытаний способа отнесения лав выбросоопасных и особовыбросоопасных шахтопластов на больших глубинах к условно выбросоопасным». В соответствии с Приложением 2 [9] данная методика была рассмотрена на заседании секции Центральной комиссии по борьбе с внезапными выбросами угля (породы) и газа. Согласно приказу (ПО Донецкуголь №16 – 2 от 18.09.89, протокол №73 от 22 июня 1989г.) промышленные испытания способа были проведены на глубине 1070 м в 4-й восточной лаве пласта h_{10} «Ливенский» шахты им. М.И.Калинина с 28 августа по 28 ноября 1990 г. (без отмены гидрорыхления – I этап) и с 13 марта 1991 г. по 27 января 1992 г. (после официальной отмены гидрорыхления – II этап).

До начала проведения промышленных испытаний на шахте им. М. И. Калинина зарегистрировано 185 выбросов угля и газа, в том числе во 2-й восточной лаве гор.570 м 19.03.1971 при выемке угля узкозахватным комбайном 1К-101 с шириной захвата 0,63 м; 21.10.1972 г. в нижней нише 4-й восточной лавы силой 400 т при бурении шпура глубиной 3,5 м; 04.01.1973 г. при продувке шпура глубиной 1,8 м силой 100т.

Общее число выбросов угля и газа, включая последние 3 случая, убедительно доказывали особую выбросоопасность шахтопласта до глубины 1000 м.

Мощность пласта h_{10} «Ливенский» 1,22–1,33 м, угол падения 22–29°, объемный вес – 1,31 т/м³, $A^c = 11,4\%$, $V^{daf} = 19,3\%$, $X = 23–32$ м³/т.с.б.м.

В соответствии с методикой промышленных испытаний к основным критериям оценки степени выбросоопасности призабойной части пласта в лаве отнесены нормативные величины безопасной зоны разгрузки (l_p , м); поинтервально измеряемая начальная скорость газовыделения (динамика газовыделения, g_n , л/мин.).

В совместных исследованиях (МакНИИ и позже ДонНТУ) наряду с использованием нормативных критериев оценки выбросоопасности изучалась идея оценки изменения степени выбросоопасности призабойной части лавы по изменению содержания в ее газах инертного гелия, известного своими особыми свойствами.

Физическая сущность этого критерия отражает степень природно – технологической дегазации: чем она выше, тем меньше остаточная газоносность, меньше выбросоопасность. Но в различных пластах, свитах пластов, исходное (природное) содержание гелия может быть разным, поэтому сопоставление их по этому критерию выбросоопасности может оказаться ошибочным.

При содействии генерального директора ГП «Орджоникидзеуголь» Н.Ф.Семченко для определения сравнительного содержания гелия в составе газов призабойной части разрабатываемых пластов были использованы 2 прибора ИНГЕМ (индикатор гелия), которые для проведения исследований были предоставлены работниками космической промышленности СССР.

В шпурах глубиной до 3,5 м было отобрано 488 проб газов для измерения содержания в них гелия. Это пласты h_8 и h_{10} Смоляниновской свиты и пласт m_3 Горловской свиты, разрабатываемые на то время тринадцатю шахтами.

Анализ полученных результатов позволил утверждать, что содержание гелия в них различается более чем на порядки и не зависит от глубины разработки (450 – 900 м).

На шахтах ПО «Донецкуголь» («Глубокая», им.М.И.Калинина, им.газеты «Социалистический Донбасс») в условиях отсутствия существенного различия по V^{daf} (15 – 17 %) содержание гелия различается в 5 раз (0,15 – 0,03%). Количество зарегистрированных выбросов на первой и третьей шахтах соответственно 136 и 302.

В пласте h_{10} ($V^{daf} = 7,0–28,0\%$) содержание гелия на шести шахтах («Юнком», «Углегорская», им. 60-летия Украины, им. газеты «Социалистический Донбасс», им.М.И.Калинина, им.Горького) изменялось в пределах 0,012–0,121, т. е. различалось в 10,8 раз. На шахте им.М.И.Калинина зарегистрировано 137 выбросов угля и газа (среднее содержание гелия составило 0,075 %), а на шахте им. газеты «Социалистический Донбасс» 106 выбросов при содержании гелия 0,121 %.

В пласте m_3 на шести шахтах («Красный Октябрь», им.Изотова, им.Румянцева, им.Артема, им.Калинина, им.Бажанова) на глубинах разработки 730 – 898 м ($V^{daf} = 16,0 – 32,1\%$) содержание гелия изменялось в пределах 0,027 – 0,043%, т.е. больше чем в 1,5 раза.

В целом вполне можно считать, что промышленная проверка «Способа...» доказала надежность и реальность использования критерия содержания в газах призабойной части выбросоопасных пластов гелия как показателя отсутствия его дегазации, но никак не показателя выбросоопасности.

Описываемые промышленные испытания проводились в 4-й восточной лаве, которая отрабатывалась на глубине 1070 м по сплошной системе. Выемка угля производилась узкозахватным комбайном 1К-101 с шириной захвата 0,63 м. Конвейерный штрек проводится сотрясательным взрыванием одним забоем по угляю и породе.

На втором этапе промышленных испытаний подвигание лавы составило 182 м, произведено 30 циклов контрольных измерений глубины безопасной зоны разгрузки, содержащих 297 поинтервальных измерений g_n , отобрано 37 проб газов пласта для определения содержания в них гелия. Подвигание конвейерного штрека составило 179 м, произведено 30 циклов контрольных измерений g_n , отобрано из шпуров 24 пробы газов.

При длине шпуров для буровзрывных работ 2,5 м, предусмотренной паспортом, произошли три выброса: 27.07.91 г., 24.10.91 г., 09.12.91 г. и один микровыброс 25.05.91 г.

Среднее содержание гелия в пределах безопасной зоны разгрузки (l_p) составило 0,0004 %, а глубже нее – 0,0017 %. Оно было в 4,3 раза выше и хорошо подтвердило сам факт, названный нами «технологической дегазацией». Под ним предлагается понимать сложный геомеханический, как бы двухэтапный процесс.

Первый заключается в том, что ближайшая к выработанному пространству призабойная часть лавы во время выемки очередной полосы (ленты, стружки) разгружается. В ней становятся реальными деформации генетического возврата (ДГВ), включающие в том числе и деформации упругого восстановления, совместно обуславливающие дегазацию – выделение газов, которое количественно можно оценить по уменьшению содержания гелия. Именно этот процесс приводит

к устранению выбросоопасности и назван нами формированием зоны отжима. По изменению содержания гелия в составе газов призабойной части пласта – безопасной зоны разгрузки и за ее пределами вполне можно рассчитать уровень дегазации D , необходимой для предотвращения внезапных выбросов:

$$D = \frac{He_2}{He_1} \quad (1)$$

В нашем конкретном случае снижение природной газоносности составило практически 5 раз.

Второй процесс, происходящий одновременно с первым, характеризуется тем, что в нем разгрузка призабойной части напряженного угольного пласта не происходит и потому концентрация гелия в составе газов пласта не уменьшается.

При рассмотрении и утверждении результатов исследований компетентная комиссия констатировала, что допустимая глубина выемки ни в одном случае не была меньше предусмотренной паспортом (0,63 м), что в соответствии с «Методикой...» доказывает положительный результат промышленных испытаний. Акт приемки «Способа отнесения лав выбросоопасных и особовыбросоопасных шахтопластов на больших глубинах к условно выбросоопасным» подписан девятью членами комиссии, утвержден техническим директором ПО «Донецкуголь» В.В.Пудаком, и способ рекомендован в соответствии с [9,10] к внедрению. Согласование МакНИИ и отмена применения для предотвращения внезапных выбросов угля и газа гидрорыхления произведено 19.06.97 г. За почти четырнадцатилетний период применения способа при разработке пласта h_{10} «Ливенский» на шахте им. М. И. Калинина не зарегистрировано ни одной ошибки, что оценивается нами как доказательство роста зоны отжима на глубинах более 1000 м.

В соответствии с современным стандартом Минуглепрома Украины и изобретением [10,11] рост или снижение поинтервально измеряемой начальной скорости газовой выделенности для расчета l_p производится при $g_n \geq 0,8$ л/мин. По данным работников ВТБ шахты им. М. И. Калинина при глубине шпуров до 1,5 м и даже иногда до 2 м она, как правило $< 0,8$ л/мин. Для примера – доказательства в таблице 1 сведены результаты измерений в первой панельной лаве ЦПУ пласта h_{10} в январе – марте 2009 г.

Таблица 1 - Результаты поинтервальных измерений начальной скорости газовой выделенности

Месяцы 2009 г	Номера шпуров	Начальная скорость газовой выделенности, л/мин на глубине, м			Безопасная глубина выемки l_b , м
		2	2,5	3	
Январь	1	0,04	0,04	0,04	4,0
	2	0,04	0,08	0,11	4,0
	3	0,28	0,50	0,73	4,0
	4	0,19	0,68	1,05	2,2
Февраль	1	0	0	0	4,0
	2	0,05	0,13	0,15	4,0
	3	0,25	0,60	0,99	2,2
	4	0,33	0,89	1,47	2,2
Март	1	0,00	0,00	0,00	4,0
	2	0,00	0,90	0,27	4,0
	3	0,10	0,31	0,51	4,0
	4	0,19	0,37	0,69	4,0

В соответствии с [10] допустимая глубина выемки выбросоопасных шахтопластов определяется по динамике газовой выделенности или акустической эмиссии (АЭ), измеряемых во время бурения шпуров (скважин). В первом положении критерий достижения возможной выбросоопасности определен достаточно четко: это прекращение роста начальной скорости газовой выделенности, ее уменьшение.

По отношению к АЭ продолжительное время сохранялось и до сих пор сохраняется некоторая неопределенность, неоднозначность решений и представлений о природе и толковании природы изменения акустической эмиссии.

В сложившейся ситуации ученые ДонНТУ предложили администрации МакНИИ осуществить творчески совместное объединение двух подходов к оценке выбросоопасности призабойной части пластов для выработок глубоких шахт с целью конкретизации допустимой глубины выемки угля, исключающей возникновение внезапного выброса. Предложенный подход должен содержать два одновременно выполняемых этапа – разновидности измерений, исключающих влияние на регистрацию информации т.н. «человеческого» (по существу античеловеческого) фактора.

Условно первый этап: по динамике газовыделения измеряется глубина безопасной зоны разгрузки l_p , м, на которой из – за природно – технологической дегазации отсутствует выбросоопасность, происходит рост начальной скорости газовыделения, переходящий (перерастающий) в ее снижение [11].

Условно второй этап: при бурении уже названных шпуров в зоне l_p регистрируется энергия акустических сигналов E , соответствующая отсутствию опасности возникновения внезапного выброса, а регистрация $AЭ$ производится не только в каждом интервале по 0,5 м, но и в каждом полуинтервале, т. е. через 0,25 – 0,30 м.

Государственный департамент интеллектуальной собственности Украины в 2009 г. выдал ДонНТУ патент на «Способ определения безопасной глубины выемки угля выбросоопасного пласта» [12]. В настоящее время в соответствии с решением Центральной комиссии по вопросам вентиляции, дегазации, и борьбы с ГДЯ в шахтах угольной промышленности от 25.08.2009 г. на шахте «Щегловская – Глубокая» ШУ «Донбасс» в 3 – й восточной лаве пласта m_3 на горизонте 1220 м завершены горно – экспериментальные работы по проверке названного «Способа...». Динамика начальной скорости газовыделения и энергия акустических сигналов измерялась при бурении двух шпуров, в нижней нише лавы на расстоянии от ее стенок по 0,5 м: соответственно №№ 1,2, а шпур №3 в лаве на расстоянии от шпура №2 примерно 3,5 м. Результаты измерений в восьми циклах экспериментов (порядка 100 замеров) представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты измерений безопасной зоны разгрузки l_p в лаве выбросоопасного пласта m_3 на глубине 1220 м

Дата проведения эксперимента	№ шпура	Безопасная зона разгрузки l_p , м		Разница
		По динамике газовыделения, м	По показаниям энергии акустических сигналов, E^*	
02.09.09	1	2,0	1,8	0,2
	2	2,0	3,0	-1,0
	3	3,0	3,5	-0,5
17.09.09	1	2,0	1,3	0,7
	2	2,0	1,5	0,5
20.10.09	2	2,5	2,0	0,5
	3	3,0	2,3	0,7
28.10.09	1	2,0	2,0	0,0
	2	2,5	2,8	-0,3
03.11.09	1	2,0	2,5	-0,5
	2	2,5	3,0	-0,5
09.02.10	1	2,5	3,3	-0,8
	2	2,5	1,8	0,7
10.02.10	1	4,0	4,0	0,0
	2	4,0	4,0	0,0
23.02.10	1	3,5	3,5	0,0
	2	3,5	2,9	0,6

* Расчет выполнен по методике, предложенной канд. геол. – мин.наук Колчиным Г.И. (МакНИИ)

Совпадение результатов измерений в среднем вполне может быть признано удовлетворительным, а в целом приводит к следующим выводам.

Выводы

1. Уменьшение степени выбросоопасности призабойной части пластов «Ливенский» h_{10} и «Макеевский» m_3 на глубинах более 1000 м на шахтах им. М.И.Калинина и «Щегловская – Глубокая» можно считать экспериментально подтвержденным. Более того, только в четырех случаях в шпуре №1, ближайшем к массиву, $l_p = 2$ м, а в шпуре №2 четырежды она

- уже на 0,5 м больше, что вполне подтвердило ранее опубликованное прогнозное утверждение, содержащееся в [4]. В шпуре №3 она еще на 0,5 больше.
2. Основной причиной ее природы объясняем увеличением зоны отжима в лавах, что хорошо подтверждается существенным уменьшением содержания инертного гелия в газах угля безопасной зоны разгрузки.
 3. Опытно – промышленная проверка нового, предложенного совместно с МакНИИ способа измерения безопасной глубины выемки угля на глубинах, превышающих 1000 м, исключая «человеческий фактор», должна быть продолжена.

Библіографічний список

1. Николин В.И. Закономерности развития деформаций генетического возврата – научная основа снижения травматизма / В.И. Николин, В.И. Мордасов, С.В. Подкопаев. – Донецк: ДонНТУ, 2001. – 316 с.
2. Колесов О.А. Уголь в моей жизни / О.А. Колесов. – Донецк – Макеевка, 2006. – 204 с.
3. Снижение травматизма от проявлений горного давления / [В.И. Николин, С.В. Подкопаев, А.В. Агафонов и др.]. - Донецк: Норд – Пресс, 2005. – 332 с.
4. Николин В.И. Прогнозирование и устранение выбросоопасности при разработке угольных месторождений / В.И. Николин, М.П. Васильчук. — Липецк: Роскомпечать, 1977. – 496 с.
5. О связи деформаций генетического возврата напряженных горных пород с их влажностью: диплом на научную идею № А – 297 от 22.12.2003 / [В.И. Николин, С.В. Подкопаев, А.В. Агафонов и др.] // Сб. научных открытий. – 2004. - вып. 1.
6. Николин В.И. Борьба с выбросами угля и газа в шахтах / В.И. Николин, И.И. Балинченко, А.А. Симонов. — М.: Недра, 1981. — 304 с.
7. Забигаило В.Е. Влияние катагенеза горных пород и метаморфизма углей на их выбросоопасность / В.Е. Забигаило, В.И. Николин. — Киев: Наукова думка, 1990. — 168 с.
8. Выбросы угля, породы в шахтах Донбасса в 1906 – 2007 гг.: справочник / [Н.Е. Волошин, Л.А. Вайнштейн, А.М. Брюханов и др.]. - Донецк: СПД Дмитренко, 2008. – 920 с.
9. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа. — М.: ИГД им. Скочинского, 1989. — 191 с.
10. Правила ведення гірничих робіт на пластах, схильних до газодинамічних явищ: СОУ 10.1.00174088.011 – 2005 / Стандарт Мінвуглепрому України. - Макіївка: МакНДІ, 2006. – 225 с.
11. Способ определения безопасных зон призабойной части выбросоопасного угольного пласта: А.с. 588389: Бюллетень изобретений / [В.И. Николин, С.С. Меликсетов, Рубинский и др.]. - 1978. – № 2.
12. Спосіб визначення безпечної глибини виймання вугілля викидонебезпечною вугільного пласта: патент на корисну модель / [В.І. Ніколін, С.В. Подкопаєв, О.Г. Худолей та інш.]. - №48286; заявл. 10.03.2010.

Надійшла до редакції 18.02.2012

В. І. Ніколін¹, О. Г. Худолей¹, А. С. Рибалко²

¹ ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Донецьк, Україна

² Шахта «Щегловська–Глибока» ПАО «Шахтоуправління Донбас», Донецьк, Україна

Зміна проявів викидонебезпеки в шахтах Донбасу на глибинах більш ніж 1000 м

У статті розглядаються деякі аспекти видобутку вугілля на великих глибинах. Приводиться підтвердження гіпотези про зменшення інтенсифікації проявів викидів вугілля і газу при збільшенні глибини ведення гірничих робіт.

Ключові слова: викид вугілля, гірничі роботи, зона віджиму.

V. Nikolin¹, O. Hudoley¹, A. Rubalko²

¹ Donetsk National Technical University, Donetsk, Ukraine

² Sheglovskay-Glubokay” mine of PSC “Shakhtoupravlenie Donbass”, Donetsk, Ukraine

Change of Coal Burst Hazard in Donbas Mines at Depths of More than 1000 m

The paper considers some aspects of great depth mining. We confirmed a hypothesis that at a greater mining depth coal bursts intensification decreases.

Key words: coal burst, mining works.