

УДК 622.279.6

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОРАЗРЫВА УГОЛЬНОГО ПЛАСТА

THE MAIN TECHNICAL ASPECTS OF COAL SEAM FRACKING TECHNOLOGY IMPLEMENTATION

Тациенко Александр Леонидович¹,
главный горняк АО «СУЭК-Кузбасс», e-mail: TatcienkoAL@suek.ru

Tatsienko Alexander L.¹,
chief miner of the joint-stock company SUEK-Kuzbass

Плаксин Максим Сергеевич²,
кандидат техн. наук, старший научный сотрудник, e-mail: Plaksin@bk.ru

Plaksin Maksim S.²,
C. Sc. (Engineering), senior researcher

Понизов Александр Владимирович¹,
директор шахты им. С. М. Кирова, e-mail: PonizovAV@suek.ru

Ponizov Alexander V.,
director of the Kirova mine

¹СУЭК-Кузбасс, Россия, 652507, г. Ленинск–Кузнецкий, ул. Васильева, 1

¹SUEK-Kuzbass, Russia, 652507, Leninsk-Kuznetsky, ul. Vasiliev, 1

² Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук, Россия, 650065, г. Кемерово, проспект Ленинградский, 10

² Federal Research Centre of Coal and Chemistry Siberian Branch of the Russian Academy of Science; Russia, 650065, Kemerovo, Leningradskij, 10

Аннотация. Решение задачи по увеличению объемов добычи угля всегда сопряжено с возрастающей ролью газового фактора, который негативно влияет на производительность и на безопасность горных работ, требует постоянного совершенствования мероприятий по снижению газовой и газодинамической опасности. Целью проводимых исследований является обоснование методов эффективного применения технологии гидроразрыва угольного пласта с учетом газокинетических характеристик угля. Научно-методической основой полученных результатов являются современные представления о существовании метана в пласте в виде твердого углекислового раствора. Используется метод моделирования процесса интенсификации газовыделения из угля вследствие снижения геомеханических напряжений. Результатом является разработка и обоснование схем применения технологии гидроразрыва угольного пласта при ведении добывочных работ и проведении подготовительных выработок с целью эффективного снижения газовой и газодинамической опасности.

Abstract. Solution of the task to increase coal production is always associated with the increasing role of gas factor, which negatively affects the performance and the safety of mining operations, requires continuous improvement activities to reduce gas and gas-dynamic danger. The aim of the research is to study methods for efficient use of coal seam fracturing technology based on gas-kinetic characteristics of coal. The obtained results are based on the scientific and methodological basis presented by the modern ideas about the presence of methane in the seam in the form of solid solution of coal and gas. The method is used simulating the process of intensification of gas release from coal due to decrease in geomechanical stresses. The result is the development and justification of the schemes for application of the coal seam fracturing technology during coal mining and roadheading operations in order to effectively reduce the gas and gas-dynamic danger.

Ключевые слова: пласт угля, гидроразрыв, газоносность, газовая и газодинамическая опасность

Keywords: coal seam, fracturing, gas content, gas and gas-dynamic danger.

Газовые и газодинамические проблемы угольных шахт являются одними из главных сдерживающих факторов повышения объемов добычи угля и темпов проведения подготовительных вырабо-

ток. Ситуация усугубляется с повышением газоносности отрабатываемых пластов при увеличении глубины их отработки. При этом проблемы газового фактора наблюдаются и при высокointенсив-

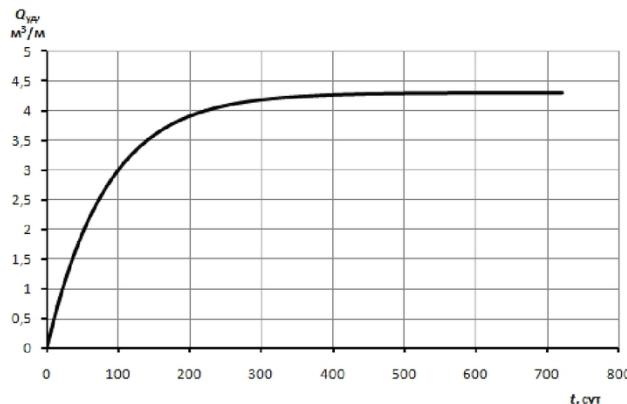


Рис.1. Продуктивность типичной дегазационной скважины [2]
Fig.1. Productivity of a typical degassing well [2]

ной отработке угольных пластов средней газоносности (14–20 м³/т). Согласно требованиям инструкции по дегазации [1] при газоносности отрабатываемого угольного пласта выше 13 м³/т требуется применения мероприятий по его дегазации.

Основным способом снижения газоносности угольного пласта является бурение дегазационных скважин в тело выемочного столба из подготовительных выработок. Как показывает практика период активной газоотдачи и эффективность в целом дегазационной скважины крайне мала [2], что связано с физико-механическими свойствами пласта.

Интенсифицировать процесс газоотдачи угольного пласта через скважину возможно путем создания в нем дополнительных поверхностей обнажения посредством образования трещин гидроразрыва [3,4,5].

Различают гидроразрыв с поверхности и в шахтных условиях. Гидроразрыв с поверхности при условии планирования дальнейшей добычи запасов угля связан с созданием зон повышенных напряжений в пласте, а также с ухудшением качества добываемого угля вследствие нагнетания в пласт большого количества проппанта, химикатов и воды.

Указанные недостатки можно минимизировать при проведении гидроразрыва угольного пласта через дегазационные скважины путем поинтервального ориентирования щелей разрыва с радиусом от оси скважины 10–15 м, т.е. в щадящем пласт режиме.

Чтобы определить эффект повышения газоотдачи пласта вследствие применения гидроразрыва необходимо учитывать физико-механические свойства угольного пласта.

Угольный пласт – природная система, уникальным образом сочетающая в себе уголь и метан. Имея низкую проницаемость в неразгруженном состоянии, угольный пласт не отдает метан, например, в дегазационные скважины, и весь его газовый потенциал раскрывается непосредственно при отработке, что создает высокий уровень опасности и требует комплексного подхода к решению данного

вопроса [6–10].

Согласно современным представлениям, метан в угольном пласте содержится в трех состояниях [11, 12]: свободном, адсорбированном и по типу твердого углекислового раствора (ТУГР). Свободный газ содержится внутри макропор, микротрешин и других дефектов сплошности угля в природных условиях. Его доля составляет 2 – 12 % от газоносности пласта и снижается при наличии градиента газового давления и магистральных (связанных) трещин в сторону кромки пласта.

Адсорбированный газ локализуется на угольных поверхностях природных пор и дефектов сплошности, межблочных промежутках (содержание 8–16% от общего объема в пласте). Условием десорбции является снижение давления свободного газа в пласте.

ТУГР расположен в межмолекулярном пространстве угольного вещества (содержание 70 – 85% от общего объема в пласте, указано для глубины залегания пласта около 600–800 м). Условием его активизации (необратимого распада, как твердого раствора) является снижение геостатических напряжений. Таким образом, угольный пласт, не являясь гидроизолятором, «надежно» заблокировал метан в единой системе «уголь–газ».

На рис. 2 показана схема процесса изменения состояния угля (углекомплексного геоматериала) вследствие создания трещины гидроразрыва. Слева на рис. 2 представлен блок угля с созданной трещиной гидроразрыва при напряжениях в нем близких к геостатическим. В данном случае, незначительное движение газа по направлению к трещине обеспечивается исключительно за счет только диффузионных процессов т.е. миграция метана из пласта в трещину гидроразрыва обеспечивается за счет свободного и адсорбированного газа.

Справа на рис. 2 отражен процесс раскрытия пор и трещин в блоке угля вследствие снижения в нем геомеханических напряжений. Раскрытые поры и трещины обеспечивают «активную» миграцию свободного и адсорбированного метана в сторону «магистральной» трещины гидроразрыва,

продолжительность процесса газоистощения обеспечивается за счет распада ТУГР.

Известно [11-12], что доля свободного и адсорбированного метана в пласте с глубиной снижается, а доля ТУГР повышается, следовательно, эффективность применяемых дегазационных меро-

скважин с помощью создания серии перпендикулярных оси скважины трещин в угольном пласте (рис.3). Расстояние между скважинами и количество гидроразрывов, проводимых в каждой скважине, зависит от физико-механических свойств угольного пласта и от поставленных отделом дега-

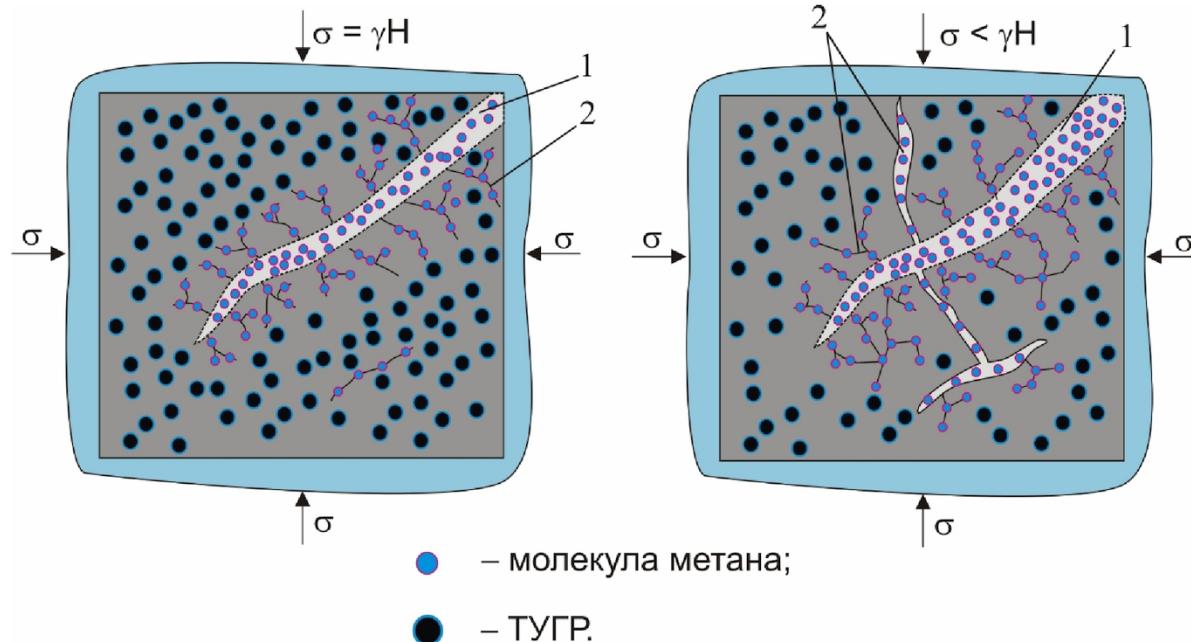


Рис. 2. Схематическое представление о физическом состоянии угля (углеметановых геоматериалов) с учетом создания в них трещины гидроразрыва: 1 – трещина гидроразрыва; 2 – природные трещины и поры в угле

Fig. 2. Schematic presentation of the physical state of coal with the creation of a hydraulic fracture therein

приятий будет падать, а газокинетическая реакция пласта на технологическое воздействие будет более «агgressивной».

Создание трещин гидроразрыва не обеспечивает геомеханической разгрузки массива, следовательно, чтобы достичь значительного эффекта дегазации в неразгруженном массиве необходимо создать большое количество трещин гидроразрыва в каждой скважине, поскольку важна именно площадь поверхности создаваемых трещин. С другой стороны создав сеть направленных магистральных трещин гидроразрыва связанных со скважиной можно изолированно (от рабочей атмосферы выработок) и в больших объемах отводить метан из пласта, выделяющийся в зоне интенсивно снижающихся геомеханических напряжений.

На основании вышеизложенного с целью улучшения производственных показателей шахт и повышения безопасности горных работ рассмотрим особенности применения технологии гидроразрыва пласта при ведении очистных и проходческих работ.

Применение технологии гидроразрыва угольного пласта (ГУП) при очистной выемке

Суть применения технологии ГУП заключается в повышении продуктивности дегазационных

заций и вентиляции шахты задач по обеспечению безопасных условий ведения горных работ. Рекомендуемые к применению схемы применения ГУП через дегазационные скважины указаны в [1], но там же отмечено: «Условия применения и параметры гидроразрыва пластов должны быть согласованы с научно-исследовательской организацией, разработавшей способ» [1], что указывает на малозученность данного направления.

Впереди движущегося очистного забоя активно развивается зона опорного давления, в границах развития данной зоны в угольном пласте наблюдается активное развитие трещиноватости и интенсификация метановыделения из угля. Таким образом, ожидаемо значительное повышение газопритока в дегазационные скважины, расположенные в зоне влияния опорного давления, в том числе вследствие применения технологии ГУП.

Для удаления метана из дегазационных скважин используют подземный дегазационный трубопровод, подключенный к дегазационным установкам на поверхности. Дегазационный трубопровод, подключенный в пределах отрабатываемого выемочного столба к каждой скважине, как правило, может содержать значительное количество утечек, что приводит к снижению уровня разреженности метано-воздушной смеси в дегазационной сети и,

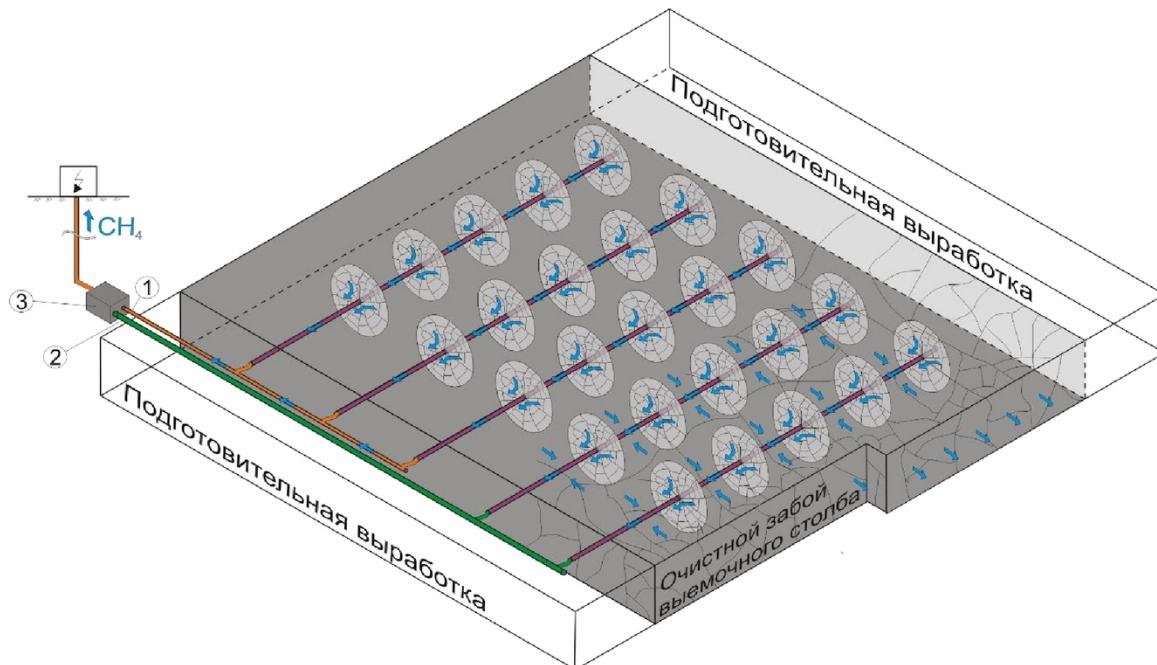


Рис. 3. Технологическая схема применения ориентированного направленного гидроразрыва пласта через дегазационные скважины: 1 - основной дегазационный став; 2 – призабойный дегазационный став; 3 – распределительная станция.

Fig. 3. Technological scheme of the oriented directional hydraulic seam fracturing application through the degassing well: 1 - main degassing pipeline; 2 - face degassing pipeline; 3 - distribution station

следовательно, эффективности мер по удалению метана через дегазационные скважины.

Предлагаем изолированно и с повышенной производительностью отводить метан из 2-3 ближайших к очистному забою скважин, располагающихся в зоне влияния опорного давления, например, с применением дополнительного дегазационного трубопровода (рис.3) или с применением переносной подземной газоотсасывающей установки, подключенной только к указанным скважинам и «сбросом» метана в общий дегазационный став. В противном случае, без отвода метана из зоны интенсивного изменения напряженного состояния пласта по сети трещин гидроразрыва через поверхность очистного забоя может значительно усиливаться приток метана в атмосферу выработки и таким образом может быть достигнут отрицательный эффект от гидроразрыва.

К ожидаемому положительному эффекту от внедрения технологии ГУП из горных выработок при ведении очистных работ: снижение газовой и газодинамической опасности; возможность повышения скорости отработки выемочного столба по газовому фактору; повышение целесообразности промышленной добычи метана.

Применение технологии ГУП при проведении подготовительных выработок

Главным препятствием на пути повышения темпов подвигания подготовительных забоев при проведении выработок по высокогазоносным пластам является вероятность возникновения опасных

газодинамических явлений, в частности, внезапных выбросов угля и газа.

При проведении подготовительных выработок в качестве мер по снижению газовой и газодинамической опасности применяется бурение барьерных и (или) веера разгрузочно-дегазационных скважин. К основному недостатку применения барьерных скважин можно отнести их малую эффективность вследствие низкой продуктивности дегазационных скважин в целом. К недостаткам применения веера разгрузочно-дегазационных скважин можно отнести: высокие трудозатраты, проведение только при остановленном забое, что снижает темпы проведения выработок.

Основная причина газодинамической опасности при проведении подготовительных выработок связана со способностью угля в призабойной части пласта в быстротечном режиме увеличивать градиент газового давления при относительно невысокой фильтрационной способности пласта [13].

В [14,15] с целью повышения газопроницаемости призабойной части пласта и предотвращения внезапных выбросов угля и газа предложены схемы проведения регулируемого гидроотжима при проведении подготовительных выработок. Регулируемый гидроотжим заключается в бурении шпурков в забоях подготовительной выработки, создание зародышевой щели у забоя каждого шпура, герметизация шпурков, нагнетание жидкости в призабойную часть шпура. Контроль эффективности

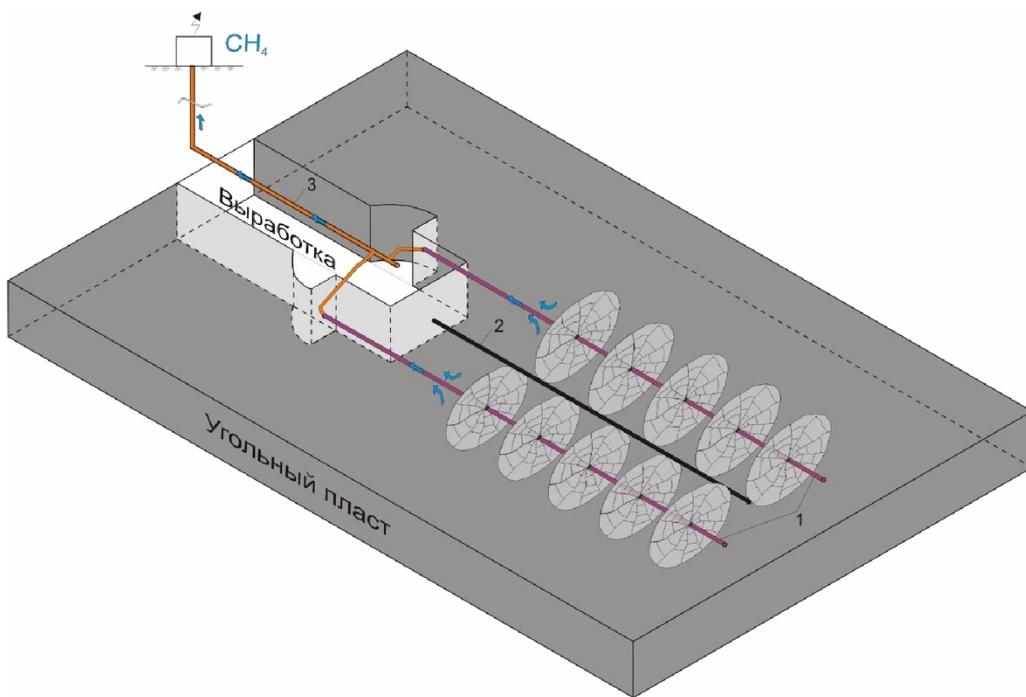


Рис. 4. Технологическая схема применения ориентированного гидроразрыва при проведении подготовительных выработок по высокогазоносным угольным пластам:

1 – барьерная скважина; 2 – контрольная скважина; 3 – дегазационный трубопровод.

Fig. 4. Technological scheme of the oriented directional hydraulic fracturing application during development roadheading in gassy coal seams:

1 - barrier well; 2 - control well; 3 - degassing pipeline.

процесса гидроотжима осуществляется по изменению метанообильности выработки во время его выполнения.

Как видим, технология проведения регулируемого гидроотжима близка технологии ГУП, но в конце 1980-х годов технология регулируемого гидроотжима [14, 15] на угольных шахтах оказывалась не востребованной.

Интенсифицировать процесс газоистощения призабойной части пласта с целью снижения газодинамической опасности предлагается путем проведения с обязательным неснижаемым опережением поинтервального ориентированного гидроразрыва пласта через барьерные дегазационные скважины (рис.4). Представленная схема проведения гидроразрыва рекомендуется для пластов в своей основе состоящих из углей преимущественно с текстурой ненарушенной или брекчевидной. Если пласт представлен в значительной мере землянисто-зернистым или землистой структурой угля [16], то количество скважин гидроразрыва необходимо увеличить, в том числе за счет скважин пробуренных из забоя выработки.

Общий процесс проведения мероприятия по выполнению ориентированного гидроразрыва пласта через барьерные скважины следующий (рис.4):

1. Бурение контрольной скважины.
2. Бурение барьерных скважин, доставка пакера [3, 4] к забою скважины.
3. Проведение гидроразрыва угольного пласта.

Гидроразрыв считается успешно выполненным, если в результате выполнения гидроразрыва из контрольной скважины началось истечение жидкости.

4. Повторение операции 3 по длине барьерных скважин.

5. Подключение скважин к дегазационному ставу.

Ожидаемый положительный эффект от внедрения технологии ГУП при проведении подготовительных выработок: снижение газодинамической опасности; повышение темпов подвигания забоя выработки на высокогазоносных пластах.

В качестве осложняющих факторов внедрения технологии ГУП при ведении горных работ можно отметить: сложность выполнения операции гидроразрыва, необходимо иметь квалифицированных специалистов, высокие требования к качеству скважин гидроразрыва по прямолинейности [4,17], дополнительные трудозатраты, возможность загазирования рабочего пространства в связи с интенсификацией газоотдачи, опасность образования зон повышенных геомеханических напряжений в массиве.

Таким образом, внедрение технологии ГУП на шахтах является средством «затратным», но в тоже время представляющим возможность безопасного ведения горных работ на рентабельном уровне при отработке высокогазоносных угольных пластов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция по дегазации угольных шахт // Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору №679 от 1 декабря 2011 г.-М., 2011.- 147 с.
2. Родин, Р.И. Эффективность дегазации шахт Кузбасса / Р.И. Родин // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – Кемерово,2011. – №2. – С. 116-119.
3. Клишин, В.И. Создание оборудования для дегазации угольных пластов на принципе гидроразрыва горных пород / В.И. Клишин, М.В. Курлена // Уголь. – 2011. – № 10. – С. 34–39.
4. Плаксин, М.С. Гидроразрыв угольного пласта в шахтных условиях как панацея решения газовых проблем шахт (основы разработки и внедрения) / М.С. Плаксин, Р.И. Родин, А.А. Рябцев, В.И. Альков, Е.В. Леонтьева, Е.С. Непеина // Уголь. – 2015. – № 2. – С. 48–50.
5. Васильев В.А. Гидроразрыв пласта в горизонтальных скважинах / В.А. Васильев, А.Е. Верисокин // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2013. № 6 . – С. 101–110.
6. Полевщикова, Г.Я. Нелинейные изменения метанообильности высокопроизводительного выемочного участка / Г.Я. Полевщикова, Е.Н. Козырева, М.В. Шинкевич // Безопасность труда в промышленности. – 2014. – № 6. – С. 50–54.
7. Козырева Е.Н. Динамика метанообильности выемочных участков угольных шахт // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – Отд. вып. № 6. – С. 238–244.
8. Полевщикова, Г.Я. Повышение эффективности комплексного управления газовыделением на выемочном участке шахты / Г.Я. Полевщикова, Е.Н. Козырева, М.В. Шинкевич // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2012. – № 2. – С. 20–26.
9. Качурин, Н.М. Прогноз метановой опасности угольных шахт при интенсивной отработке угольных пластов. / Н.М. Качурин, В.И. Клишин, А.М. Борщевич, А.Н. Качурин. – Тула, ТулГУ, 2013. – 219 с.
10. Плаксин, М.С. Оценка газодинамической активности углеметановых пластов при ведении горных работ и планирование объемов извлечения попутного метана / М.С. Плаксин, А.А. Рябцев, В.А. Сухоруков // Вестник Научного центра по безопасности работ у угольной промышленности. – 2010. – № 1-2010. – С. 43–49.
11. Диплом на открытие №9. Свойство органического вещества образовывать с газами метастабильные однофазные системы по типу твердых растворов / Алексеев А.Д., Айруни А.Т., Васючков Ю.Ф., Зверев И.В., Синолицкий В.В., Долгова М.О., Эттингер И. Л. – Акад. ест. наук. Ассоц. авт. науч. откр. от 10.11. 1994, рег. №16, Москва.
12. Малышев, Ю.Н. Фундаментально-прикладные методы решения проблемы угольных пластов / Ю.Н. Малышев, К.Н. Трубецкой, А.Т. Айруни. – М.: ИАГН, 2000 – 519 с.
13. Ходот В.В. Физико-химия газодинамических явлений в шахтах/ Ходот В.В., Яновская М.Ф., Премыслер Ю.С. и др. -М.: Недра, 1973. -139с.
14. Полевщикова, Г.Я. Руководство по применению безопасного и контролируемого способа интенсивной дегазации призабойной части пласта для предотвращения внезапных выбросов угля и газа с использованием эффекта гидроотжима и аппаратуры контроля метана (регулируемый гидроотжим) / Г.Я. Полевщикова, Е.С.Розанцев, В.И.Лохов, И.Крючков. - Кемерово: ВостНИИ, 1987. - 16 с.
15. Полевщикова, Г.Я. Схемы и технология прогноза и предотвращения внезапных выбросов угля и газа при проведении подготовительных выработок комбайнами на выбросоопасных мощных и средней мощности пластах / Г.Я.Полевщикова, В.С.Зыков, В.А.Рудаков - Кемерово: Вост-НИИ, 1989. - 45 с.
16. Пузырев, В.Н. Газодинамические явления в шахтах: учеб. пособие / В. Н. Пузырев. – Кемерово: ГУ КузГТУ, 2005. – 130 с.
17. Альков, В.И. Скважина для поинтервального гидроразрыва пласта // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2014. – № 1. –С. 9-12

REFERENCES

1. Instruktsiya po degazatsii ugol'nykh shakht // Prikaz Federal'noy sluzhby po ekologicheskemu, tekhnologicheskemu i atomnomu nadzoru № 679 ot 1 dekabrya 2011 g.-M., 2011.- 147 P.
2. Rodin, R.I. Effektivnost' degazatsii shakht Kuzbassa / R.I. Rodin // Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugol'noy promyshlennosti. – Kemerovo,2011. – No. 2. – P. 116-119.
3. Klishin, V.I. Sozdanie oborudovaniya dlya degazatsii ugol'nykh plastov na printsipe gidrorazryva gornykh porod / V.I.Klishin, M.V. Kurlena // Ugol'. – 2011. – № 10. – P. 34–39.
4. Plaksin, M.S. Gidrorazryv ugol'nogo plasta v shakhtnykh usloviyakh kak pana-tseya resheniya gazovykh problem shakht (osnovy razrabotki i vnedreniya) / M.S. Plaksin, R.I. Rodin, A.A. Ryabtsev, V.I. Al'kov, E.V. Leont'eva, E.S. Nepeina // Ugol'. – 2015. – No. 2. – P. 48–50.

5. Vasil'ev V.A. Gidrorazryv plasta v gorizonta'nykh skvazhinakh / V.A. Vasi-l'ev, A.E. Verisokin // Vestnik PNIPU. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo. 2013. No. 6 . – P. 101–110.
6. Polevshchikov, G.Ya. Nelineynye izmeneniya metanoobil'nosti vysokoproizvoditel'no-go vyemochnogo uchastka / G.Ya. Polevshchikov, E.N. Kozyreva, M.V. Shinkevich // Bezopas-nost' truda v promyshlennosti. 2014. № 6. P. 50–54.
7. Kozyreva E.N. Dinamika metanoobil'nosti vyemochnykh uchastkov ugol'nykh shakht // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tehnicheskiy zhurnal). – 2013. – Otd. vyp. No. 6. – P. 238–244..
8. Polevshchikov, G.Ya. Povyshenie effektivnosti kompleksnogo upravleniya ga-zovydeleniem na vyemochnom uchastke shakhty / G.Ya. Polevshchikov, E.N. Kozyreva, M.V. Shinkevich // Vestnik Nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugol'noy promyshlennosti. – 2012. – No. 2. – S. 20–26.
9. Kachurin, N.M. Prognoz metanovoy opasnosti ugol'nykh shakht pri intensivnoy otra-botke ugol'nykh plastov. / N.M. Kachurin, V.I. Klishin, A.M. Borshchevich, A.N. Kachurin. – Tula, TulGU, 2013. – 219 P.
10. Plaksin, M.S. Otsenka gazodinamicheskoy aktivnosti uglemetanovykh plastov pri vedenii gornykh rabot i planirovanie ob"emov izvlecheniya poputnogo metana / M.S. Plaksin, A.A. Ryabtsev, V.A. Sukhorukov // Vestnik Nauchnogo tsentra po bezopasno-sti rabot u ugol'noy promyshlennosti. 2010. No. 1. 2010. P. 43–49.
11. Diplom na otkrytie №9. Svoystvo organiceskogo veshchestva obrazovyyat' s gazami metastabil'nye odnofaznye sistemy po tipu tverdykh rastvorov /Alekseev A.D., Ayruni A.T., Vasyuchkov Yu.F., Zverev I.V., Sinolitskiy V.V., Dolgova M.O., Et-tinger I. L. – Akad. est. nauk. Assots. avt. nauch. otkr. ot 10.11. 1994, reg. No. 16, Moskva.
12. Malyshev, Yu.N. Fundamental'no-prikladnye metody resheniya problemy ugol'nykh plastov / Yu.N. Malyshev, K.N. Trubetskoy, A.T. Ayruni. – M.: IAGN, 2000 – 519 P.
13. Khodot V.V. Fiziko-khimiya gazodinamicheskikh yavleniy v shakhtakh / Khodot V.V., Yanovskaya M.F., Premysler Yu.S. i dr. -M.: Nedra, 1973. 139 P.
14. Polevshchikov, G.Ya. Rukovodstvo po primeneniyu bezopasnogo i kontrolirue-mogo sposoba intensivnoy degazatsii prizabojnoy chasti plasta dlya predotvrashcheniya vnezapnykh vybrosov uglya i gaza s ispol'zovaniem effekta gidrootzhima i apparatury kontrolya metana (reguliruemyy gidrootzhim) / G.Ya. Polevshchikov, E.S.Rozantsev, V.I.Lokhov, I.Kryuchkov. - Kemerovo: VostNII, 1987. - 16 P.
15. Polevshchikov, G.Ya. Skhemy i tekhnologiya prognoza i predotvrashcheniya vnezap-nykh vybrosov uglya i gaza pri provedenii podgotovitel'nykh vyrobok kombaynami na vybrosoopasnykh moshchnykh i sredney moshchnosti plastakh / G.Ya.Polevshchikov, V.S.Zykov, V.A.Rudakov - Kemerovo: Vost-NII, 1989. - 45 P.
16. Puzyrev, V.N. Gazodinamicheskie yavleniya v shakhtakh: ucheb. posobie / V. N. Puzyrev. Kemerovo: GU KuzGTU, 2005. – 130 P.
17. Al'kov, V.I. Skvazhina dlja pointerval'nogo gidrorazryva plasta // Vestneyk Vestnik Nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugol'noy promyshlennosti. – 2014. – No. 1. –P. 9-12

Поступило в редакцию 22.04.2017

Received 22 April 2017