

## ИЗМЕНЕНИЕ ВЫБРОСООПАСНОСТИ ГОРНОГО МАССИВА ПРИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

В.И. Гаврилов

Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины,  
Днепропетровск, Украина

Контроль за изменением выбросоопасности осуществлялся по параметрам акустического сигнала в процессе воздействия и во время работы очистного комплекса в зоне обработки с помощью аппаратуры АПСС-1 и программно-вычислительного комплекса. Обработка полученного сигнала в режиме реального времени производилась на персональном компьютере по программе МакНИИ. Анализ полученных результатов шахтных исследований показал, что прогноз «Опасно» в необработанной зоне угольного пласта выдавался с частотой в среднем 0,03 раза/м или один раз каждые 33,3 м подвигания забоя, в обработанной гидродинамическим воздействием (ГДВ) зоне прогноз «Опасно» не выдавался. Прогноз «Состояние ухудшается» в необработанной зоне выдавался с частотой 0,14 раза/м или один раз каждые 7,1 м подвигания забоя, а в обработанной зоне – с частотой 0,03 раза/м или один раз каждые 33,3 м подвигания, что в 4,7 раза реже. Исследования влияния ГДВ на величину коэффициента выбросоопасности угольного пласта в 24-й западной уклонной лаве показали, что по мере увеличения длины консоли непосредственной и основной кровель величина коэффициента выбросоопасности непрерывно возрастала. До входа лавы в обработанную зону из 1000 замеров в 30 случаях было зафиксировано значение коэффициента выбросоопасности более 3, при этом максимальное значение составляло 4,8 (критическое значение для данных условий  $k_0 = 3$ ), а на участке от ПК68 до ПК67+6 таких значений было 12. При выемке угля в обработанной зоне коэффициент выбросоопасности по данным 450 замеров снизился до 2,1, а его среднее значение на участке длиной 220 м (с ПК56 по ПК34) – 0,84.

Гидродинамическое воздействие приводит к существенному улучшению состояния угольного пласта с точки зрения его выбросоопасности, что обусловлено снижением содержания метана в пласте, увлажнением угля и расслоением пород кровли, способствующим равномерному развитию деформаций и перераспределению горного давления.

**Ключевые слова:** интенсификация дегазации угольного пласта, технологические скважины, гидродинамическое воздействие, десорбция метана, выбросоопасность, разгруженная зона, коэффициент дегазации.

## DYNAMICS OF OUTBURST HAZARD UNDER HYDRODYNAMIC IMPACT

V.I. Gavrilo

N.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the NAS of Ukraine,  
Dnepropetrovsk, Ukraine

Outburst hazard control is performed by acoustic signals during treatment and operation of the face equipment in the working area using the APSS-1 unit and programming and computing suite. Real-time processing of the signal obtained was performed on the PC following the algorithm by Makiivka Research Institute. The analysis of the results of mine studies has shown that the warning 'Danger' in the unhandled area of the coal bed was reported at a rate of 0.03 time/m, or once per each 33.3 m of face advance; in the area processed by hydrodynamic impact no 'Danger' warning was received. The 'higher risk' warning in the unhandled area was reported at 0.14 time/m, or once per 7.1 m of face advance; in the processed area at 0.03 time/m, or once per 33.3 m of advance, which is 4.7 times more rare. Research on hydrodynamic impact effects on outburst hazard factor for the coal bed located at the 24th western inclined face has showed that as the length of the console of the main and immediate roof grew the value of outburst hazard factor went constantly up. Prior to face penetration into the processed area 30 out of 1000 measurements reported outburst hazard factor surpassing 3. The highest value made 4.8 (a critical value for the given conditions  $k_0 = 3$ ). Within the areas from PK68 to PK67+6 there were registered twelve highest values. Coal extraction from the processed area produced an outburst hazard factor of 2.1 (following 450 measurements), while the average value on a section 220 m long, from PK56 to PK34, made 0.84. Hydrodynamic impact improves dramatically a condition of a coal bed in terms of outburst hazard, which is conditioned by lower content of methane, coal wetting and roof sheeting favouring even deformations and rock pressure redistribution.

**Keywords:** intensification of coal bed degassing, production wells, hydrodynamic impact, methane desorption, outburst hazard, relieved area, degassing factor.

На технологическую и экономическую эффективность подземной добычи угля весьма существенное влияние оказывает газовый фактор, который в первую очередь определяет безопасность труда. В подавляющем числе шахт мира с увеличением глубины горных работ повышается опасность образования скоплений и взрывов метановоздушных смесей, для предотвращения которых расходы на вентиляцию и борьбу с метаном в горных выработках постоянно увеличиваются [1–5].

Увеличение объемов и повышение рентабельности подземной добычи угля в шахтах при росте роли угля в общем потреблении теплоэнергоресурсов сдерживают постоянно увеличивающиеся затраты на добычу угля, одной из основных составляющих которых являются затраты на предотвращение и ликвидацию последствий негативных проявлений метана в шахтах и рост затрат на обеспечение безопасности подземных работ в условиях увеличения природного содержания метана в породных толщах.

Одним из основных направлений по сокращению негативного влияния выделений метана в шахтах является шахтная подземная и наземная дегазация.

При извлечении метана из под- и над-рабатываемых пластов и выработанного пространства имеет место сокращение обычных выделений метана в шахтах, но практически не устраняется опасность скопления газа в подготовительных и очистных забоях, т.е. в местах непрерывного обнажения свежих метаноотдающих поверхностей угольных пластов. Сложившаяся ситуация вызвала необходимость существенного повышения безопасности труда в условиях роста выделений метана и создания конкурентоспособных технологий подземной добычи угля, одновременно учитывающих все технологические, экономические и экологические аспекты горных работ в усложняющихся геологических условиях [6–10].

В настоящее время существуют различные способы дегазации, которые ба-

зируются на бурении скважин с поверхности земли, по угольному пласту, в породы кровли и почвы. Необходимо отметить, что методы дегазации, существующие на шахтах, не в полной мере учитывают характер протекающих в углелепородном массиве геомеханических процессов и реакцию на них различных по литологическому составу слоев пород. Изменения глубины работ, горно-геологических и геодинамических условий существенным образом влияют на безопасность работ, поведение горного массива, степень выделения и перераспределения метана в горных выработках. В настоящее время фактически отсутствуют достоверные и обоснованные технологии и методики определения пространственных и временных параметров источников газовыделения в горные выработки, что препятствует правильной организации работ по дегазации, целевому заложению дегазационных скважин на конкретные источники газовыделения, последовательности проведения буровых и дегазационных работ. Не рассматриваются проблемы интенсификации предварительной дегазации угольных пластов путем искусственного возбуждения в них геодинамических процессов, способствующих увеличению газоотдачи, что применяется на угольных месторождениях других стран. Не учитываются в должной степени и специфические горно-геологические условия пород Донбасса и отдельных его углепромышленных районов, такие как низкая проницаемость и повышение трещиноватости с глубиной горных работ [11–15].

Пластовая дегазация угольного пласта из подземных выработок имеет определенные ограничения по эффективности, что связано с ограниченным временем функционирования пластовых скважин (недостаточное временное опережение подготовительными работами очистных), снижением проницаемости пласта с увеличением глубины его залегания и невозможностью проведения ак-

тивных воздействий на углепородную толщу для увеличения ее природной газопроницаемости из-за недостатка времени и близости горных выработок к объекту дегазации.

Разработанный в Институте геотехнической механики НАН Украины метод гидродинамического воздействия на угольный массив позволяет интенсифицировать дегазацию из низкопроницаемых угольных пластов, сделать ее более глубокой, снизить и равномерно распределить горное давление, разрушить и увлажнить уголь, что позволяет максимально повысить эффективность и безопасность добычных работ<sup>1</sup> [16, 17].

Для повышения нагрузки на лаву и обеспечения безопасности горных работ в соответствии с «Временным руководством по интенсификации дегазации гидродинамическим воздействием отработываемых угольных пластов», «Программой и методикой интенсификации дегазации 23-й восточной уклонной лавы пласта  $i_3^1$  способом гидродинамического воздействия на угольный пласт», «Проектом интенсификации дегазации 24-й западной уклонной лавы пласта  $i_3^1$  СП «Шахтоуправления «Суходольское-Восточное»» способом гидродинамического воздействия на угольный пласт» и другими документами проводились горно-экспериментальные работы по интенсификации дегазации гидродинамическим воздействием угольного пласта  $i_3^1$ .

Угольный пласт  $i_3^1$  на глубине 1040 м отработывался 23-й восточной и 24-й западной уклонными лавами в условиях СП «Шахтоуправление «Суходольское-Восточное»» ОАО «Краснодонуголь». Пласт опасен по взрыву пыли и внезапным вы-

бросам угля и газа. Природная метаносность – 22,5–27,0 м<sup>3</sup>/т с.б.г.м., обводнен (приток до 2 м<sup>3</sup>/ч). Песчаники основной кровли и почвы выбросоопасны.

Выемка угля осуществлялась комбайном 2ГШ-68 с механизированной четырехстоечной крепью ЗКД-90г. Управление кровлей – полное обрушение. Дегазация лав осуществлялась путем бурения подземных скважин в породы кровли из воздухоподающих штреков вслед за подвиганием лавы кустами по три штуки с интервалом между устьями 15–20 м и отсосом газа поверхностной передвижной дегазационной установкой по имеющемуся трубопроводу одним насосом НВ-50. Общая эффективность дегазации пород кровли не превышала 60 %, что не позволяло достичь паспортной производительности комплекса. Исходя из ограничений по газовому фактору нормативная нагрузка на лаву составляла 1100 т/сут (три цикла выемки). При прогнозе «Опасно» и выполнении противовыбросных мероприятий – два цикла выемки в сутки.

Из конвейерных штреков 23-й восточной и 24-й западной уклонных лав было пробурено 13 технологических и 11 дегазационных скважин диаметром 76 мм и длиной по угляю до 100 м. Технологические скважины бурились через породы кровли на угольный пласт на расстоянии друг от друга 30–40 м, дегазационные – по угольному пласту и располагались между технологическими.

По окончании бурения технологической скважины на необходимую длину ее породная часть разбуривалась до диаметра 150 мм под обсадные металлические трубы. Обсадные трубы диаметром 102–114 мм устанавливались в скважину и герметизировались песчано-цементным раствором.

После затвердевания раствора на выступающий из скважины отрезок обсадной трубы производился монтаж модифицированной задвижки ЗВД200/4 для подачи жидкости в скважину и регулировка насосного оборудования.

<sup>1</sup> А. с. 1464582 СССР, МКИ<sup>4</sup> E21F5/00. Способ предотвращения внезапных выбросов угля и газа / К.К. Софийский, Г.А. Шевелев, Э.И. Мучник, В.А. Олейник, М.Ф. Малюга, А.В. Кулинич (СССР). № 1081356, Заявл. 05.08.1986; Опубл. 08.11.88. ДСП.

Гидродинамическое воздействие на угольный пласт заключается в периодической подаче в технологическую скважину воды под давлением не выше 10 МПа и сбросом его при открывании клина ЗВД-200/4 в течение 0,5–1,0 с до 0–2 МПа с выпуском пульпы, состоящей из разрушенного угля, газа и воды.

Газовыделение из технологических скважин начиналось через сутки после воздействия. Одновременно с технологическими скважинами активно работали расположенные рядом дегазационные скважины. Радиус воздействия технологических скважин составил 25 м. В результате гидродинамического воздействия через технологические скважины на участке 24-й западной уклонной лавы концентрация метана в исходящих струях участка и лавы снизилась с 0,67 и 0,76 % до 0,38 и 0,47 % соответственно, т.е. в 1,8 и 1,7 раза. Динамика метановыделения из скважины представлена на рис. 1.

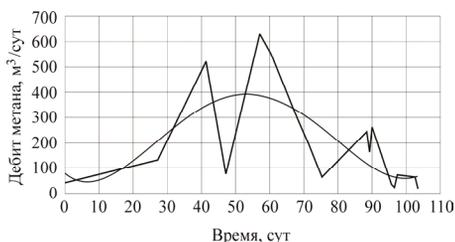


Рис. 1. Динамика метановыделения из технологической скважины, пробуренной на ПК41+1 м

Были обработаны участки угольного пласта суммарной протяженностью свыше 700 м и извлечено более 530 тыс. м³ метана. Коэффициент дегазации обработанных зон составил 0,31. При ведении очистных работ в этих зонах признаков газодинамических явлений не наблюдалось.

Одновременно с отработкой параметров гидродинамического воздействия для интенсификации дегазации угольного пласта  $i_3^1$  велись наблюдения за состоянием пород кровли в зоне обработки

(рис. 2) и параметрами акустического сигнала при помощи системы АПСС<sup>2</sup>.

Было установлено, что развитие межслоевых деформаций в толще пород кровли происходит до 30 м и на расстояние 60–80 м в обе стороны от скважины. При этом проявляется кратность, близкая к двум, что способствует равномерному развитию деформаций пород кровли и дегазации угольного пласта при его отработке.

В результате равномерного распределения горного давления, разрушения и увлажнения угля вокруг скважин, интенсивного выделения метана изменяется напряженно-деформированное состояние углелепородного массива. Контроль за этими процессами осуществлялся по параметрам акустического сигнала в процессе воздействия и во время работы очистного комплекса в зоне обработки по программам «Гидрорыхление» и Zond<sup>3</sup> [18].

Способ контроля выбросоопасности основан на зависимости параметров акустического сигнала, возникающего при воздействии на угольный пласт добычного оборудования, от напряженно-деформированного состояния массива и предназначен для выявления опасных по выбросам угля и газа зон непосредственно комбайновой части лавы и ниш.

Для регистрации акустического сигнала на расстоянии 10–40 м от сопряжения лавы с конвейерным штреком на элементах крепи устанавливали сеймоприемники (подземные блоки АПСС). Регистрация и обработка акустического сигнала осуществлялась одновременно по двум каналам и непрерывно в пределах одного цикла выемки угля – снятия полосы угля по всему забою или в нише.

Обработку сигнала по программе Prognoz v.4 осуществляли после сообщения горного мастера или звеньевому оператору прогноза о расстоянии от пикета

<sup>2</sup> СОУ 10.1.00174088.011–2005. Правила ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям / Минуглепром Украины. Киев, 2005. 225 с.

<sup>3</sup> Там же.

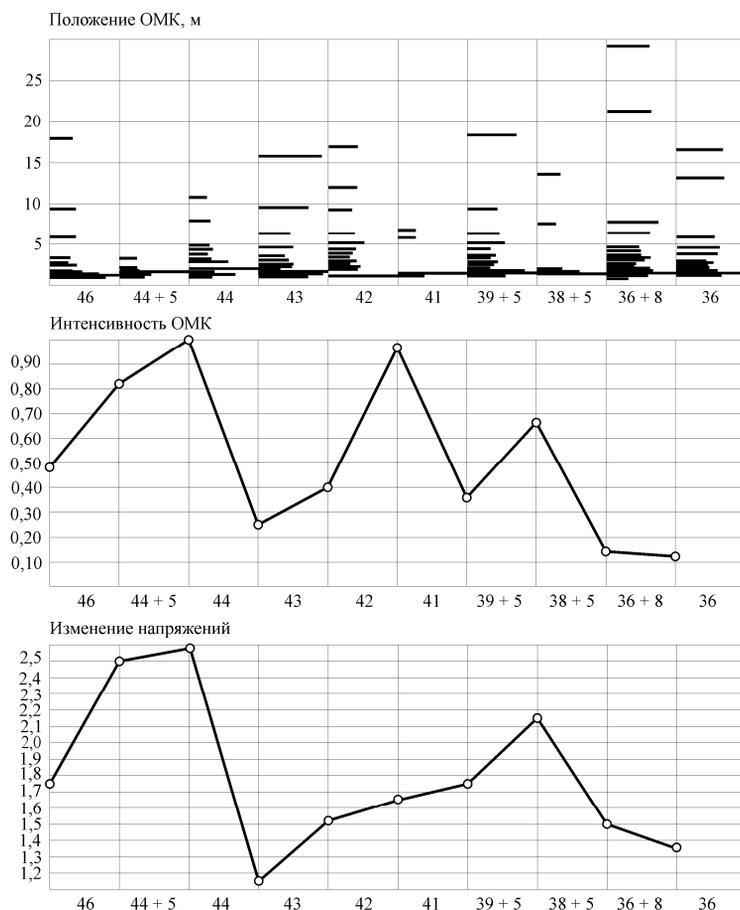


Рис. 2. Расположение и интенсивность ослабления межслоевых контактов (ОМК) в результате гидродинамического воздействия

до забоя, положении комбайна в забое и времени начала работы комбайна по забою или в нише. Обработка сигнала завершалась после сообщения оператору об окончании работ по забою и о положении комбайна в лаве. Для контроля за технологическими процессами запись акустического сигнала на регистраторе осуществляли круглосуточно.

Для качественной оценки выбросоопасности использовали коэффициент выбросоопасности, равный отношению высокочастотной составляющей к низкочастотной, и частоту максимальной амплитуды спектра. Прогноз «Опасно» выдавался в случае, если опасная ситуация

фиксировалась не менее чем в двух циклах выемки на протяжении шести циклов подвигания забоя. Прогноз «Опасно» отменялся после получения последнего сообщения «Опасная ситуация» и отработки шестиметровой зоны запаса с прогнозом «Неопасно».

За устойчивый рост значений коэффициента выбросоопасности принимали его увеличение в три и более раз на протяжении последних 20 циклов подвигания забоя.

Границы опасных зон в очистном забое уточнялись бурением по всему забою контрольных шпуров с шагом 10 м и длиной не менее удвоенной мощности

угольного пласта, но не менее 3,0 м. При бурении определяли величину зоны разгрузки по динамике начальной скорости газовыделения в соответствии с руководством [18]. Если минимальная безопасная глубина выемки была больше ширины полосы вынимаемого угля, то после двухчасового отстоя и повторного контроля величины зоны разгрузки разрешалась выемка полосы угля.

На участке 23 восточной уклонной лавы пласта  $i_3^1$  протяженностью 752 м прогноз «Опасно» выдавался 18 раз (все прогнозы в необработанной зоне), прогноз «Состояние ухудшается» – 91 раз (из них 88 раз в необработанной зоне и 3 раза в обработанной), прогноз «Опасно по проявлениям горного давления» – 30 раз (21 раз в необработанной зоне и 9 раз в обработанной). Удельная частота прогноза «Опасно» в необработанной зоне составила 0,03 раз/м (т.е. один раз каждые 33,3 м продвижения), в обработанной – не выдавался; прогноза «Состояние ухудшается» – 0,14 и 0,03 раз/м (в 4,7 раза реже) соответственно; прогноза «Опасно по проявлениям горного давления» – 0,03 и 0,08 раз/м (чаще в 2,7 раз) соответственно. Увеличение частоты последнего прогноза обусловлено выходом очистного забоя из обработанной зоны с увлажненным углем и входом в угольный пласт, который не подвергался гидродинамическому воздействию.

Исследования изменения коэффициента выбросоопасности угольного пласта в результате гидродинамического воздействия при ведении работ по интенсификации дегазации 24-й западной уклонной лавы показали, что критическое значение коэффициента выбросоопасности для данных условий составляло не менее 3 (при достижении этого значения выдавался прогноз «Опасно»). Изменение коэффициента выбросоопасности по мере продвижения лавы приведено на рис. 3. Лава двигалась в направлении от монтажной камеры к грузовому уклону. Длина угольного столба составляла 900 м.

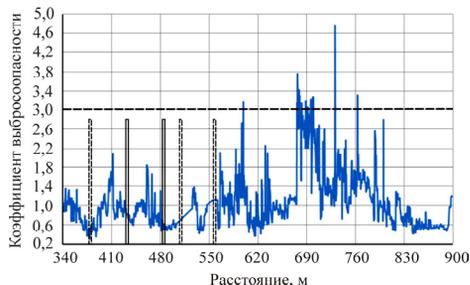


Рис. 3. Изменение коэффициента выбросоопасности по мере продвижения очистного забоя к обработанной зоне:  $\cdots$  – дегазационная скважина;  $\text{—}$  – технологическая скважина

Из рис. 3 видно, что по мере отхода очистного забоя от монтажной камеры и увеличения консоли основной кровли величина коэффициента выбросоопасности постоянно росла и к 760 м впервые превысила критическое значение. До входа лавы в обработанную зону, начинающуюся с 560 м, из 1000 замеров в 30 случаях было зафиксировано значение коэффициента выбросоопасности более 3 (при этом максимальное значение составляло 4,8), а на участке длиной 4 м от 680 до 676 м таких значений было 12. Среднестатистический коэффициент выбросоопасности в необработанной зоне протяженностью 340 м (от 900 до 560 м) составил 1,2.

При выемке угля в обработанной зоне коэффициент выбросоопасности существенно снизился. По данным 450 замеров его максимальное значение составило 2,1, а среднестатистическое значение на участке длиной 220 м (с 560 по 340 м) – 0,84.

Это подтверждают замеры начальной скорости газовыделения из пласта и величины зоны разгрузки призабойной части пласта. Величины зон разгрузки угольного пласта после получения прогноза «Опасно» и выполнения противовыбросного мероприятия (гидрорыхления) показали эффективность его применения и в среднем составляли 3,5 м. Однако величина начальной скорости газовыделения из шпуров зачастую оставалась довольно высокой и достигала зна-

чений 5 л/мин, что свидетельствовало о высокой потенциальной энергии пластового метана.

В результате гидродинамического воздействия величина начальной скорости газовой выделенности в обработанной зоне на глубине 3,5 м в среднем составляла 0,6 л/мин, т.е. в 3,3 раза меньше, чем после гидрорыхления.

Таким образом, гидродинамическое воздействие приводит к существенному улучшению состояния угольного пласта с точки зрения его выбросоопасности, что обусловлено снижением содержания метана в пласте, увлажнением угля и расслоением пород кровли, способствующим равномерному развитию деформаций и перераспределению горного давления.

#### Список литературы

1. Методы прогноза и способы предотвращения выбросов газа, угля и пород / Ю.Н. Малышев, А.Т. Айруни, Ю.Л. Худин, М.И. Болшинский. – М.: Недра, 1995. – 352 с.
2. Веселы Р., Фридрих А., Сдуновски Р. Новое в проектировании высокопроизводительных добычных участков в отношении схем проветривания, микроклимата и газовой выделенности // *Глюкауф*. – 2002. – № 4. – С. 28–44.
3. Опыт отработки высокоопасного пласта на большой глубине на шахте им. А.Ф. Засядько / И. Ефремов, Б. Бокий, А. Левин, Г. Филипп // *Глюкауф*. – 2001. – № 2(4). – С. 48–54.
4. Звягильский Е.Л., Бокий Б.В., Касимов О.И. Перспективы развития дегазации на шахте им. А.Ф. Засядько // *Уголь Украины*. – 2003. – № 12. – С. 35–39.
5. Ушаков К.З., Колмаков В.А. Газовый барьер угольных шахт. – М.: Недра, 1975. – 200 с.
6. Пучков Л.А., Слостунув С.В., Баймухаметов С.К. Новые технологии извлечения метана из угольной толщи на полях действующих шахт для повышения безопасности горных работ // *Горн. информ.-аналит. бюл.* – 2001. – № 5. – С. 6–14.
7. Опыт интенсивной дегазации выемочных участков: обзор / И.В. Сергеев, В.С. Забурдяев, Д.И. Бухны, Б.Е. Рудаков / ЦНИИУголь. – М., 1989. – 35 с.
8. Ножкин Н.В. Заблаговременная дегазация угольных месторождений. – М.: Недра, 1979. – 271 с.
9. Терентьев Б.Д., Смирнов В.С., Груздев В.А. Исследование газового режима выемочных участков // *Горн. информ.-аналит. бюл.* – 2002. – № 8. – С. 154–156.
10. Малышев Ю.Н., Айруни А.Т., Зверев И.В. Высокопроизводительная технология дегазации метаносных угольных пластов на больших глубинах // *Горн. информ.-аналит. бюл.* – 1997. – № 6. – С. 78–87.
11. Ильяшов М.А. Влияние производительности и скорости продвижения забоя на газовый баланс выемочного участка // *Горный журнал*. – 2010. – № 7. – С. 100–102.
12. Дурнин М.К. Метан угольных пластов: дегазация и утилизация / Ин-т горн. дела им. А.А. Скочинского. – М., 2003. – Вып. 324. – С. 56–66.
13. Вацковский Б.В., Липчанский А.Ф., Филиппов Ю.А. О предупреждении внезапных выбросов в угольных шахтах // *Горн. информ.-аналит. бюл.* – 2007. – № 13. – С. 164–173.
14. Радченко А.Г. Исследование проявления выбросоопасности угольных пластов Донбасса при бурении скважин и шпуров в различных горно-геологических условиях // *Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах / Макеев. науч.-исслед. ин-т.* – Макеевка, 1993. – С. 14–21.
15. Морозов И.Ф., Шевяков Ф.Д., Аршава В.Г. Разработка выбросоопасных угольных пластов. – М.: Недра, 1979. – 205 с.
16. Софийский К.К., Калфакчиян А.П., Воробьев Е.А. Нетрадиционные способы предотвращения выбросов и добычи угля. – М.: Недра, 1994. – 192 с.
17. Гаврилов В.И., Курносов С.А. Влияние гидродинамического воздействия через скважины на состояние газонасыщенного угольного пласта // *Геотехническая механика / Ин-т геотехн. механики НАН Украины*. – Днепрпетровск, 2002. – Вып. 37. – С. 89–92.
18. Руководство по применению на шахтах Донбасса способа автоматизированного контроля выбросоопасности в очистных выработках по параметрам техногенного акустического сигнала. – Макеевка, 2000. – 27 с.

#### References

1. Malyshev Yu.N., Airuni A.T., Khudin Yu.L., Bol'shinskii M.I. Metody prognoza i sposoby predotvrashcheniia vybrosov gaza, uglia i porod [Methods of forecast and techniques of preventing gas, coal and rock burst]. Moscow: Nedra, 1995. 352 p.
2. Vesely R., Fridrikh A., Sdunovskii R. Novoe v proektirovanii vysokoproduktivnykh dobychnykh uchastkov v otnoshenii skhem provetrvaniia, mikroklimata i gazovydeleniia [New trends in designing high-output working areas in terms of ventilation, microclimate and gas control]. *Gliukauf*, 2002, no. 4, pp. 28–44.
3. Efremov I., Bokii B., Levin A., Filipp G. Opyt otrabotki vysokopasnoogo plasta na bol'shoi glubine na shakhte im. A.F. Zasiad'ko [Report on high-risk bed mining at big depths in the A.F. Zasiadko mine]. *Gliukauf*, 2001, no. 2(4), pp. 48–54.
4. Zviagil'skii E.L., Bokii B.V., Kasimov O.I. Perspektivy razvitiia degazatsii na shakhte imeni A.F. Zasiad'ko [Avenues of gas drainage development in the A.F. Zasiadko mine]. *Ugol' Ukrainy*, 2003, no. 12, pp. 35–39.
5. Ushakov K.Z., Kolmakov V.A. Gazovyi bar'er ugo'nykh shakht [Gas barrier in coal mines]. Moscow: Nedra, 1975. 200 p.
6. Puchkov L.A., Slastunov S.V., Baimukhametov S.K. Novye tekhnologii izvlecheniia metana iz ugleosnoi tolschi na poliakh deistvuiushchikh shakht dlia povysheniia bezopasnosti gornykh rabot [New technologies of methane extraction from coal bed in operated mines to improve mining safety]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten'*, 2001, no. 5, pp. 6–14.
7. Sergeev I.V., Zaburdiaev V.S., Bukhny D.I., Rudakov B.E. Opyt intensivnoi degazatsii vyemochnykh uchastkov. Obzor [The case of intensive gas drainage on working areas. Review]. Moscow: TsNIEUgol', 1989. 35 p.
8. Nozhkin N.V. Zablagovremennaiia degazatsiia ugo'nykh mestorozhdenii [Preliminary gas drainage in coal beds]. Moscow: Nedra, 1979. 271 p.
9. Terent'ev B.D., Smirnov V.S., Gruzdev V.A. Issledovanie gazovogo rezhima vyemochnykh uchastkov [Research of gas drive in working areas]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten'*, 2002, no. 8, pp. 154–156.
10. Malyshev Yu.N., Airuni A.T., Zverev I.V. Vysokoproduktivnaia tekhnologiya degazatsii metanonosnykh ugo'nykh plastov na bol'shikh glubinakh [High performance technology of drainage of methane bearing coal seams at big depths]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten'*, 1997, no. 6, pp. 78–87.
11. Iliashov M.A. Vliianie proizvoditel'nosti i skorosti podviganiia zaboia na gazovyi balans vyemochnogo uchastka [Influence of performance and rate of target advance on gas balance in working areas]. *Gornyi zhurnal*, 2010, no. 7, pp. 100–102.
12. Durnin M.K. Metan ugo'nykh plastov: degazatsiia i utilizatsiia [Methane in coal seams: drainage and recovery]. Moscow: Institut gornogo dela imeni A.A. Skochinskogo, 2003, no. 324, pp. 56–66.
13. Vatskovskii B.V., Lipchanskii A.F., Filippov Yu.A. O preduprezhdenii vnezapnykh vybrosov v ugo'nykh shakhtakh [Prevention of sudden gas outbursts in coal mines]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten'*, 2007, no. 13, pp. 164–173.

14. Radchenko A.G. Issledovanie proiavleniia vybrosoopasnosti ugol'nykh plastov Donbassa pri burenii skvazhin i shpurov v razlichnykh gorno-geologicheskikh usloviiahk [Research into outburst hazard of coal seams in drilling wells and boreholes in different mining-and-geological conditions]. *Sposoby i sredstva sozdaniia bezopasnykh i zdorovykh uslovii truda v ugol'nykh shakhtakh*. Makeevskii nauchno-issledovatel'skii institut, 1993, pp. 14–21.

15. Morozov I.F., Sheviakov F.D., Arshava V.G. Razrabotka vybrosoopasnykh ugol'nykh plastov [Development of outburst-prone coal seams]. Moscow: Nedra, 1979. 205 p.

16. Sofitskii K.K., Kalfakchiian A.P., Vorob'ev E.A. Netraditsionnye sposoby predotvrashcheniia vybrosov i dobychi uglia [Nonconventional techniques of outburst prevention and coal extraction]. Moscow: Nedra, 1994. 192 p.

17. Gavrilov V.I., Kurnosov S.A. Vliianie gidrodinamicheskogo vozdeistviia cherez skvazhiny na sostoianie gazonasyshchennogo ugol'nogo plasta [Hydrodynamic well influence on gas-saturated coal seam]. *Geotekhnicheskaiia mekhanika*. Dnepropetrovsk: Institut geotekhnicheskoi mekhaniki Natsional'noi akademii nauk Ukrainy, 2002, no. 37, pp. 89–92.

18. Rukovodstvo po primeneniui na shakhtakh Donbassa sposoba avtomatizirovannogo kontroliia vybrosoopasnosti v ochestnykh vyrabotkakh po parametram tekhnogenogo akusticheskogo signala [Guidelines for application of automated control of outburst hazard in stopes using parameters of industrial acoustic signal in Donets Basin]. Makeevka, 2000. 27 p.

#### Об авторе

**Гаврилов Вячеслав Иванович** (Днепропетровск, Украина) – кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела проблем подземной технологии разработки угольных месторождений Института геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины (49005, г. Днепропетровск, ул. Симферопольская, 2-А; e-mail: igtm16@yandex.ru, gavrilov.slawick@yandex.ru).

#### About the autor

**Viacheslav I. Gavrilov** (Dnepropetrovsk, Ukraine) – Ph. D. in Technical Sciences, Senior Researcher, Department of Underground Technology of Coal Deposit Development, N.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the NAS of Ukraine (49005, Dnepropetrovsk, Simferopolskaya st., 2-A; e-mail: igtm16@yandex.ru, gavrilov.slawick@yandex.ru).

Получено 11.09.2014

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Гаврилов В.И. Изменение выбросоопасности горного массива при гидродинамическом воздействии // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2014. – № 13. – С. 77–84. DOI: 10.15593/2224-9923/2014.13.8

Please cite this article in English as:

Gavrilov V.I. Dynamics of outburst hazard under hydrodynamic impact. *Bulletin of PNRPU. Geology. Oil & Gas Engineering & Mining*, 2014, no. 13, pp. 77–84. DOI: 10.15593/2224-9923/2014.13.8