
УДК622.831.322:622.831.325

Софийский К.К., д-р техн. наук, профессор
Гаврилов В.И., канд. техн. наук, ст. науч. сотр.
Власенко В.В.
(ИГТМ НАН Украины)

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ДЕГАЗАЦИИ ПОЛОГОГО УГОЛЬНОГО
ПЛАСТА i_3^1 ГИДРОДИНАМИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ**

Софійський К.К., д-р техн. наук, професор
Гаврилов В.І., канд. техн. наук, ст. наук. співроб.
Власенко В.В.
(ИГТМ НАН України)

**ИНТЕНСИФІКАЦІЯ ДЕГАЗАЦІЇ ПОЛОГОГО ВУГІЛЬНОГО
ПЛАСТА i_3^1 ГІДРОДИНАМІЧНОЮ ДІЄЮ**

Sofiiskyi K.K., D.Sc. (Tech.), Professor
Gavrylov V.I., Ph.D. (Tech.), Senior Researcher
Vlasenko V.V.
(IGTM NAS of Ukraine)

**INTENSIFICATION DEGASSING SHALLOW COAL SEAM i_3^1 OF
HYDRODYNAMIC IMPACT**

Аннотация. *Объект исследований* – процессы, происходящие в массиве горных пород, при гидродинамическом воздействии на него через скважины, пробуренные из подготовительных выработок через породы почвы или кровли на угольный пласт. *Цель работы* состоит в оценке эффективности гидродинамического воздействия на газонасыщенный угольный пласт i_3^1 через подземные скважины для интенсификации его дегазации. *Предмет исследования* – параметры способа гидродинамического воздействия на напряженный газонасыщенный пологий угольный пласт. *Методы исследований* – шахтный эксперимент, статистическая обработка данных. Шахтные экспериментальные работы по интенсификации дегазации пласта i_3^1 23 восточной уклонной лавы шахты «Суходольская-Восточная» гидродинамическим воздействием показали, что газовыделение из пологого пласта имеет пикообразный характер с максимумом на 60-100 сутки. Газовыделение из дегазационных и технологических скважин существенно зависит от расстояния до лавы: минимальное приходится на 100 и более метров, максимальное – на 30-40 м. Для получения обработанной зоны угольного пласта с коэффициентом дегазации не менее 0,3 необходимо производить гидродинамическое воздействие не позднее, чем за 6 мес до подхода лавы к скважинам.

Ключевые слова: подготовительная выработка, технологическая скважина, гидродинамическое воздействие, газовыделение, дегазация.

Дегазация угольных пластов применяется на многих шахтах, разрабатывающих высокогазоносные и выбросоопасные пласты. Уменьшение содержания метана в угольных пластах и в вмещающих породах приводит к снижению

газодинамической активности углепородного массива и повышению безопасности ведения горных работ. Однако, применяемые в настоящее время способы дегазации угольных пластов зачастую не обеспечивают необходимую степень их дегазации [1-3].

Результаты изучения геомеханических процессов, протекающих в массиве при ведении очистных и подготовительных работ, полученные ИГТМ НАН Украины, показывают возможность значительного увеличения степени дегазации угольных пластов при применении способов интенсификации газовыделения и увеличения зон дренирования газа вокруг скважин при одновременном уменьшении времени на производство работ по дегазации [4, 5].

Положительные результаты применения метода гидродинамического воздействия (ГДВ) в условиях ведения очистных работ на крутых пластах и подготовительных на крутых и пологих пластах дают основание для расширения области его применения на пологих пластах при комбайновой выемке угля, а также для работ, связанных с подготовкой добычного участка.

Цель данной статьи состоит в оценке эффективности гидродинамического воздействия на газонасыщенный угольный пласт i_3^1 через подземные скважины для интенсификации его дегазации в условиях 23 восточной уклонной лавы СП «Шахтоуправление «Суходольское-Восточное».

Методы исследований – шахтный эксперимент, статистическая обработка данных.

Угольный пласт i_3^1 имеет сложное трехпачечное строение общей мощностью 2,38 м. Вынимаемая мощность – 2,5 м. Суммарная мощность породных прослоек - 0,6 м. Пласт залегает моноклиально с углом падения 6-14⁰ на север.

Уголь марки К черный, полублестящий, текстура горизонтально слоистая, сцепление слабое. Уголь средней крепости $f_{кр}=1,5$ и устойчивости. Пласт опасен по внезапным выбросам угля и газа, взрыву пыли. Сопротивление угля резанию – 200 кг/см. Природная метаноносность - 22,5-22,8 м³/т с.б.г.м. Плотность угля – 1,47 т/м³. выход летучих – 26,7-27,1 %. Влажность – 0,5-4,5 %.

Непосредственная кровля представлена алевролитом тонкозернистым, слюдистым, горизонтально слоистым, слаботрещиноватым, средней крепости $f_{кр}=5-6$, мощностью от 2,5 до 9,4 м, неустойчивым (A_1-A_2), легкообрушаемым (B_2-B_3). Присутствует ложная кровля мощностью 0,12 м.

Основная кровля сложена выбросоопасным песчаником разнозернистым, кварцевополевошпатным, слюдистым, трещиноватым средней крепости $f_{кр}=7-9$. Мощность – 0-13,6 м, плотность – 2,74 т/м³. Категория по обрушаемости – B_4 , по устойчивости – A_2 . Природная метаноносность – 1,5 м³/т. На некоторых участках наблюдается переслаивание алевролитом мелкозернистым, среднеобрушаемым и среднеустойчивым.

Непосредственная почва – алевролит тонкозернистый, горизонтально слоистый с углефицированными отпечатками растительности, слаботрещиноватый, устойчивый ($П_2-П_3$), мощностью 6-14 м. Крепость $f_{кр}=5-6$, плотность – 2,72 т/м³.

Температура вмещающих пород – 30-33 °С.

Очистные работы в 23 восточной уклонной лаве велись по простиранию пласта.

Система разработки – столбовая.

Длина выемочного поля – 1125 м, длина лавы – 270 м.

Выемка угля осуществлялась комбайном 2ГШ-68 с механизированной крепью ЗКД-90Т. Нагрузка на лаву – 724 т/сут. Управление кровлей – полное обрушение.

Проветривание выемочного участка 23 восточной уклонной лавы – восходящее возвратноточное с подачей свежей струи по конвейерному штреку со стороны уклона.

Дегазация лавы осуществлялась подземными скважинами кустами по 3 штуки в породы кровли вслед за подвиганием лавы. Отставание от очистного забоя не превышало 40 м. Интервал между устьями скважин 15-20 м. Газ по трубопроводу выдавался на поверхность передвижной дегазационной установкой. Общая эффективность дегазации пород кровли не превышала 60 %, что не позволяло достичь паспортной производительности комплекса.

Горно-экспериментальные работы проводились в условиях 23 восточной уклонной лавы СП «Шахтоуправление «Суходольское-Восточное» на участке 23 конвейерного штрека пласта i_3^1 начиная с ПК58+3. Технологические и дегазационные скважины бурили через 15 м. Технологические скважины обсаживали металлическими трубами диаметром 102 мм и на длине 10,5 м тампониروвали их песчано-цементной смесью. Дегазационные скважины диаметром 76 мм обсаживали трубами, тампониروвали поролоном и подключали к дегазационному ставу.

Из 23 конвейерного штрека пласта i_3^1 было пробурено 5 технологических и 4 дегазационных скважины. Схема расположения скважин приведена на рис. 1.

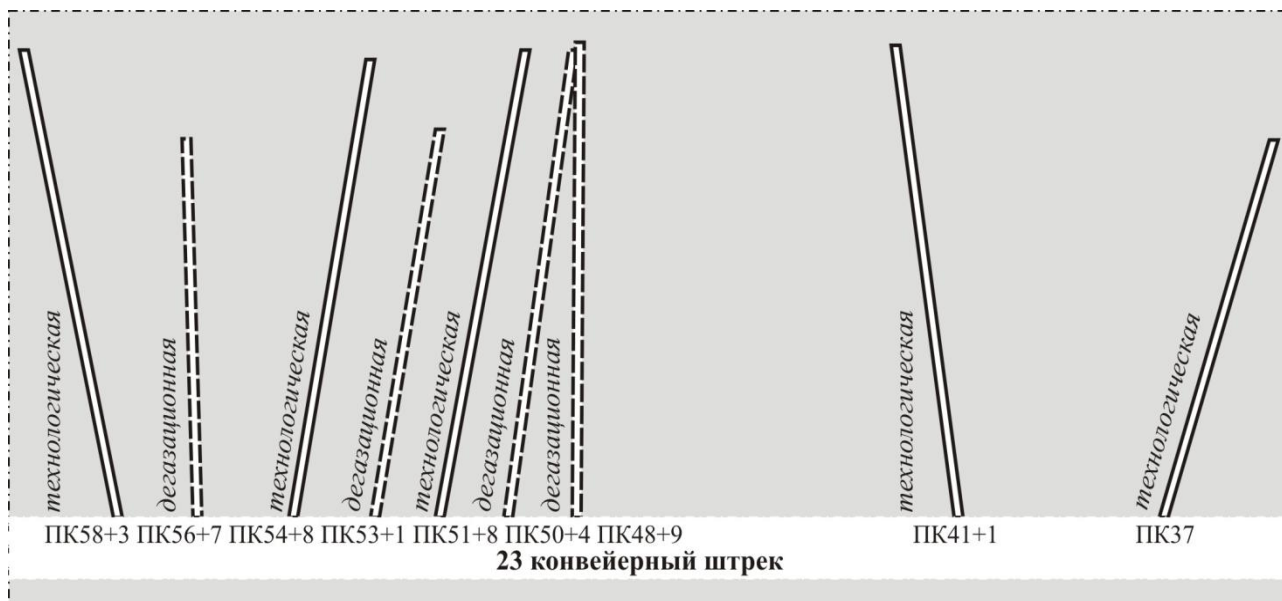


Рис. 1 – Схема расположения скважин в 23 конвейерном штреке

Технологическая скважина на ПК58+3 была пробурена длиной 96 м, в том числе по углю – 86 м с разворотом на очистной забой на 12^0 . Скважину бурили через породы почвы первоначально диаметром 76 мм. Затем породную часть скважины разбуривали под обсадные трубы.

Дегазационная скважина на ПК56+7 была пробурена длиной 78 м с разворотом на очистной забой на 2^0 . Расстояние от нее до технологической скважины – 16 м.

Технологическая скважина на ПК54+8 была пробурена диаметром 76 мм и длиной 94 м, в том числе по углю – 83 м с разворотом на очистной забой на 10^0 .

Дегазационная скважина на ПК53+1 была пробурена длиной 80 м с разворотом на очистной забой на 10^0 .

Технологическая скважина на ПК51+8 была пробурена диаметром 76 мм и длиной 96 м, в том числе по углю – 86 м с разворотом на очистной забой на 11^0 .

Дегазационные скважины на ПК50+4 и ПК48+9 были пробурены длиной 96 м, но скважина на ПК50+4 была пробурена с разворотом на очистной забой на 8^0 .

Работы по ГДВ на угольный пласт осуществляли в следующей последовательности. Вначале закрывали задвижку устройства гидродинамического воздействия (УВГ) и насосом УНГ создавали давление в технологической скважине $P_n=1-3$ МПа. Выбор давления подачи (нагнетания) жидкости в угольный пласт определялся высокой трещиноватостью пласта i_3^1 . Затем производили сброс давления за 1-1,5 с, во время которого из скважины происходил выпуск смеси воды с разрушенным углем. Во время ГДВ проводили хронометраж всех операций, определяли количество вышедшего угля и газа из скважины, замеряли расход воды.

Гидродинамическое воздействие через подземные скважины производили последовательно в направлении движения лавы.

При гидродинамическом воздействии на угольный пласт через технологическую скважину, расположенную на ПК58+3, было выполнено шесть циклов с давлением нагнетания рабочей жидкости $P_n=0,7-1,5$ МПа и было извлечено из скважины 0,5 т угля. Расход воды составил $2,1$ м³. При производстве шестого цикла произошел прорыв воды из массива на расстоянии 2 м от скважины, в результате чего воздействия были остановлены.

Газовыделение из скважины началось через сутки после воздействия и продолжалось до момента пересечения скважины лавой. Всего скважина проработала 111 суток. В течение большей части времени работы скважины газовыделение из нее было небольшим по объему и лишь через два месяца после самоорганизации массива произошел его всплеск. Всего за время работы скважины из нее вышло 41 тыс. м³ газа (рис. 2).

Таблица 1 – Показатели работы технологических скважин по объемам извлеченного из массива газа

| Скважина 58+3 | | Скважина 56+7 | | Скважина 54+8 | | Скважина 53+1 | | Скважина 51+8 | |
|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|
| Сутки | Объем газа, м³/сут | Сутки | Объем газа, м³/сут | Сутки | Объем газа, м³/сут | Сутки | Объем газа, м³/сут | Сутки | Объем газа, м³/сут |
| 0 | 25,3 | 0 | 114,6 | 0 | 42,4 | 0 | 50,6 | 0 | 60,0 |
| 26 | 78,4 | 21 | 451,2 | 10 | 90,9 | 34 | 109,5 | 27 | 125,0 |
| 66 | 51,8 | 38 | 403,2 | 19 | 148,0 | 55 | 354,0 | 35 | 336,0 |
| 82 | 277,5 | 68 | 633,6 | 59 | 219,1 | 85 | 255,0 | 67 | 39,0 |
| 90 | 2456,4 | 132 | 376,5 | 75 | 0 | 104 | 126,0 | 91 | 159,5 |
| 95 | 76,6 | 137 | 164,4 | 83 | 13,2 | 135 | 244,0 | 96 | 6,8 |
| 96 | 385,1 | 139 | 645,6 | 90 | 0 | 160 | 118,0 | 97 | 7,6 |
| 97 | 237,0 | 153 | 255,0 | 104 | 216,0 | | | 98 | 8,5 |
| 111 | 0 | 167 | 124,6 | 117 | 0 | | | 112 | 0 |
| | | | | | | | | 125 | 9,1 |
| | | | | | | | | 126 | 20,3 |
| | | | | | | | | 127 | 177,0 |
| | | | | | | | | 132 | 34,7 |
| | | | | | | | | 133 | 43,8 |
| | | | | | | | | 134 | 31,5 |
| | | | | | | | | 142 | 0 |
| | | | | | | | | 143 | 0 |
| Всего | 3375 | Всего | 3168,7 | Всего | 3187,3 | Всего | 1257 | Всего | 1059,0 |
| Средне-суточное | 375 | Средне-суточное | 352 | Средне-суточное | 227,7 | Средне-суточное | 179,6 | Средне-суточное | 70,6 |
| Всего за время работы скважины | 41625 | Всего за время работы скважины | 58797 | Всего за время работы скважины | 29824 | Всего за время работы скважины | 28734 | Всего за время работы скважины | 9591 |

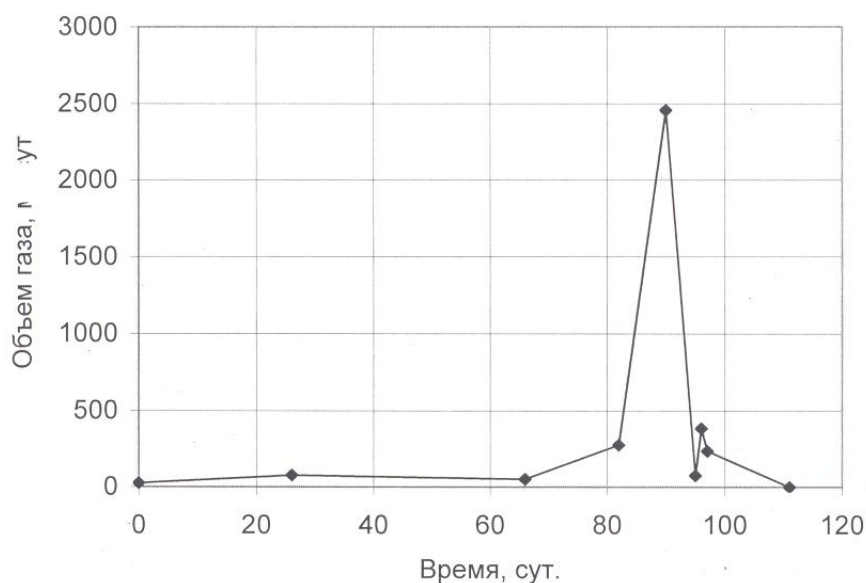


Рис. 2 – Динамика газовыделения из скважины на ПК58+3

Одновременно с технологической скважиной активно работала расположенная от нее на расстоянии 16 м дегазационная скважина на ПК56+7. За период ее работы из нее вышло 58 тыс. м³ газа. Динамика газовыделения из дегазационной скважины показана на рис. 3.

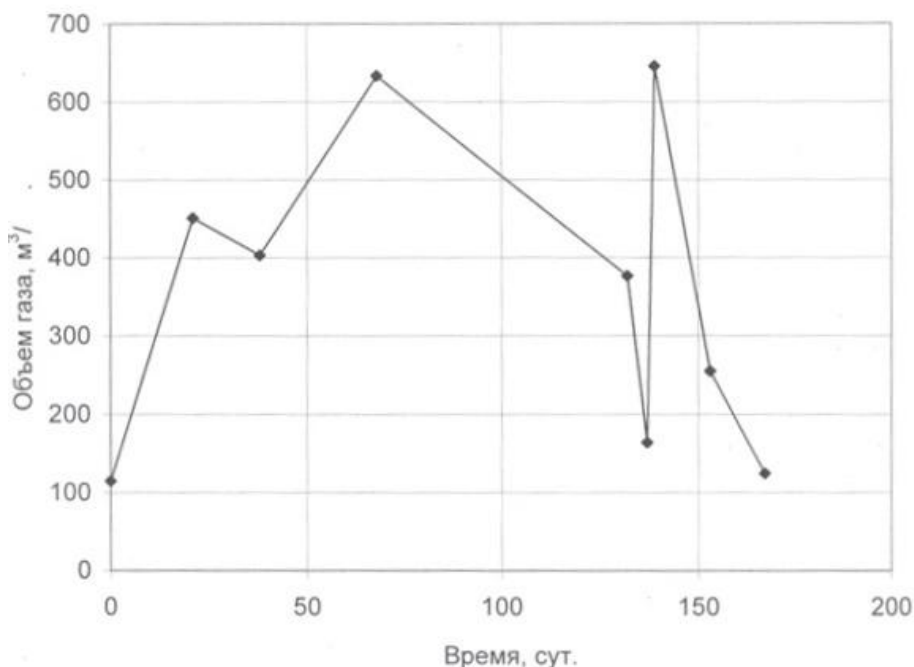


Рис. 3 – Динамика газовыделения из скважины на ПК56+7

При ГДВ на угольный пласт через технологическую скважину на ПК54+8 было выполнено 10 циклов при давлении нагнетания жидкости $P_n=1,2-2,5$ МПа. Расход воды составил 1,7 м³. Во время производства ГДВ аппаратурой АПСС-1 было зафиксировано 17 импульсов акустической эмиссии. Выход газа из скважины начался на вторые сутки после обработки. Скважина до пересечения ее

лавой проработала 117 сут. За это время через нее выделилось свыше 29 тыс. м³ газа (рис. 4).

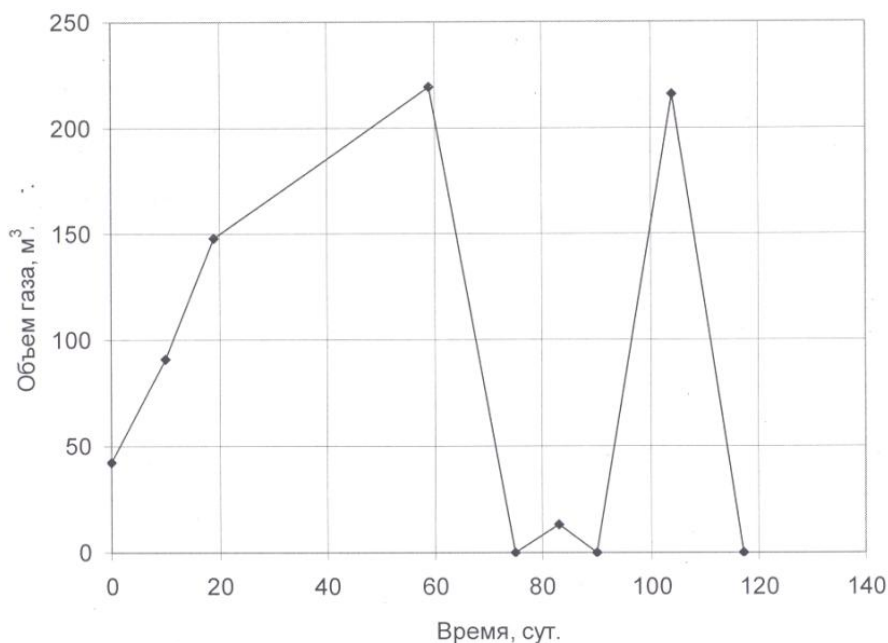


Рис. 4 – Динамика газовыделения из скважины на ПК54+8

Расположенная в 19 м от нее дегазационная скважина на ПК53+1 работала в течение 160 суток. За это время из скважины было извлечено 28 тыс. м³ газа (рис. 5).

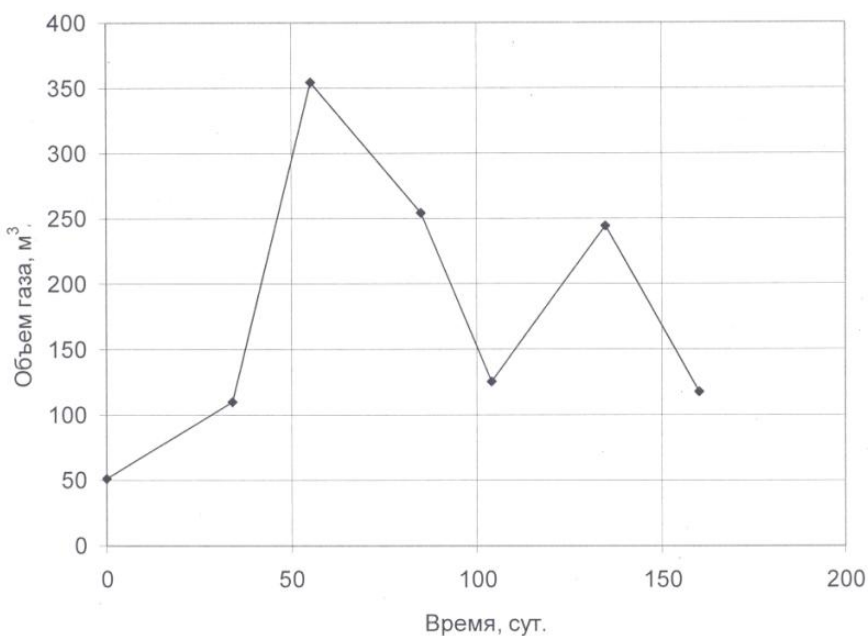


Рис. 5 – Динамика газовыделения из скважины на ПК53+1

При ГДВ на угольный пласт через технологическую скважину на ПК51+8 было произведено 10 циклов при давлении нагнетания жидкости $P_n=1,0-2,5$ МПа. Во время воздействий из пласта было извлечено 0,6 т угля, расход воды

составил $1,5 \text{ м}^3$. После выполнения 10 циклов через дегазационную скважину, расположенную в 15 м от технологической, произошел прорыв воды и воздействия были прекращены. Через сутки начался процесс газовыделения из скважины. Всего скважина проработала 143 суток. За это время было извлечено из массива 9,5 тыс. м^3 газа (рис. 6).

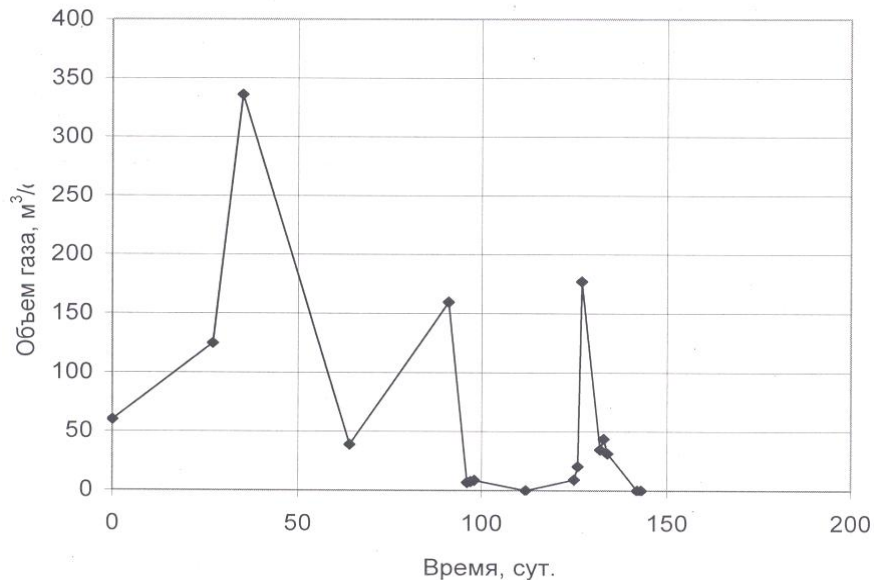


Рис. 6 – Динамика газовыделения из скважины на ПК51+8

Данные по объемам извлеченного из технологических скважин газа за весь период их работы приведены в табл. 1.

По результатам горно-экспериментальных работ рассчитан коэффициент дегазации обработанного участка угольного пласта i_3^1

$$k_d = \frac{V_{изв}}{V_p},$$

где $V_{изв}$ – объем извлеченного газа, м^3 ; V_p – расчетное количество газа в обрабатываемой зоне, м^3

$$V_p = Sm\gamma\chi,$$

где S – площадь зоны обработки, м^2 ; m – мощность пласта, м; γ – плотность угля, $\text{т}/\text{м}^3$; χ – природная газоносность угольного пласта, $\text{м}^3/\text{т}$:

$$V_{изв} = \sum V_{скв} = 168571, \text{ м}^3,$$

$$V_p = 10699,5 \cdot 1,16 \cdot 1,4 \cdot 22 = 382271,74, \text{ м}^3,$$

$$k_d = \frac{168571}{382271,74} = 0,44.$$

Таким образом, в результате гидродинамического воздействия на угольный пласт i_3^1 была обработана зона с коэффициентом дегазации 0,44; концентрация метана в выработке во время воздействия и после него не превышала фоновую; существенно снизилось пылеобразование при работе комбайна в результате увлажнения пласта; признаков газодинамических явлений не наблюдалось при ведении очистных работ в обработанной зоне; нагрузка на лаву увеличилась на 40%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мартовицкий, В.Д. Совершенствование схем проветривания и способов дегазации – эффективный путь повышения безопасности / В.Д. Мартовицкий // Уголь Украины. – 2004. - №3. – С. 23-24.
2. Гаврилов, В.И. Управление газодинамическими процессами при отработке крутых выбросоопасных пластов посредством гидродинамического воздействия через подземные скважины / В.И. Гаврилов, Е.Н. Криворучко, В.В. Власенко, В.М. Волков // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. - 2010. – Вып.. 90. – С. 45-49.
3. Балов, С.В. Дегазация как способ повышения нагрузки на очистной забой / С.В. Балов, Н.Н. Гатаулин // Уголь Украины. – 2004. – №12. – С. 30-31.
4. Гидродинамическое воздействие – основное направление разработки нетрадиционных способов добычи угля и газа, предотвращения внезапных выбросов и дегазации угольных пластов / К.К. Софийский [и др.] // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр.- 1998. – Вып. 10. – С. 179-183.
5. Гидродинамический способ – эффективное средство дегазации и снижения газодинамической активности нижней части полосы щитовой лавы / Д.М. Житленок [и др.] // Подземные катастрофы: модели, прогноз, предотвращение: Матер. II Междунар. конф., 18-20 мая 2011 г. – Днепропетровск : НГУ, 2011. - С. 84-89.

REFERENCES

1. Martovitskiy, V.D. (2004), “Perfection of charts of ventilation and methods of degassing is an effective way of increase of safety”, *Coal of Ukraine*, vol. 3, pp. 23-24.
2. Gavrylov, V.Y., Krivoruchko, E.N., Vlasenko, V.V. and Volkov, V.V. (2010), “Management of gas-dynamic processes at working off steep outburst seams by hydrodynamic impact through underground borehole”, *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geo-Technical Mechanics], no. 90, pp. 45-49.
3. Balov, S.V. and Gataulin, N.N. (2004), “Degassing as a way to increase the burden on the working face”, *Coal of Ukraine*, vol. 12, pp. 30-31.
4. Sofiyskiy, K.K. (1998), “Hydrodynamic impact - the main direction of development of unconventional methods of mining coal and gas, prevent sudden release and degassing of coal seams”, *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geo-Technical Mechanics], no. 10, pp. 179-183.
5. Zhitlonok, D.M. (2011), “The hydrodynamic method - an effective tool degassing and reduce gas-dynamic activity of the lower part of the band longwall shield”, *Podzemnyye katastrofy: modeli, prognoz, predotvrashcheniye* [The Underground Catastrophes: Models, Prognosis, Prevention], *Proc. 2nd Int. scientific conference Forum Gornyaka* [Forum of Mining Engineers], National Mining University, Dnepropetrovsk, Ukraine, 18-20 May 2011, pp. 84-89.

Об авторах

Софийский Константин Константинович, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом Проблем технологии подземной разработки угольных месторождений, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, e-mail: igtm16@yandex.ru.

Гаврилов Вячеслав Иванович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник отдела проблем технологии подземной разработки угольных месторождений, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, e-mail: gawrilov.slawick@yandex.ru.

Власенко Василий Викторович, аспирант, инженер 1 категории отдела проблем технологии по-

дземной разработки угольных месторождений, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, e-mail: igtm16@yandex.ru.

About the authors

Sofiyskiy Konstantin Konstantinovich, Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), Professor, Head of department of Underground Coal Mining Technology, M.S. Poliakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NAS of Ukraine), Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: igtm16@yandex.ru e.

Gavrylov Vyacheslav Ivanovich, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Senior Researcher, Senior Researcher of Department of Underground Coal Mining Technology, M.S. Poliakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NAS of Ukraine), Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: gawrilov.slawick@yandex.ru.

Vlasenko Vasyl Victorovich, Doctoral Student, Engineer 1st category of Department of Underground Coal Mining Technology, M.S. Poliakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NAS of Ukraine), Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: igtm16@yandex.ru

Анотація. *Об'єкт досліджень* – процеси, що відбуваються в масиві гірських порід, при гідродинамічній дії на нього через свердловини, пробурені з підготовчих виробок через породи ґрунту або покрівлі на вугільний пласт. *Мета роботи* полягає в оцінці ефективності гідродинамічної дії на газонасичений вугільний пласт i_3^1 через підземні свердловини для інтенсифікації його дегазації. *Предмет дослідження* – параметри способу гідродинамічної дії на напружений газонасичений пологий вугільний пласт. *Методи досліджень* – шахтний експеримент, статистична обробка даних. Шахтні експериментальні роботи по інтенсифікації дегазації пласта i_3^1 23 східної похилої лави шахти «Суходольська-Східна» гідродинамічною дією показали, що газовиділення з пологого пласта має пікоподібний характер з максимумом на 60-100 добу. Газовиділення з дегазаційних і технологічних свердловин істотно залежить від відстані до лави: мінімальне припадає на 100 і більше метрів, максимальне – на 30-40 м. Для отримання обробленої зони вугільного пласта з коефіцієнтом дегазації не менше 0,3 необхідно проводити гідродинамічну дію не пізніше, ніж за 6 мес до підходу лави до свердловин.

Ключові слова: підготовча виробка, технологічна свердловина, гідродинамічна дія, газовиділення, дегазація.

Abstract. *The object of research* – the processes that take place in rock massif, the hydrodynamic impact on it through bores drilled through the development workings of rocks soil or roof on the coal seam. *The purpose of this paper* is in assessing the effectiveness of hydrodynamic impact on gas-saturated coal seam i_3^1 through underground wells to intensify its degassing. *The subject of research* - the parameters of the method of hydrodynamic impact on strained gas-saturated gently sloping coal seam. *Methods of researches* - an experiment in mine, statistical processing of data. Mine experimental works on intensification degassing seam i_3^1 23 east sloping longwall mine "Sukhodolskaya East" hydrodynamic impact showed that the outgassing of a gently sloping reservoir has peaked character with a maximum at 60-100 day. Degassing out of degasification and technological boreholes depends significantly on the distance from the longwall: minimum falls on the 100 meters or more, the maximum - 30-40 m. To receive zone coal seam with coefficient of degassing not less than 0,3 to produce a hydrodynamic impact not later than 6 months prior approach the longwall to the boreholes.

Keywords: preparatory working, technological boreholes hydrodynamic impact, gas emission, degassing.

*Стаття постуила в редакцію 30.09.2013
Рекомендовано к публикации д.геол .н. В.А. Барановым*