

ГИДРОРАСЧЛЕНЕНИЕ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ДЛЯ ИХ ЭФФЕКТИВНОЙ ДЕГАЗАЦИОННОЙ ПОДГОТОВКИ ЧЕРЕЗ ПОДЗЕМНЫЕ СКВАЖИНЫ

С.В. Сластунов¹, А.В. Понизов², А.П. Садов², А.Б.-М. Хаутиев²

¹ Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва;

² АО «СУЭК-Кузбасс», г. Ленинск-Кузнецкий

Аннотация: Статья посвящена вопросам совершенствования комплексной технологии пластовой дегазации угольного пласта на базе его гидродинамической обработки. Рассмотрены возможные режимы реализации внедрения рабочей жидкости в угольный пласт в процессе ее нагнетания через скважины, пробуренные из подготовительных выработок и специально загерметизированные на определенную глубину, обеспечивающую минимизацию прорывов рабочей жидкости в горную выработку. Проведены исследования по оптимизации основных параметров гидродинамического воздействия. Установлены рациональные величины эффективной длины скважины и объема закачки. Показана целесообразность достижения значимых темпов нагнетания рабочего агента в пласт для раскрытия в нем естественных систем трещин. Исследованы направления повышения эффективности пластовой дегазации. Оценена эффективность комплексной технологии пластовой дегазации по факторам увеличения дебитов метана из скважин подземной пластовой дегазации, пробуренных в зону влияния скважин подземного гидроразрыва, и общего съема метана за весь период проведения пластовой дегазации. Определена эффективность усовершенствованной технологии подземного гидроразрыва при ведении очистных работ по факторам снижения простоев очистного оборудования, газообильности очистного забоя и повышению производительности угледобычи в зонах интенсивной комплексной пластовой дегазации.

Ключевые слова: пластовая дегазация, комплексная технология, гидродинамическое воздействие на угольный пласт, параметры подземного гидроразрыва, механизм снижения метанообильности горных выработок, дебиты и съем метана, снижение газоносности, блокирование метана, повышение остаточной газоносности, способы интенсификации газовыделения, технико-экономическая оценка разработанной технологии.

Для цитирования: Сластунов С.В., Понизов А.В., Садов А.П., Хаутиев А.Б.-М. Гидро-расчленение угольных пластов для их эффективной дегазационной подготовки через подземные скважины // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 6-1. – С. 15–25. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-61-0-15-25.

Hydro-splitting of coal seams for their effective degassing preparation through underground wells

S.V. Slastunov¹, A.V. Ponizov², A.P. Sadov², A.M.-B. Khautiev²

¹ National university of science and technology «MISIS», Moscow, Russia;

² SUEK-Kuzbass company, Leninsk-Kuznetsky, Russia

Abstract: The article is devoted to the issues of improving the complex technology of coal seam degassing based on its hydrodynamic treatment. The possible modes of implementation of the introduction of working fluid into the coal seam in the process of its injection through wells drilled from preparatory workings and specially sealed to a certain depth, which ensures minimization of breaks of working fluid into the mine. Studies have been carried out to optimize the main parameters of hydrodynamic effects. Rational values of the effective well length and injection volume are established. The expediency of achieving significant rates of injection of the working agent into the formation for the disclosure of natural systems of cracks in it is shown. The directions of increasing the efficiency of formation degassing are investigated. The effectiveness of the integrated reservoir degassing technology was evaluated based on the factors of increasing methane production from underground reservoir degassing wells drilled into the zone of influence of underground hydraulic fracturing wells, and the total methane removal over the entire period of reservoir degassing. The efficiency of improved technology of hydraulic fracturing in underground mining for factors reducing downtime pollution control equipment, gasobility slope and the productivity of coal mining in zones of intensive integrated reservoir degassing.

Key words: reservoir degassing, improved integrated technology, improvement of hydrodynamic impact on the coal seam, effective parameters of underground hydraulic fracturing, mechanism for reducing the methane content of mine workings, methane production and removal, reducing gas content, blocking methane, increasing the residual gas content, methods of gas release intensification, technical and economic assessment of the developed technology.

For citation: Slastunov S.V., Ponizov A.V., Sadov A.P., Khautiev A.M. -B. Hydro-splitting of coal seams for their effective degassing preparation through underground wells. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020;(6-1):15-25. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-61-0-15-25.

Введение

При подземной добыче угля для многих шахт основные проблемы связаны с газовым фактором. Необходимо обеспечить метанобезопасность горных работ и повысить их экономическую эффективность. Среднесуточная нагрузка на один комплексномеханизированный забой на ряде шахт АО «СУЭК-Кузбасс» превысила 5 тыс. т/сут, производительность длинных очистных забоев — 1,0 млн т/мес. Потенциал современного добычного оборудования на подземных горных работах по мнению многих экспертов используется не более, чем на 30 %.

Предусматриваемые нагрузки на ряде шахт Кузбасса уже сейчас возросли до 20–30 тыс. т/сут. В самой ближайшей перспективе планируется дальнейшее их увеличение, причем ожидаемое метановыделение из разрабатываемого пласта достигнет критиче-

ского значения, и производительность очистных забоев на ряде угольных шахт будет жестко ограничена газовым фактором. Без существенного снижения газообильности горных выработок, и в том числе, разрабатываемого пласта, обеспечить такой уровень нагрузок далеко не всегда представляется возможным. В связи с вышеизложенным разработка комплексной технологии дегазационной подготовки угольного пласта на базе его гидродинамической обработки для совершенствования технологии пластовой дегазации является весьма актуальной и для многих горно-геологических и горнотехнических условий основной задачей по обеспечению эффективной подземной угледобычи.

Целью представляемой в настоящей статье работы является обоснование, разработка и оценка результатов шахтных испытаний усовершенствованной

технологии подземной дегазационной подготовки угольного пласта на базе его гидродинамической обработки для обеспечения безопасной и интенсивной отработки.

Гидродинамическое воздействие на угольный пласт с целью повышения его газопроницаемости. Режимы закачки рабочей жидкости

Угольный пласт в качестве объекта дегазации отличается рядом принципиально важных свойств и характеристик, которые необходимо достоверно оценивать в конкретных горно-геологических и горнотехнических условиях подготавливаемого к отработке не разгруженного от горного давления угольного пласта. Основные свойства и характеристики целесообразно определять с использованием современных способов пластовой диагностики, известных из мировой практики, а также специально разрабатываемых нами [1–6].

Разрабатываемая и внедряемая технология эффективной пластовой дегазации носит в общем случае комплексный характер. Она включает в себя типовую схему предварительной пластовой дегазации разрабатываемых угольных пластов перекрещивающимися скважинами, пробуренными из подготовительных выработок (ППД), являющуюся базовым способом в части основного съема метана из подготавливаемого угольного пласта [7].

В состав комплексной технологии входит специальная подготовка разрабатываемого угольного пласта путем его гидродинамической обработки для эффективной дегазации, существенно повышающая низкую природную проницаемость неразгруженного угольного пласта [8].

Эффективная дегазационная подготовка включает в себя гидрорасчленение угольного пласта через скважины,

пробуренные с дневной поверхности (ГРП) [9] и подземного гидроразрыва (ПодзГРП), осуществляемого из подготовительных выработок через специально пробуренные и соответствующим образом обустроенные скважины.

При исследовании усовершенствованной нами технологии подземного гидроразрыва было установлено, что при реализации технологии ПодзГРП угольного пласта Болдыревский на шахте им. С.М. Кирова АО «СУЭК-Кузбасс» имеет место внедрение рабочей жидкости в пласт в режиме чисто гидрорасчленения [10] или гидрорасчленения с циклическими микрогидроразрывами (рис. 1, 2).

Эффект от применения комплексной технологии пластовой дегазации, включающей ПодзГРП, достигается за счет следующих факторов [10–12].

1. Снижения природной метаносности разрабатываемого угольного пласта за счет извлечения газа типовыми пластовыми дегазационными скважинами (ППД) и специальными скважинами гидроразрыва (ПодзГРП).

2. Снижения природной метаносности подготавливаемого к эффективной отработке угольного пласта в результате выноса из него метана в подготовительную выработку.

3. Повышения остаточной метаносности угольного пласта вследствие блокирования газа рабочей жидкостью в мельчайших порах и трещинах разрабатываемого угольного пласта.

Усовершенствованная технология ПодзГРП защищена патентом РФ [13] и прошла представительную апробацию. Работы были проведены более чем на 280 скважинах [10, 14].

Основные задачи, решаемые поисковыми шахтными работами, следующие:

1. Изучение влияния темпа нагнетания рабочей жидкости (q) на эффективность извлечения метана.

График изменения давления в процессе закачки эмульсии в пласт на скважине № 60/2

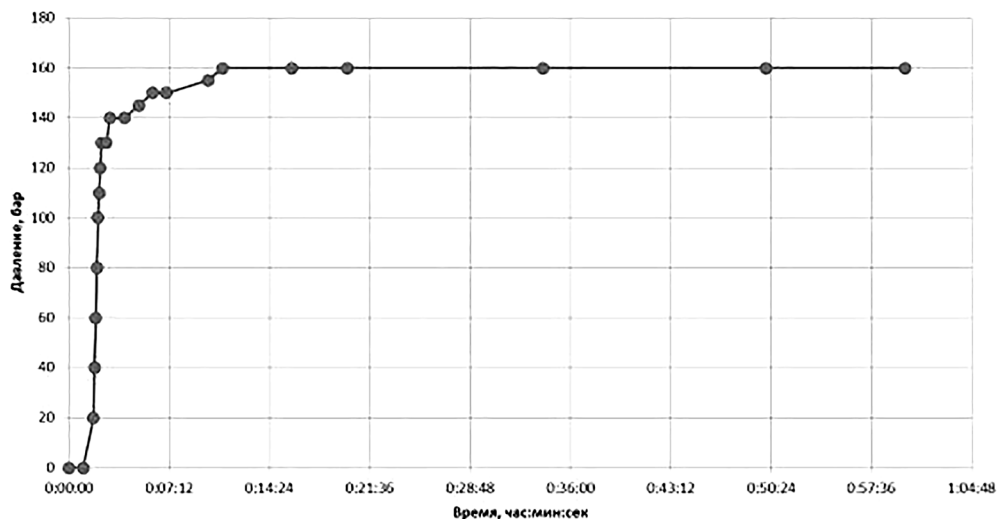


Рис. 1. Закачка рабочей жидкости в режиме гидрорасчленения угольного пласта Болдыревский на шахте им. С.М. Кирова

Fig. 1. pumping of the working fluid in the mode of hydraulic separation of the Boldyrevsky coal seam at the Kirov mine

График изменения давления в процессе закачки эмульсии в пласт на скважине № 60-28

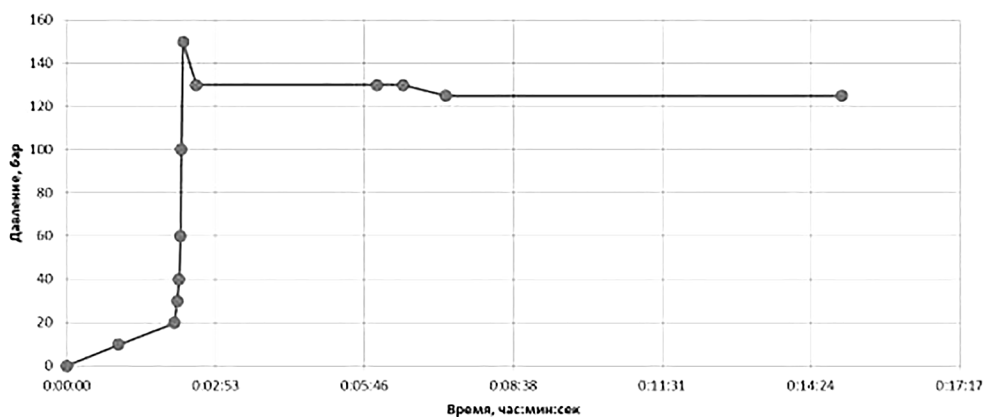


Рис. 2. Закачка рабочей жидкости в режиме гидрорасчленения угольного пласта Болдыревский с циклическими микрогидроразрывами

Fig. 2. pumping of the working fluid in the mode of hydro-splitting of the Boldyrevsky coal seam with cyclic micro-hydraulic fractures

2. Оптимизация основных параметров технологии ПодзГРП (объем закачки V , эффективная длина скважин L).

3. Исследование конфигурации зон гидровоздействия (продольные газовые съемки в лаве, наблюдения за водопроявлениями, прорывами рабочей жидкости и др.).

4. Совершенствование технологии ПодзГРП [14, 15] по некоторым направлениям, в частности:

- проведение гидродинамического гидроударного воздействия с дистанционным управлением;

- применение поверхностно-активных рабочих жидкостей различной вязкости и др.

5. Обоснование перспектив и исследование целесообразности применения заблаговременной дегазационной подготовки с поверхности с использованием технологии ГРП в составе комплексной технологии.

Методология выбора технологии пластовой дегазации базируется на следующих подходах [8]. Для конкретного выемочного участка может быть получена номограмма для определения необходимого съема метана в процессе пластовой дегазации в зависимости от планируемой нагрузки на очистной забой (рис. 3).

Обобщена и проанализирована доступная информация о фактической эффективности известных технологических схем пластовой дегазации, которая помогает сделать обоснованный выбор конкретной технологии. В частности, для горно-геологических и горнотехнических условий выемочных участков 24–58, 24–59, 24–60 и 24–62 обосновано применение типовой схемы подземной пластовой дегазации (ППД) в комплексе с усовершенствованной нами технологией подземного гидроразрыва (ПодзГРП), осуществляемого из подготовительных

выработок перед применением ППД. Основанием для включения новой технологической схемы дегазационной подготовки в состав комплексной технологии послужили успешные работы по ее апробации и исследованию в условиях ряда выемочных участков шахты им. С.М. Кирова.

Исследование эффективных параметров технологии подземного гидроразрыва

Показана эффективность достижения максимально возможных темпов нагнетания рабочей жидкости в угольный пласт в процессе реализации технологии ПодзГРП.

Проведены изыскательские работы по выявлению целесообразной эффективной длины скважин подземного гидроразрыва (длины не обсаженной части скважин, непосредственно контактирующей с углем) и объема закачки в них рабочей жидкости.

Положительные факторы увеличения эффективной длины скважин ПодзГРП:

- предположительное повышение равномерности дегазации выемочного участка;

- повышение приемистости скважин (возможность применения менее мощных насосов).

Отрицательные факторы:

- вырождение режима гидрорасщепления в режим фильтрации;

- уменьшение фазовой проницаемости угольного пласта для метана без создания дополнительных каналов движения газа;

- необходимость поинтервальной обработки и сопутствующие этому технологические сложности.

Динамика изменения дебита метана из скважин, пробуренных в вентиляционной печи 24–60 с различной эффективной длиной ($L_{эф.} = 110, 70, 35$ и 5 м) во времени представлена на рис. 4.

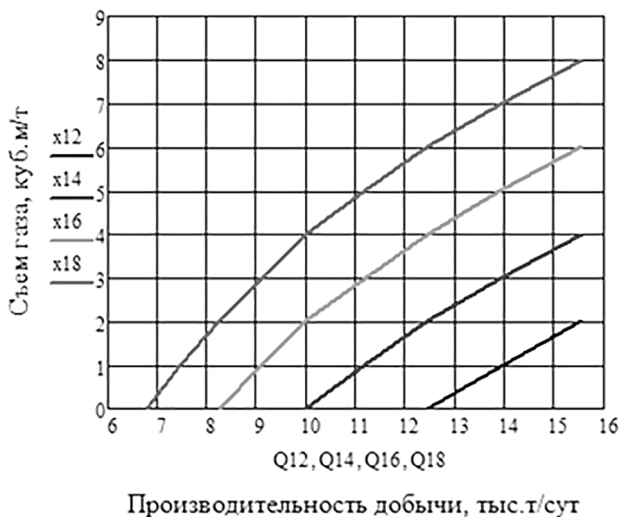


Рис. 3. Номограмма для определения необходимого съема метана в процессе пластовой дегазации угольного пласта Болдыревский
 Fig. 3. Nomogram for determining the necessary methane removal during the formation degassing of the Boldyrevsky coal seam

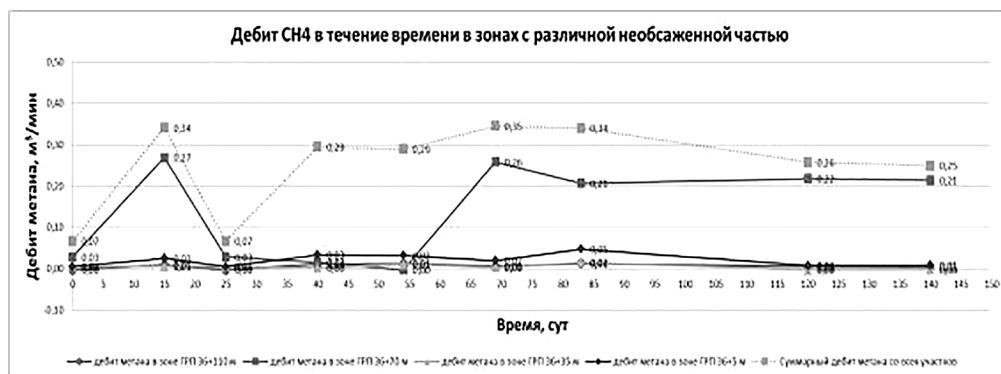


Рис. 4. Динамика изменения дебита метана из скважин с различной эффективной длиной во времени на выемочном участке 24–60
 Fig. 4. Dynamics of changes in the methane flow rate from wells with different effective lengths over time at the 24-60 extraction site

Несложно видеть большую эффективность по извлечению метана скважинами ПодзГРП с эффективной длиной 35 и 70 м.

Рассмотрен вопрос целесообразности увеличения объема закачки рабочей жидкости. Динамика изменения дебита метана из скважин ПодзГРП на выемочном участке 24–62 с различными объ-

емами закачки представлена на рис. 5. Показана целесообразность повышения объема закачки рабочей жидкости при реализации технологии ПодзГРП.

Увеличение объема закачки положительно вследствие:

- увеличения радиуса обработки;
- замещения и вытеснения метана водой в сорбционном объеме угля;

Дебит CH₄ в течение времени в зонах с различным объемом закачки

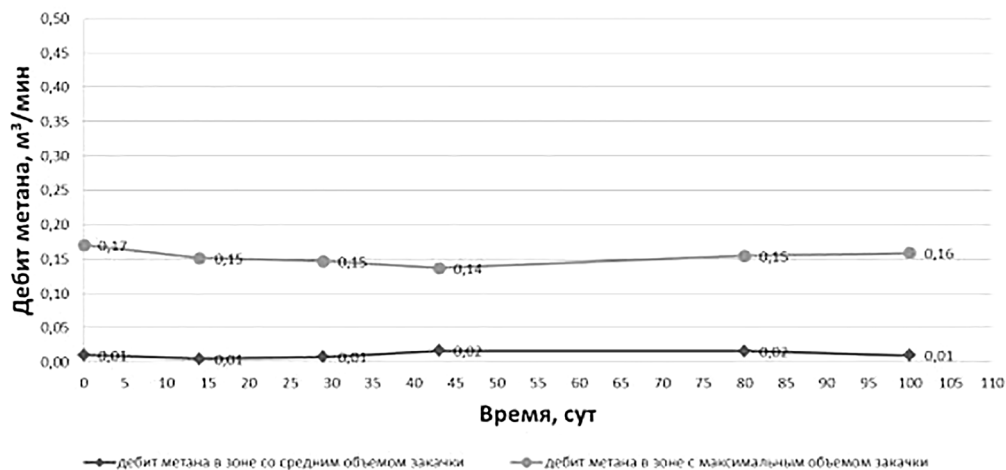


Рис. 5. Динамика изменения дебита метана из скважин ПодзГРП на выемочном участке 24–62 с различными объемами закачки

Fig. 5. Dynamics of changes in the methane flow rate from sub-GRP wells at the 24-62 extraction site with different injection volumes

- гидратации пласта и сопутствующего блокирования метана в мельчайших порах и трещинах угольного пласта;

- повышения квазипластичности угольного пласта и сопутствующего снижения его выбросоопасности.

Уменьшение объема закачки отрицательно вследствие:

- снижения фазовой проницаемости пласта для газа;

- повышения длительности гидрообработки;

- избыточного повышения влажности угля.

Обоснован механизм уменьшения метанообильности очистной выработки вследствие проведения комплексной пластовой дегазации, проводимой из подготовительных выработок и достигаемой за счет:

- снижения метаноносности угольного пласта и метановыделения из него при его отработке вследствие интенсивного извлечения метана скважинами

ППД из газопроницаемого техногенного коллектора, созданного гидроразрывом, осуществленном из скважин ПодзГРП, а также замещения метана водой в сорбционном объеме дегазируемого угольного пласта;

- увеличения остаточной газоносности угольного пласта и, как следствие, уменьшения газовыделения из него при отработке вследствие блокирования метана рабочей жидкостью в микропорах и трещинах угольного пласта, проникающей туда за счет сил самодвижения, особенно в условиях применения нисходящих дегазационных скважин;

- дегазации угольного пласта в пределах выемочного участка подготовительной выработкой вследствие интенсивного притока в нее метана по созданному проницаемому техногенному коллектору, в котором метан находится под существенным пластовым давлением.

Оценка экономической эффективности усовершенствованной комплексной технологии пластовой дегазации с использованием подземного гидроразрыва

Установлено увеличение в 2–4 раза дебитов метана и суммарного съема последнего из скважин подземной пластовой дегазации (ППД) в зонах влияния скважин ПодзГРП. Основной эффект по извлечению метана из выемочного столба следует ожидать не непосредственно из скважин ПодзГРП, а из типовых скважин ППД, интенсивно функционирующих в зонах гидроразрыва в условиях существенно повышенной газопроницаемости пласта.

Повышение эффективности пластовой дегазации в части снижения газообильности очистного забоя в зонах ПодзГРП базируется не только на увеличении дебитов скважин ППД, но и на метаноистощении угольного пласта подготовительной выработкой. Установлено изменение газообильности подготовительной выработки в различных зонах ПодзГРП на выемочном участке 24–60. Посчитано, что вклад этого фактора в эффективность пластовой дегазации не менее весом, чем фактор извлечения метана скважинами ППД, пробуренными в зонах ПодзГРП. Последнее обосновывает целесообразность проведения ПодзГРП и на нисходящих пластовых скважинах.

Проведенные детальные и методически корректные исследования на выемочном участке 24–58 показали, что среднее значение относительной газообильности очистного забоя в зонах гидроразрыва было снижено на 30 %, добыча в среднем повышена на 21 %, а продолжительность остановок добычной техники по фактору проветривания уменьшились более чем на 40 %, что позволило положительно оценивать перспективы дальнейшего практиче-

ского применения разработанного способа и его применения на следующих выемочных участках шахты им. С.М. Кирова, а также ряда других шахт АО «СУЭК-Кузбасс» («Комсомолец», «Полысаевская» и им. В.Д. Ялевского).

По следующей после лавы 24–58 по временному порядку отработки лаве 24–59 шахты им. С.М. Кирова можно констатировать также успешное и эффективное применение разработанной технологии комплексной пластовой дегазации.

1) Лава 24–58 работала 8 месяцев с 01.04.2016 по 30.11.2016. Средняя среднесуточная добыча составила 10 500 т. Глубина залегания пласта изменялась от 354 до 510 м (средняя – 401 м). Метаноносность – 15 м³/т с.б.м.

2) Лава 24–59 работала 9,5 месяцев с 01.02.2017 по 13.11.2017. Среднесуточная добыча составила 11 000 т. Глубина залегания пласта изменялась от 354 до 510 м (средняя – 438 м). Средняя глубина залегания пласта в сравниваемой зоне – 385 м. Метаноносность 20 м³/т с.б.м.

Лава 24–59 работала в более сложных условиях по глубине залегания угольного пласта и его газоносности, тем не менее:

- увеличилась на 5 % суточная добыча с 10 500 до 11 000 т/сут;
- уменьшилось среднее время остановок на проветривание за сутки на 9,1 % с 112,6 до 103,2 мин/сут;
- относительная газообильность снизилась на 15,8 % – с 1,54 до 1,33 м³/т.

Приведем некоторый анализ результатов по выемочному участку 24–60, разбитому на ряд зон с различной набором способов пластовой дегазации.

Вывод №1: интенсификация газовыделения в зоне восстающих скважин

эффективнее, чем в зоне нисходящих пластовых скважин.

Вывод №2: для нисходящих скважин также необходимо проводить ПодзГРП, что в настоящее время увязывается с позитивной ролью процесса гидратации угольного пласта.

Вывод №3: увеличение объема закачки, а также меньшая эффективная длина скважины положительно сказываются на дегазации угольного пласта подготовительной выработкой.

Все вышесказанное подтверждает достаточно высокую эффективность разработанной и успешно апробированной технологии подземного гидро-

разрыва (ПодзГРП) в составе комплексной пластовой дегазации.

Дана оценка технико-экономической эффективности подземного гидроразрыва. Экономическая целесообразность применения вспомогательной технологии в составе комплексной пластовой дегазации может показательно обосновываться следующим образом. При увеличении нагрузки на очистной забой на 21 % (что было фактически установлено) дополнительная добыча угля составляет 460 800 т стоимостью 2,074 млрд руб. Экономический эффект составит: 2074 – 15,3 (затраты на ПодзГРП) = 2,1 млрд руб.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ютяев Е.П., Садов А.П., Мешков А.А. и др. Оценка фильтрационных свойств угля в термодинамических испытаниях дегазационных пластовых скважин // Уголь, 2017. – № 11. – С.24–29.

2. Патент РФ «Способ определения пластового давления метана и сорбционных параметров угольного пласта». Патент РФ на изобретение №2630343 от 07.09.2017.

3. Hu C., Wu D. A novel gas drainage technology for lower protected coal seams: Application and verification in xinzhuangzi coal mine, huainan coalfield. IPPTA // Quarterly Journal of Indian Pulp and Paper Technical Association, 2018. – № 30(7). – С. 801–808.

4. Zhang L., Zhang H., Guo H. A case study of gas drainage to low permeability coal seam. International Journal of Mining Science and Technology, 2017. – № 27(4). – С. 687–692.

5. Szott W., Słota-ValimM., Gołqbek A., Sowizdzał K.. Numerical studies of improved methane drainage technologies by stimulating coal seams in multi-seam mining layouts // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 2018. – № 108. – С. 157–168.

6. Kurlenya M.V., Serdyukov S.V., Shilova T.V., Patutin A.V. Procedure and equipment for sealing coal bed methane drainage holes by barrier shielding // Journal of Mining Science, 2015. – № 50(5). – С. 994–1000.

7. Инструкция по дегазации угольных шахт. Ростехнадзор. – М.: ЗАО НТП ПБ, 2012. – 246 с.

8. Ютяев Е.П. Обоснование технологии интенсивной подземной разработки высокогазонасыщенных угольных пластов. Дисс. на соиск. уч. степ. д-ра техн. наук по специальностям 25.00.22 и 25.00.20. – КузГТУ, 2019. – 465 с.

9. Временное руководство по заблаговременной подготовке шахтных полей к эффективной разработке скважинами с поверхности с пневмогидровоздействием на свиту угольных пластов. – М.: МГИ, 1991. – 92с.

10. Сластунов С.В., Мешков А.А., Мазаник Е.В., Комиссаров И.А. Анализ режимов нагнетания рабочей жидкости при применении технологии подземного гидроразрыва. ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2018. – № 10, – С. 110–117.

11. Сластунов С.В., Ютяев Е.П., Мазаник Е.В., Садов А.П., Понизов А.В. Шахтные испытания усовершенствованной технологии подземной пластовой дегазации с использованием гидроразрыва // Уголь, 2016 – № 11. – С. 32–37.

12. Сластунов С.В., Ютяев Е.П., Мазаник Е.В., Ермак Г.П. Исследование эффективности усовершенствованной технологии подземного гидроразрыва угольного пласта для его дегазации // Горный журнал, 2018. — №1. — С.83–87.

13. Патент РФ № 2 659 298, 29.06.2018. Сластунов С.В., Каркашадзе Г.Г., Коликов К.С., Ютяев Е.П., Мазаник Е.В., Садов А.П., Понизов А.В., Никитин С.Г. Способ подготовки газоносного угольного пласта к отработке. Бюл. № 19 (73).

14. Садов А.П. Повышение эффективности пластовой дегазации на основе циклических гидродинамических воздействий на угольные пласты. Дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук по специальности 05.26.03. НИТУ «МИСиС», 2017. — 235 с.

15. Патент РФ на изобретение № 2159333, 20.11.2000. Пучков Л.А., Сластунов С.В., Фейт Г.Н. Способ дегазации угольного пласта. **ИЗВ**

REFERENCES

1. Yutyaev E.P., Sadov A.P., Meshkov A.A. i dr. Estimation of coal filtration properties in thermodynamic tests of degassing formation wells. *Ugol'*, 2017. no. 11. pp. 24–29. [In Russ]

2. *Patent RF* «Sposob opredeleniya plastovogo davleniya metana i sorbcionnyh parametrov ugol'nogo plasta». Patent RF na izobretenie no. 2630343 ot 07.09.2017. [In Russ]

3. Hu C., Wu D. A novel gas drainage technology for lower protected coal seams: Application and verification in xinzhuangzi coal mine, huainan coalfield. *IPPTA. Quarterly Journal of Indian Pulp and Paper Technical Association*, 2018. no. 30(7). pp. 801–808.

4. Zhang L., Zhang H., Guo H. A case study of gas drainage to low permeability coal seam. *International Journal of Mining Science and Technology*, 2017. no. 27(4). pp. 687–692.

5. Szott W., Słota-ValimM., Gołąbek A., Sowizdzał K. Numerical studies of improved methane drainage technologies by stimulating coal seams in multi-seam mining layouts. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 2018. no. 108. pp. 157–168.

6. Kurlenya M.V., Serdyukov S.V., Shilova T.V., Patutin A.V. Procedure and equipment for sealing coal bed methane drainage holes by barrier shielding. *Journal of Mining Science*, 2015. no. 50(5). pp. 994–1000.

7. *Instrukciya po degazacii ugol'nyh shaht* [Instructions for degassing coal mines]. Rostekhnadzor. Moscow: ZAO NTP PB, 2012. 246 s. [In Russ]

8. Yutyaev E.P. *Obosnovanie tekhnologii intensivno j podzemno j razrabotki vysokogazonosnyh ugol'nyh plastov* [Substantiation of the technology of intensive underground mining of high-gas-bearing coal seams]. Diss. na soisk. uch. step. d-ra tekhn. nauk po special'nostyam 25.00.22 i 25.00.20. KuzGTU, 2019. 465 p. [In Russ]

9. *Vremenno e rukovodstvo po zablagovremenno j podgotovke shahtnyh polej k effektivno j razrabotke skvazhinami s poverhnosti s pnevmogidrovodstvom na svitu ugol'nyh plastov* [Temporary guidance on the advance preparation of mine fields for effective development of wells from the surface with pneumohydrovation on the formation of coal seams]. Moscow: MGI, 1991. 92 p. [In Russ]

10. Slastunov S.V., Meshkov A.A., Mazanik E.V., Komissarov I.A. Analysis of working fluid injection modes when applying underground hydraulic fracturing technology. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* no. 10, 2018. pp. 110–117. [In Russ]

11. Slastunov S.V., Yutyaev E.P., Mazanik E.V., Sadov A.P., Ponizov A.V. Mine tests of improved technology of underground reservoir degassing using hydraulic fracturing. *Ugol'*, 2016 no. 11. pp. 32–37. [In Russ]

12. Slastunov S.V., Yutyaev E.P., Mazanik E.V., Ermak G.P. Study of the effectiveness of improved technology of underground hydraulic fracturing of coal seam for its degassing. *Gornyj zhurnal*, 2018. no. 1. pp. 83–87. [In Russ]

13. *Patent RF no. 2 659 298*, 29.06.2018. Slastunov S.V., Karkashadze G.G., Kolikov K.S., Yutyaev E.P., Mazanik E.V., Sadov A.P., Ponizov A.V., Nikitin S.G. Sposob podgotovki gazonosnogo ugol'nogo plasta k otrabotke. Byul. no. 19 (73). [In Russ]

14. Sadov A.P. *Povyshenie effektivnosti plastovoj degazacii na osnove ciklicheskih gidrodinamicheskikh vozdeystvij na ugol'nye plasty* [Improving the efficiency of reservoir degassing based on cyclic hydrodynamic effects on coal seams]. Diss. na soisk. uch. step. kand. tekhn. nauk po special'nosti 05.26.03. NITU «MISiS», 2017. 235 p. [In Russ]

15. *Patent RF* na izobretenie no. 2159333, 20.11.2000. Puchkov L.A., Slastunov S.V., Fejt G.N. Sposob degazacii ugol'nogo plasta. [In Russ]

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Сластунов Сергей Викторович*¹ — докт. техн. наук, проф., профессор кафедры безопасности и экологии горного производства, e-mail: slastunovsv@mail.ru;

*Понизов Александр Владимирович*² — директор шахты им. В.Д. Ялевского, e-mail: ponizovav@suek.ru;

*Садов Анатолий Петрович*² — канд. техн. наук, директор Управления дегазации и утилизации метана, e-mail: sadovap@suek.ru;

*Хаутиев Адам Магомед-Баширович*² — канд. техн. наук, инженер-технолог Управления дегазации и утилизации метана, e-mail: khautievam@suek.ru;

¹ Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Ленинский пр., 4, Москва, 119049;

² Акционерное общество «СУЭК-Кузбасс», г. Ленинск-Кузнецкий.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*Slastunov S.V.*¹, prof., Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Department of safety and ecology of mining production, e-mail: slastunovsv@mail.ru;

*Ponizov A.V.*², Director of the mine. V.D. Yalovsky, e-mail: ponizovav@suek.ru;

*Sadov A.P.*², Cand. Sci. (Eng.), Director of the methane degassing and utilization Department, e-mail: sadovap@suek.ru;

*Khautiev A.M.-B.*², Cand. Sci. (Eng.), engineer-technologist of methane degassing and utilization Department, e-mail: khautievam@suek.ru

¹ National university of science and technology «MISIS», Russia.

² SUEK-Kuzbass company, Leninsk-Kuznetsky, Russia.

Получена редакцией 11.03.2020; получена после рецензии 06.04.2020; принята к печати 20.05.2020.

Received by the editors 11.03.2020; received after the review 06.04.2020; accepted for printing 20.05.2020.

