

DOI: 10.25558/VOSTNII.2020.73.27.003

УДК 622.831.322

© Д.В. Торгунаков, 2020

**Д.В. ТОРГУНАКОВ**

научный сотрудник

КФ АО «ВНИМИ», г. Кемерово

e-mail: kf@vnimi.ru

## СПОСОБЫ ГИДРОВОЗДЕЙСТВИЯ НА УГЛЕВМЕЩАЮЩИЙ МАССИВ

*Рассмотрены способы гидровоздействия на углевмещающий массив, предназначенные для дегазации угольного пласта, снижения его выбросоопасности и управления горным давлением.*

Ключевые слова: СПОСОБЫ ГИДРОВОЗДЕЙСТВИЯ, ГИДРОРАСЧЛЕНЕНИЕ, ГИДРО-ОТЖИМ, СКВАЖИННО-ЩЕЛЕВОЙ СПОСОБ, ДЕГАЗАЦИЯ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА.

Задача применения дегазации угольных пластов для снижения их газоносности заблаговременно до начала ведения очистных работ стоит в настоящее время очень остро. Это связано с тем, что газовый фактор является определяющим в возникновении аварийных ситуаций на угольных шахтах.

Согласно пункту 6 действующего нормативного документа «Инструкция по дегазации угольных шахт» [1], «Дегазация угольного пласта обязательна, когда природная метаноносность пласта превышает 13 м<sup>3</sup>/т сухой беззольной массы (далее — с.б.м.) и работами по вентиляции невозможно обеспечить содержание метана в исходящей струе очистной горной выработки в размере менее 1 %».

Кроме того, приказом руководителя Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 5 июля 2007 года № 451 «Об аварии в филиале «Шахта Ульяновская» ОАО «ОУК «Южкузбассуголь» запрещено «с 01.05.2007 проектирование отработки пластов угля без предварительной дегазации с природной газоносностью более 9,0 м/т».

Но для большинства шахт данная задача невыполнима. Дело в том, что угольные пласты на значительных глубинах разработки в условиях объемного сжатия имеют низкую газопроницаемость. Вследствие этого де-

газировать пласт согласно предъявляемым требованиям безопасности горных работ за реальное время в подавляющем большинстве случаев не удается. Чтобы достичь этой цели, надо научиться так воздействовать на угольный пласт, чтобы он интенсивно отдавал газ.

Над данной проблемой работали многие отечественные и зарубежные ученые [2–8]. Многие из выполненных работ представляются достаточно перспективными. Однако, к сожалению, нет законченных разработок, которые бы нашли широкое применение на шахтах России. Это обусловлено тем, что технология предлагаемых мероприятий по повышению газоотдачи пластов или слишком сложна и трудоемка, или требует больших затрат времени, или отсутствует надежное оборудование для их реализации [9].

Положительный эффект при дегазации угольных пластов создает применение способов гидравлического воздействия (далее — гидровоздействия) непосредственно на угольный пласт и (или) породный массив, обеспечивающих, помимо разупрочнения пород кровли, возможность управления газодинамикой (ГДЯ).

Способы гидровоздействия на угольный пласт или свиту пластов можно подразделить на региональные, т. е. оказывающие влияние

на больших площадях, и локальные, т. е. относящиеся непосредственно к горным выработкам.

Региональные способы применяются заблаговременно впереди забоев очистных и пластовых подготовительных выработок. Региональная гидрообработка одиночных пластов осуществляется в пределах выемочного этажа или блока на незащищенных разработкой соседних пластах участков и в зонах повышенного горного давления (ПГД) [10].

Основными способами регионального гидровоздействия на угольный пласт являются увлажнение и гидрорасчленение через скважины, пробуренные с поверхности.

Главные принципы регионального способа гидровоздействия были разработаны в 1961 г. Черновым О.И. и Альпировичем В.Я. [11]. Основа способа заключается в изменении механических, фильтрационных и термических свойств угля путем заблаговременной обработки угольных пластов водой (жидкостью) на больших площадях с применением специального режима ее нагнетания в длинные скважины и с учетом ряда факторов (в том числе и физико-химических), способствующих повышению качества профилактической обработки угольного массива [12].

При гидрорасчленении через скважины, пробуренные с поверхности, повышается проницаемость и газоотдача угольных пластов за счет изменения их напряженно-деформированного состояния и физико-механических свойств в результате нагнетания рабочей жидкости при расходах, превышающих естественную приемистость пластов, сопровождающегося раскрытием и расширением естественных трещин, объединенные в единую гидравлическую систему, ориентированную к скважине, и последующего извлечения жидкости и газа на поверхность.

Локальные способы гидровоздействия на массив используют четыре принципа [10]:

- создание в краевой части массива опережающих полостей для снижения напряжений;
- нагнетание в массив воды для управления его газодинамикой;
- разрушение структуры угля в прилегаю-

щей к забою части для интенсификации процесса ее дегазации;

– укрепление призабойной части массива с помощью опережающей крепи или путем нагнетания специальных растворов.

Первый принцип используется при гидровывывании опережающих полостей.

Второй принцип применяется при нагнетании воды в пласт в процессе вскрытия пластов, гидрорыхлении, низконапорной пропитке и при низконапорном увлажнении в процессе проходки подготовительных выработок по пластам.

Третий принцип осуществляется в гидротжиме призабойной части пласта.

Четвертый принцип положен в основу возведения каркасной крепи и упрочнения массива специальными смолами.

Разработка усовершенствованных технологий предварительной пластовой дегазации, обеспечивающих существенное повышение эффективности, является первоочередной целью работ по обоснованию и испытанию технологии подземной дегазации угольного пласта с использованием гидроразрыва, направленного на создание и объединение систем трещин в дегазируемом пласте, ориентированных к скважине и способствующих эффективному извлечению метана.

В научном плане ФИЦ УУХ СО РАН решена важнейшая задача по проблеме борьбы с газом и газодинамическими явлениями в угольных шахтах — разработаны научные основы гидровоздействия на угольный массив с целью повышения его газопроницаемости и газоотдачи, что позволяет на порядок повысить эффективность дегазации участков угольных пластов перед их отработкой [13].

Для увеличения газоотдачи пласта в дегазационные скважины предложено применение ориентированного флюидоразрыва пласта (ОФР) [4], при котором по определенной технологии создаются из дегазационных скважин щели с большой площадью обнажения, после чего вода из щелей выпускается, и скачкообразно увеличивается приток газа в дегазационные скважины.

Из каждой дегазационной скважины со-

здается система щелей ориентированного флюидоразрыва для интенсификации газовой выделения из угольного пласта в скважину. При этом вблизи нижнего и верхнего оконтурирующих штреков сохраняются барьерные целики для исключения прорыва воды в штреки.

Щели ОФР целесообразно создавать из дегазационных скважин перпендикулярно к осям скважин. При создании трещин в первую очередь будет формироваться их меньший размер (ширина), представляющий собой мощность пласта. Чтобы дегазация участка пласта была равномерной, должна обеспечиваться относительная параллельность щелей. Для обеспечения этого условия длина щелей по наслению пласта не должна превышать определенной предельной величины.

Взаимная работа дегазационных сква-

жин достигается при расстоянии между ними не более радиуса их эффективного влияния, т. е. расстояния от скважины вглубь массива, на котором газоносность пласта снижается до необходимой величины. Примерно такое же расстояние должно быть между трещинами ОФР, созданными для повышения интенсивности газоотдачи пласта.

Учитывая, что щели ОФР распространяются на всю мощность пласта, можно утверждать, что суммарная поверхность дегазационных полостей при скважинно-щелевом способе дегазации существенно превысит таковую при обычной дегазации скважинами.

На рис. 1 показан обычный способ дегазации участка выемочного блока параллельными скважинами, а на рис. 2 — скважинно-щелевой способ дегазации такого же по размеру участка.

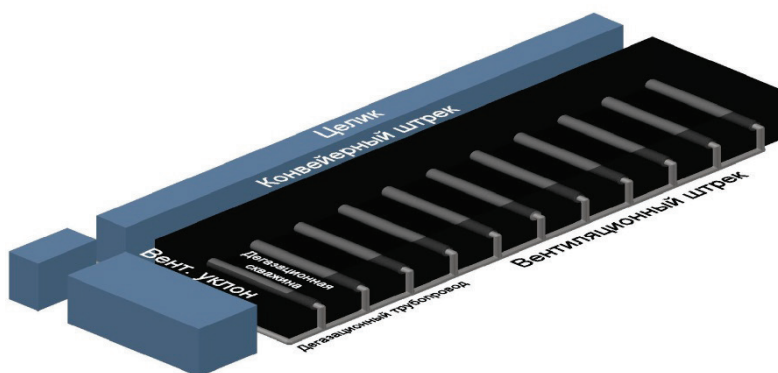


Рис. 1. Дегазация участка угольного пласта параллельными скважинами

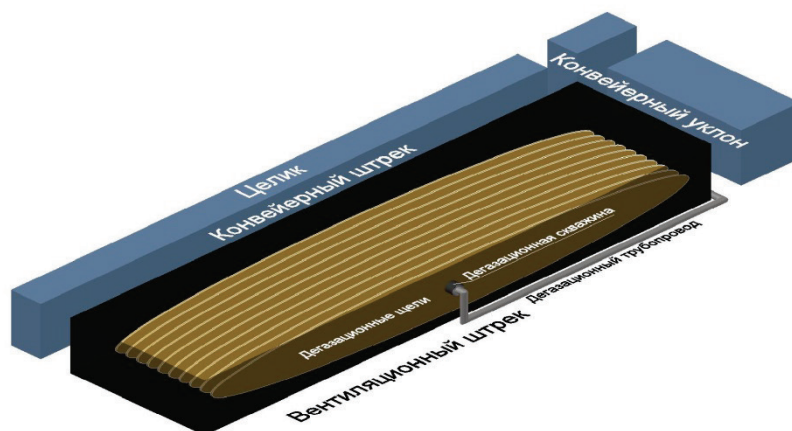


Рис. 2. Скважинно-щелевой способ дегазации участка выемочного пласта

Суммарная поверхность обнажения пласта полостями дегазации  $S_d$  для приведенных

на схеме двух вариантов дегазации одного и того же участка пласта составит:

при обычной дегазации скважинами:

$$S_{\delta} = \frac{L_{\delta}}{r_{\text{эф}}} \pi r_c (L_3 - l_{u1} - l_2); \quad (1)$$

при скважинно-щелевом способе дегазации:

$$S_{\delta} = (L_3 - 2l_{u2}) \cdot (2\pi r_c + \frac{m_n L_{\delta}}{r_{\text{эф}}}), \quad (2)$$

где  $r_c$  — радиус скважин;  $r_{\text{эф}}$  — эффективный радиус влияния скважин;  $L_3$  — длина очистного забоя;  $l_{u1}$  — ширина барьерного целика, исключаяющего подсосы воздуха;  $l_{u2}$  — ширина барьерного целика для исключения прорыва воды на штреки;  $l_2$  — глубина герметизации;  $m_n$  — мощность вынимаемого пласта;  $L_{\delta}$  — длина выемочного блока;  $n_{\text{щ}}$  — число щелей.

Выполнен расчет по сравнению величин суммарных поверхностей обнажения  $S$  для первого и второго вариантов дегазации. Для расчета приняты следующие исходные данные:

- ширина выемочного столба (будущая длина лавы) — 300 м;
- ширина оставляемого для исключения подсосов воздуха барьерного целика  $l_{u1}$  — 10 м;
- величина радиуса эффективного влияния скважин  $r_{\text{эф}}$  — 5 м;
- ширина барьерного целика для исключения прорыва воды на штреки  $l_{u2}$  — 20 м (двойное расстояние между щелями ОФР, т. е.  $4r_{\text{эф}}$ );
- длина щели  $l_{\text{щ}}$  — 100 м (при такой величине данного параметра щели ОФР не отклонятся существенно от заданного направления, т. е. они будут сохранять примерно параллельные направления по отношению друг к другу);

- диаметр дегазационных скважин — 100 мм;
- расстояние между дегазационными скважинами — 10 м ( $2r_{\text{эф}}$ );
- расстояние между щелями  $l_c$  — 10 м;
- протяженность сравниваемых участков дегазации в направлении подвигания очистного забоя  $L_{\delta}$  — 100 м;
- мощность пласта  $m_n$  — 2,5 м.

Рассчитав суммарные поверхности обнажения пласта полостями дегазации для первого ( $S_{\delta 1}$ ) и второго ( $S_{\delta 2}$ ) участков, получим  $S_{\delta 1} = 879 \text{ м}^2$  и  $S_{\delta 2} = 13000 \text{ м}^2$ , т. е. на втором участке величина суммарной поверхности дегазирующих полостей превышает этот же параметр по сравнению с первым участком почти в 15 раз. При этом сокращается в 11 раз количество необходимых дегазационных скважин.

Возможны различные варианты схем дегазации угольных пластов с применением ОФР. Эти варианты различаются для условий вскрытия угольных пластов, проведения по ним подготовительных выработок и ведения очистных работ. Вскрытие угольных пластов является наилучшим условием для применения ориентированного флюидоразрыва. При любом расположении вскрывающей выработки относительно пласта возможно расположить дегазационную скважину так, чтобы из нее можно было осуществить создание более предпочтительных для флюидоразрыва радиальных инициирующих щелей (рис. 3).

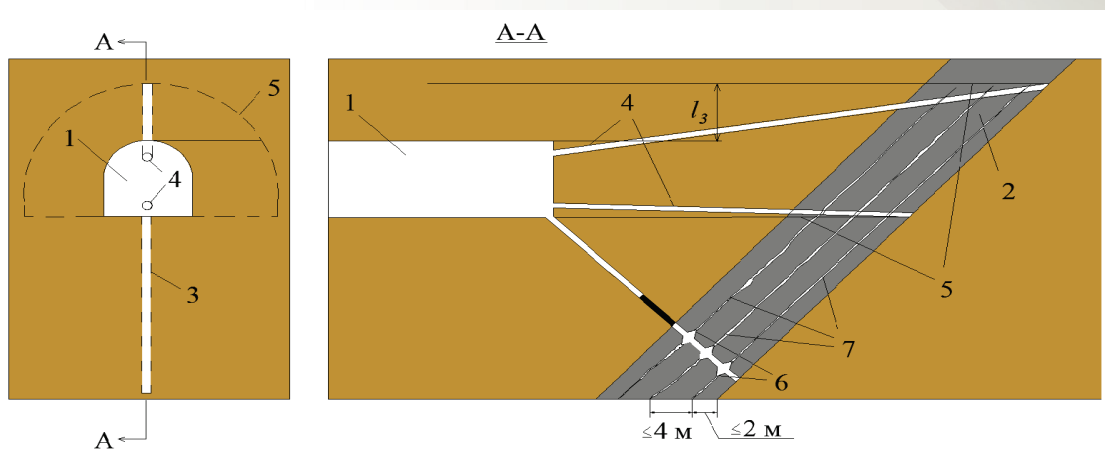


Рис. 3. Схема выполнения способа увеличения интенсивности газовыделения в дегазационные скважины при вскрытии пластов: 1 — вскрывающая выработка; 2 — угольный пласт; 3 — дегазационная скважина; 4 — контрольные шнуры (для оценки эффективности мероприятия); 5 — границы защищаемой зоны; 6 — инициирующие щели; 7 — направления щелей ОФР;  $l_3$  — величина законтурной обработки

В выбранном примере рассматривалась схема создания щелей ОФР вкрест наслоения пласта. Но еще большую выгоду дает схема с образованием щели по пласту. В этом случае выигрыш во времени является беспрецедентным, поскольку из скважины создается всего одна щель.

Кемеровский филиал АО «ВНИМИ» выполняет работы по освоению технологии создания щелей ОФР, что позволяет повысить оперативность выполнения дегазации, т. к. образование трещин флюидоразрыва может идти на порядок быстрее, чем бурение дегазационных скважин.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция по дегазации угольных шахт. Серия 05. Выпуск 22. М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2012. 250 с.
2. Ножкин Н.В. Заблаговременная дегазация угольных месторождений. М.: Недра, 1979. 271 с.
3. Сластунов С.В. Управление газодинамическим состоянием угольного пласта через скважины с поверхности. М.: МГИ, 1991. 214 с.
4. Чернов О.И., Кю Н.Г. О флюидоразрыве породных массивов // ФТПРПИ. 1988. № 6. С. 81–91.
5. Блэк Г. Промышленное извлечение метана из угольных пластов в США // Препринт метанового центра. 1996. № 1. С. 11–21.
6. Mattnew J., Richard A. Western Cretaceous Coal Seam Project. Quarterly Review of Methane / January. 1992. P. 17–22.
7. Крейнин Е.В. Проблемы и возможности интенсификационной дегазации угольных пластов // ФТПРПИ. 1996. № 5. С. 106–111.
8. Фейт Г.Н. Прочность и лавинное самоподдерживающееся разрушение газоносного напряженного угольного пласта // Механика горных пород. 1999. Вып. 313. С. 63–69.
9. Зыков В.С. Научные проблемы борьбы с газодинамическими проявлениями в угольных шахтах Кузбасса // Маркшейдерия и недропользование. 2011. № 3. С. 57–59.
10. Зыков В.С. Внезапные выбросы угля и газа и другие газодинамические явления в шахтах. Кемерово: Институт угля и углехимии СО РАН, 2010. 334 с.
11. Чернов О.И., Альперович В.Я. Принципы комплексного метода борьбы с каменноугольной пылью, газовыделением, внезапными выбросами угля и газа, горными ударами и эндогенными пожарами в угольных шахтах. Кемерово, 1961. 68 с.
12. Клишин В.С., Зворыгин Л.В., Лебедев А.В., Савченко А.В. Проблемы безопасности и новые технологии подземной разработки угольных месторождений. Новосибирск: ИГД СО РАН, 2011. С. 247–250.
13. Клишин В.И., Зыков В.С., Торгунаков Д.В. Раздел 1.9. Развитие научных основ и оценка параметров гидровоздействия на углевмещающий массив с целью повышения его газопроницаемости и газоотдачи в процессе извлечения метана из угольных пластов // Развитие ресурсосберегающих и ресурсовоспроизводящих геотехнологий комплексного освоения месторождений полезных ископаемых: коллективная монография. М.: ООО «Издательский дом», 2012. С. 83–95.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2020.73.27.003

UDC 622.831.322

© D.V. Torgunakov, 2020

**D.V. TORGUNAKOV**

Researcher

CF JSC «VNIMI», Kemerovo

e-mail: kf@vnimi.ru

### **METHODS OF HYDRAULIC ACTION ON CARBON-BEARING ARRAY**

*Methods of hydraulic action on coal-carrying mass intended for degassing of coal bed, reduction of its emission hazard and control of rock pressure are considered.*

Keywords: METHODS OF HYDROACTIVITY, HYDROFINDING, HYDROEXTRACTION, WELL-SLOT METHOD, COAL BED DEGASSING.

### **REFERENCES**

1. Instructions for the degassing of coal mines. Series 05. Issue 22. M.: CJSC STC for Research on Industrial Safety Problems, 2012. 250 p. (In Russ.).
2. Nozhkin N.V. Early degassing of coal deposits. M.: Nedra, 1979. 271 p. (In Russ.).
3. Slastunov S.V. Management of the gas-dynamic state of a coal seam through wells from the surface. M.: MSI, 1991. 214 p. (In Russ.).
4. Chernov O.I., Kyu N.G. About fluid fracturing of rock masses // Physical and technical problems of mining [FTPRPI]. 1988. No. 6. P. 81–91. (In Russ.).
5. Black G. Industrial Methane Extraction from Coal Seams in the USA // Methane Center Preprint [Preprint metanovogo tsentra]. 1996. No. 1. P. 11–21. (In Russ.).
6. Mattnew J., Richard A. Western Cretaceous Coal Seam Project. Quarterly Review of Methane / January. 1992. P. 17–22.
7. Kreinin E.V. Problems and opportunities of intensification degassing of coal seams // Physical and technical problems of mining [FTPPRI]. 1996. No. 5. P. 106–111. (In Russ.).
8. Faith G.N. Strength and avalanche self-sustaining destruction of a gas-bearing stressed coal seam // Rock mechanics [Mekhanika gornykh porod]. 1999. Issue 313. P. 63–69. (In Russ.).
9. Zykov V.S. Scientific problems of combating gas-dynamic manifestations in the coal mines of Kuzbass // Mine surveying and subsoil use [Marksheyderiya i nedropolzovaniye]. 2011. No 3. P. 57–59. (In Russ.).
10. Zykov V.S. Sudden emissions of coal and gas and other gas-dynamic phenomena in mines. Kemerovo: Institute of Coal and Coal Chemistry SB RAS, 2010. 334 p. (In Russ.).
11. Chernov O.I., Alperovich V.Ya. The principles of an integrated method of combating coal dust, gas evolution, sudden emissions of coal and gas, rock blows and endogenous fires in coal mines. Kemerovo, 1961. 68 p. (In Russ.).
12. Klishin V.S., Zvorygin L.V., Lebedev A.V., Savchenko A.V. Security issues and new technologies for underground mining of coal deposits. Novosibirsk: IGD SB RAS, 2011. P. 247–250 (In Russ.).
13. Klishin V.I., Zykov V.S., Torgunakov D.V. Section 1.9. Development of scientific fundamentals and assessment of parameters of hydraulic action on a carbohydrate massif in order to increase its gas permeability and gas recovery in the process of extracting methane from coal seams // Development of resource-saving and resource-reproducing geotechnologies for integrated development of mineral deposits: Collective monograph. M.: Publishing House LLC, 2012. P. 83–95. (In Russ.).