ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
MIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2021;(6):34-45
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 622.817.47 DOI: 10.25018/0236_1493_2021_6_0_34

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ПЛАСТОВОЙ ДЕГАЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ГИДРОРАСЧЛЕНЕНИЯ РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

С.В. Сластунов[1], К.С. Коликов[1], А.А. Мешков[2], А.П. Садов[2], А.М.-Б. Хаутиев[2]

[1] ГИ НИТУ «МИСиС», Москва, Россия, e-mail: kolikovks@mail.ru
[2] АО «СУЭК-Кузбасс», Ленинск-Кузнецкий, Россия

Аннотация: Изложены некоторые результаты реализации комплексной технологии пластовой дегазации пласта Болдыревский в условиях первоочередных по времени отработки выемочных участков шахты им. С.М. Кирова в условиях предварительной дегазационной подготовки при сроках пластовой дегазации не более 1—2 лет. Скважины ГРП с поверхности используются в основном для повышения проницаемости разрабатываемого угольного пласта и создания условий для эффективного извлечения метана скважинами типовой подземной пластовой дегазации (ППД), эффективно функционирующими в условиях значительно повышенной газопроницаемости угольного пласта. Исследовалась возможность извлечения воды после ГРП из фильтрующего объема угольного пласта посредством спуска воды в близлежащие горные выработки. На первом поисковом этапе работ на поле шахты им. С.М. Кирова решалась задача освоения технологии заблаговременной дегазации, впервые реализуемой на шахтах Кузбасса, определение ее работоспособности и потенциальной эффективности. Приведены основные технологические операции по подготовке и проведению предлагаемой и исследуемой технологии дегазационной подготовки разрабатываемого пласта с использованием скважин, пробуренных с поверхности. Осуществляется оценка эффективности комплексной технологии пластовой дегазации при ведении очистных работ в лаве по факторам абсолютной и относительной газообильности очистного забоя, простоям лавы по газовому фактору и интенсивности добычи угля.

Ключевые слова: гидрорасчленение угольных пластов, предварительная дегазация скважинами с поверхности, комплексная пластовая дегазация, снижение абсолютной и относительной газообильности очистного забоя, простоев лавы по газовому фактору, повышение производительности подземной угледобычи.

Для цитирования: *Сластунов С. В., Коликов К. С., Мешков А. А., Садов А. П., Хаутиев А. М.-Б.* Совершенствование технологии предварительной пластовой дегазации на основе гидрорасчленения разрабатываемых угольных пластов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 6. – С. 34–45. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_6_0_34.

Improvement of pre-drainage technology based on hydraulic dissection of coal beds

S.V. Slastunov[1], K.S. Kolikov[1], A.A. Meshkov[2], A.P. Sadov[2], A.M.-B. Khautiev[2]

[1] Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS», Moscow, Russia, e-mail: kolikovks@mail.ru
[2] SUEK-Kuzbass JSC, Leninsk-Kuznetsky, Russia

© С.В. Сластунов, К.С. Коликов, А.А. Мешков, А.П. Садов, А.М.-Б. Хаутиев. 2021.

Abstract: The article describes implementation of integrated hydraulic fracturing in Boldyrev coal bed in extraction panels assigned for development in the nearest future and now subjected to pre-drainage before basic drainage period of not longer than 1–2 years in Kirov Mine. Boreholes drilled from ground surface are mostly used to stimulate coal bed permeability and to create conditions for enhanced methane recovery using the in-situ drainage boreholes which operate effectively under conditions of stimulated gas permeability of coal beds. We studied recoverability of water from coal bed after hydraulic fracturing by means of water discharge to nearby roadways. At the early research stage, in Kirov Mine field, we tested the pre-drainage technology for the first time in Kuzbass, determined its working capacity and estimated potential efficiency. The main processes of preparation and implementation of coal bed pre-treatment by the proposed pre-mining drainage technology using boreholes drilled from ground surface are described. Efficiency of the integrated coal bed drainage technology implemented during longwall mining is evaluated by the factors of absolute and relative gas contents in face areas, longwall downtimes due to critical gas criterion and by coal production rate.

Key words: hydraulic dissection of coal beds, pre-drainage in surface boreholes, integrated in-situ drainage, reduction in absolute and relative gas contents of face area, longwall downtime due to critical gas criterion, underground coal mining productivity improvement.

For citation: Slastunov S. V., Kolikov K. S., Meshkov A. A., Sadov A. P., Khautiev A. M.-B. Improvement of pre-drainage technology based on hydraulic dissection of coal beds. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(6):34-45. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_6_0_34.

Объект испытаний технологии пластовой дегазации

На шахте им. С.М. Кирова АО «СУЭК-Кузбасс» в последние два года испытывается технология комплексной пластовой дегазации выемочных участков [1], включающей в себя типовую пластовую дегазацию (ППД) скважинами, пробуренными из подготовительных выработок [2], и предварительное гидрорасчленение угольного пласта, подготавливаемого к интенсивной отработке. Основы последней технологии также изложены в [2].

Отличительной особенностью проводимых работ является то, что гидрорасчленение низкопроницаемого угольного пласта осуществляется в два этапа. На первом гидрорасчленение осуществляется через скважины, пробуренные с поверхности (ГРП) [3], на втором — через скважины, пробуренные из подготовительных выработок [4, 5].

Предыстория вопроса

Работы по гидродинамическим воздействиям на пласты с поверхности в режимах гидроразрыва и (или) гидрорасчленения исследовались многими зарубежными [6 — 8] и отечественными специалистами [9 — 11].

В нашей практике эти работы всегда рассматривались в качестве заблаговременной дегазационной подготовки угольных пластов к безопасной и эффективной разработке. В качестве способа заблаговременной дегазации (ЗДП) этот способ вошел в Инструкцию по дегазации [2]. ЗДП шахтных полей должна проводиться за 3 — 5 и более лет до начала ведения основных горных работ в зонах гидрорасчленения. Существенный резерв времени на пластовую дегазацию потенциально обеспечивает экономическую состоятельность достаточно затратных работ по ЗДП.

Преимущества исследуемой технологии

Известно, что эффективность работ по пластовой дегазации сдерживается временным и энергетическим барьерами [5, 11]. Угольный пласт характеризуется блочно-трещиноватой, низкопроницаемой структурой, в которой до 95—98% метана находится в связанном (в основном, сорбированном) состоянии, и требуется значительная энергия для разрыва связи метана с углем и переноса десорбированного газа к дегазационной скважине. Газоперенос в основном осуществляется по закону фильтрации Дарси, и его интенсивность главным образом определяется газопроницаемостью не разгруженного от горного давления угольного пласта, что составляет сотые и тысячные доли миллидарси. Процесс метанопереноса крайне медленный и требует большого запаса времени на дегазацию, исчисляемого месяцами и даже годами. Именно в этом заключается основное потенциальное преимущество заблаговременной дегазации, осуществляемой за 3—4 и более лет до начала ведения горных работ по добыче угля. Эта технология также позволяет снять энергетический барьер, так как для ГРП с поверхности применяется мощная насосная техника, обеспечивающая темп закачки рабочей жидкости до 100—120 л/с при давлении нагнетания до 600 бар. Применение такой техники в стесненных условиях подземных горных выработок невозможно.

Поисковые работы на шахте им. С.М. Кирова

На первом поисковом этапе работ на поле шахты им. С.М. Кирова решалась задача освоения технологии ЗДП, впервые реализуемой на шахтах Кузбасса, определение ее работоспособности и потенциальной эффективности. Была предпринята попытка реализовать комплексную технологию пластовой дегазации пласта Болдыревский в условиях первоочередных по фактору времени отработки выемочных участков при сроках пластовой дегазации не более 1—2 лет, т.е. при не заблаговременной, а предварительной дегазационной подготовке. Идея проведения такого комплекса работ базировалась на том, что скважины ГРП с поверхности используются в основном не для извлечения метана, а для повышения проницаемости разрабатываемого угольного пласта, т.е. для создания условий для эффективного извлечения метана скважинами типовой подземной пластовой дегазации (ППД), эффективно функционирующими в условиях значительно повышенной газопроницаемости угольного пласта. Извлечение относительно больших объемов воды при ГРП из фильтрующего объема угольного пласта предполагалось осуществлять не на поверхность традиционными способами, например, с помощью погружных насосов и станков-качалок, а спуском воды в близлежащие горные выработки. При этом предполагалось воду выдержать в пласте не менее 1—2 месяцев для реализации процесса замещения метана водой в сорбционном объеме. Отметим также, что при этом должна происходить блокировка метана в мельчайших порах и трещинах пласта водой в процессе самодвижения последней за счет капиллярных сил. Последнее обстоятельство — позитивный фактор, приводящий к повышению остаточной газоносности угля x_0, тем самым, к снижению эффективной газоносности угля $(x - x_0)$ и снижению газообильности очистного забоя в конечном счете.

Таким образом, упрощенная по ряду позиций технология ГРП на первом поисковом этапе заключалась в следующем. Заложение первых экспериментальных скважин ГРП производилось

вместо вертикальных куполовых скважин № 3, 6, 9 и др. в контуре столба 24 — 63.

Предполагалось, что эти скважины после осуществления пластовой дегазации при прохождении лавы на заключительном этапе будут использоваться как куполовые для дегазации выработанного пространства, что в существенной степени обеспечит экономическую состоятельность комплекса дегазационных работ.

Удаление створа скважины ГРП на расстояние не менее 300 м от ближайшей подготовительной выработки при проведении гидрорасчленения угольного пласта с поверхности должно было позволить избежать существенных прорывов воды в горную выработку в процессе гидрорасчленения угольного пласта с темпом закачки до 100 л/с.

Спуск воды необходимо осуществить в вентиляционную печь 24 — 63. Для этого в зону гидрообработки предполагалось бурение куста 3 — 5 направленных скважин с контролем водопритока. В случае необходимости количество скважин должно быть увеличено (до 15).

Технологические особенности исследуемой технологии

Основные технологические операции по подготовке и проведению дегазационной подготовки заключались в следующем.

1. Бурение скважины ГРП до кровли пласта Болдыревский с заходом в угольный пласт на 1 м и с перекрытием пяти отработанных ранее вышележащих угольных пластов, обсадка, цементирование на всю глубину скважины и ее опрессовка.

2. Совершенное вскрытие угольного пласта. Разбуривание скважины через угольный пласт с образованием зумпфа глубиной 15 — 20 м.

3. Закачка воды с темпом не менее 80 — 100 л/с, объем закачки 500 — 1000 м^3 — раскрытие естественных трещин на 120 — 150 м.

После ГРП скважина закрывается на срок до 12 месяцев до завершения процесса спуска воды в горные выработки.

4. Осуществляется выдержка воды в пласте. Реализуются следующие процессы в системе «уголь — газ»:

- замещение метана водой в сорбционном объеме;
- блокировка метана в мельчайших порах и трещинах пласта водой в процессе самодвижения последней за счет капиллярных сил.

5. Спуск воды в горную выработку — в первую очередь, в вентиляционную печь 24 — 63.

6. Проведение подземного гидроразрыва (ПодзГРП) из скважин, пробуренных из вентиляционной и конвейерной печи, по апробированной ранее технологии [4, 5].

7. Бурение подземных скважин ППД, подключение их и скважин ПодзГРП к газопроводу. Извлечение метана из скважин ППД, пробуренных в зонах дегазационной подготовки (ДП).

8. Оценка эффективности комплексной технологии пластовой дегазации в зонах ДП и вне их при ведении очистных работ в лаве по факторам абсолютной и относительной газообильности очистного забоя, простоям лавы по газовому фактору и интенсивности добычи угля.

На первом поисковом этапе работ на участках 24 — 63 и 24 — 64 исследовалась упрощенная технология ГРП ввиду не завершенной комплектации оборудования и поискового характера работ. В частности:

- не проводилось освоение скважин традиционными испытанными методами, станками-качалками, погружными насосами и др.;

• не проводилось качественное вскрытие пласта с использованием перфорации или кавернообразования;

• применялся облегченный вариант опрессовки скважин;

• не проводилось крепление трещин проппантом;

• не пересыпался зумпф.

Предпосылки достижения эффективной ДП

На поисковом этапе предусматривалось два возможных варианта решения вопроса достижения эффективной дегазационной подготовки пласта Болдыревский.

Первый вариант основывался на том, что после ГРП с поверхности вода будет удалена из скважины ГРП путем спуска в горную выработку. Это существенно увеличит фазовую проницаемость пласта для газа в зоне гидрорасчленения и приведет к существенному съему метана пластовыми подземными скважинами (ППД).

Время функционирования скважин должно составлять не менее 6—12 месяцев.

Второй вариант состоял в том, что если удалить воду из скважин ГРП и пласта не удастся, то эффект по снижению газообильности очистного забоя может достигаться за счет:

• менее интенсивного притока метана из разрабатываемого пласта в очистную выработку вследствие его низкой фазовой проницаемости для метана;

• повышения остаточной газоносности пласта x_0 (и, следовательно, снижения его эффективной газоносности $x - x_0$) за счет блокировки метана в мельчайших порах и трещинах (гидратации пласта);

• более интенсивного выноса метана из дезинтегрированного в процессе ГРП угольного пласта вентиляционной струей в подготовительной выработке.

Результаты реализации исследуемой технологии

В результате проведенных работ спустить воду в горные выработки не удалось, хотя направленные скважины бурились как из вентиляционной, так и из конвейерной печи к скважинам ГРП. В зону ответственности скважины 6 ГРП также бурились направленные скважины из вентиляционной печи 24—63, потом из конвейерной печи 24—63 был проведен подземный гидроразрыв из трех скважин ПодзГРП и пробурены 7 пластовых скважин, но все это не обеспечило удаления воды из скважины ГРП и дегазируемого пласта (рис. 1).

В настоящее время очистной забой 24—63 прошел створ скважины 1 ГРП и движется в сторону скважин 2—6 ГРП. Дата подключения скважин ППД в зоне влияния скважины 1 ГРП к газопроводу — октябрь 2020 г., имелось только 1,5—2 месяца фактической работы скважин ППД, что сделало невозможным значимый съем газа ими.

Целью исследуемой комплексной технологии является снижение газовыделения непосредственно из пласта и отбитого угля в очистную выработку. Для оценки эффективности второго варианта необходимо провести цикл газовых съемок для определения структуры газовыделения на участке при ведении очистных работ, чтобы выявить, как изменилось газовыделение в зонах влияния скважин ГРП непосредственно из разрабатываемого угольного пласта.

По последней информации (акты шахты и УДиУМ) в лаве отмечается существенное газовыделение из почвы пласта. Если фактор повышенного газовыделения из почвы будет подтвержден, то в перспективе возможна рекомендация на проведение ГРП и по пласту Промежуточный, расположенному на 5—15 м ниже разрабатываемого пласта Болдыревский.

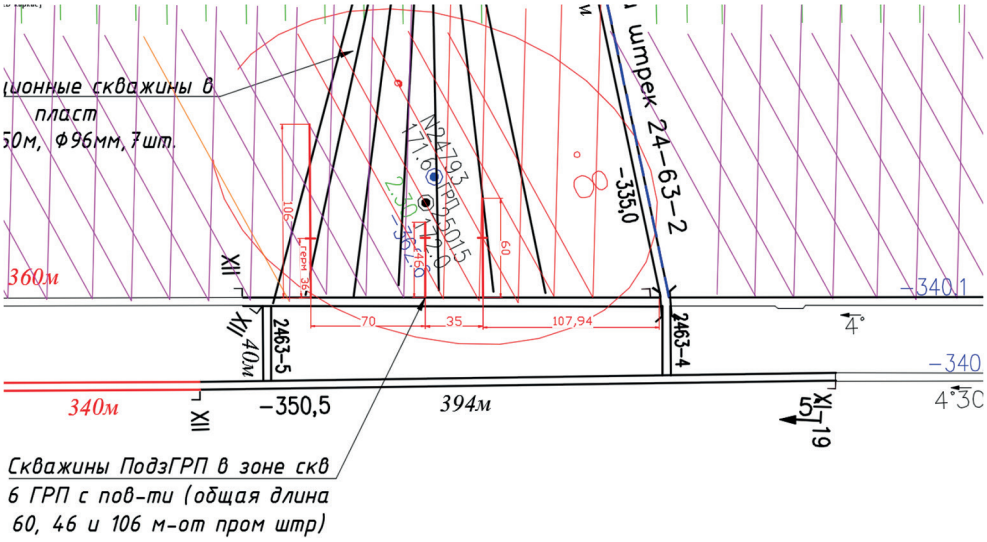

Рис. 1. Расположение пластовых скважин для спуска воды из скважины 6 ГРП
Fig. 1. Borehole pattern for water discharge from hydraulic fracturing borehole No. 6

Исследование целесообразности поэтапной гидрообработки пласта

Рассмотрим более подробно реализованный режим гидровоздействия на примере скважины 6 ГРП на выемочном участке 24—63. Особенность заключалась в том, что гидровоздействие было проведено в два основных этапа (первый этап подготовительный — опрессовка, второй и третий этапы — основные этапы гидрообработки с выдержкой между ними 3 суток). Объем закачки на втором этапе составил 1000 м^3 воды. Темп нагнетания — 99 л/с. Выход на режим на втором этапе гидрообработки

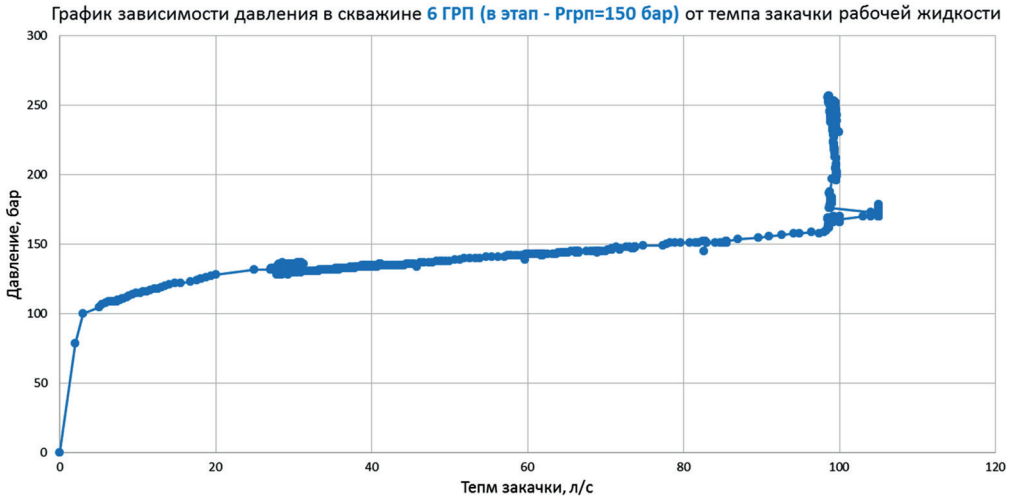

Рис. 2. Индикаторная кривая для выявления режима гидрообработки на втором этапе работ
Fig. 2. Pressure–flow rate relationship to determine hydrotreatment regime at operational stage 2

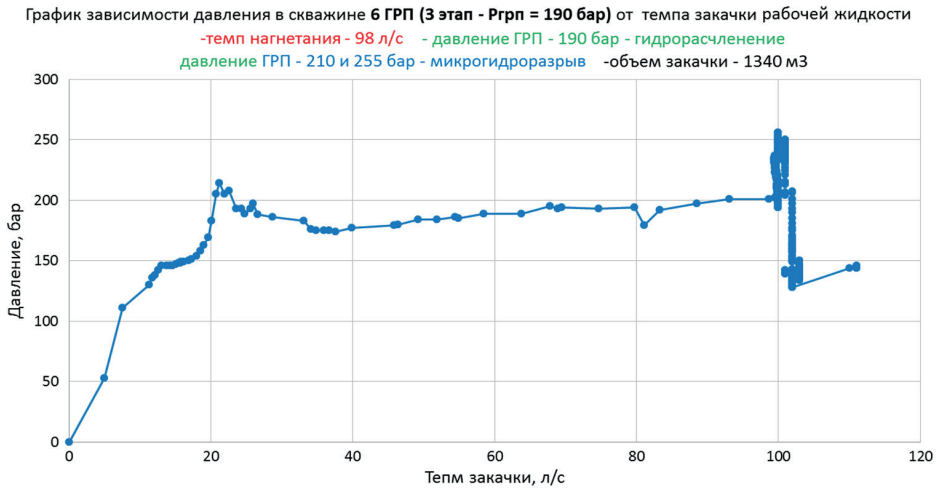

Рис. 3. Индикаторная кривая для выявления режима гидрообработки на третьем этапе работ
Fig. 3. Pressure–flow rate relationship to determine hydrotreatment regime at operational stage 3

пласта приведен на рис. 2, из которого видно, что установившееся давление гидрорасчленения составило 150 бар.

На третьем этапе указанный параметр составил 190 бар (см. рис. 3), что может говорить о раскрытии новой системы трещин или развитии первоначальной, но и то, и другое является позитивным моментом, связанным с повышением газопроницаемости угольного пласта.

Основные выводы из проведенных шахтных исследований

Можно констатировать, что при гидровоздействии на пласт Болдыревский с приведенными параметрами (указанные объем закачки, ее темп) реализуется режим гидрорасчленения с циклическими микрогидроразрывами.

Также можно сделать вывод о том, что темп закачки целесообразно ограничить величиной 90—95 л/с (рис. 2 и 3), так как микрогидроразрывы в конце закачки являются нежелательными.

Выдержка воды в пласте 2—4 суток предположительно приводит к повышению равномерности обработки. Более существенна для повышения проницаемости реализация эффекта набухания угля при выдержке воды в пласте между циклами более значительный период времени.

Оптимизация времени выдержки воды велась на выемочном участке 24—64 на скважине 10 ГРП, где выдержка воды между двумя этапами закачки составила 13 суток (рис. 4). График зависимости давления от темпа нагнетания (увеличение его с последующим уменьшением) в скважине 10 ГРП на втором этапе закачки показывает значительную площадь петли гистерезиса, что положительно говорит об эффективности проведенного ГРП, особенно по сравнению с 1 этапом обработки, где гистерезиса давления практически не наблюдалось.

Первые результаты по ходу ведения очистных работ

К моменту написания настоящей статьи очистной забой прошел створ скважины 1 ГРП и движется к зоне ответственности скважины 2 ГРП. На настоящем этапе работ можно отметить следующее.

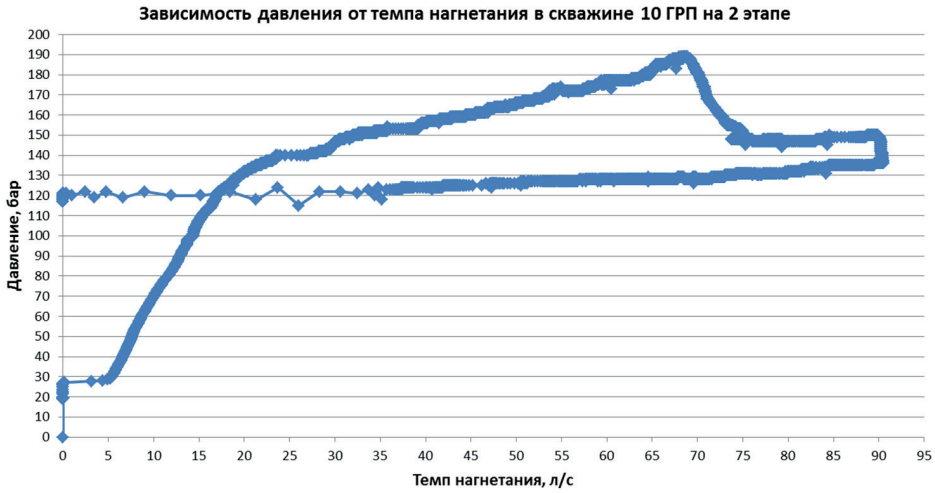

Рис. 4. Оценка эффективности гидровоздействия по петле гистерезиса (скважина 10 ГРП)
Fig. 4. Hydraulic treatment efficiency estimate by hysteresis loop (hydrofracturing borehole No. 10)

Во время проведения проходческих работ в зонах ГРП проблем с кровлей не выявлено.

Зафиксирован более интенсивный водоприток в подключенные скважины ППД с конвейерной печи, чем в лаве 24—62, что накладывает жесткие требования по обеспечению необходимого времени функционирования скважин ППД не менее 6—12 месяцев, как того требуют руководящие документы по дегазации, в частности [2].

Капежа воды и нарушений основной кровли, каверн и полостей в очистном забое в зоне влияния скважины 1 ГРП не обнаружено. По всей длине лавы имеются места выхода газа с почвы пласта.

Приведем некоторый сравнительный анализ работы участка лавы 24—63 с момента начала отработки до зоны влияния скважины 1 ГРП и последнего отработанного выемочного участка 24—62.

1. Максимальное и среднее значения по добыче лавы 24—63 с момента начала отработки на длину 300 м немного ниже, чем в 24—62, так как лава была остановлена некоторое время инспекцией по техническим причинам.

2. При существенно меньшем времени подключения и функционирования скважин подземной пластовой дегазации по газообильности значения в лаве 24—63 ниже (максимальное и среднее значения соответственно 12,0 м^3/мин и 6,5 м^3/мин), чем в лаве 24—62 (12,7 и 7,4 м^3/мин соответственно) при том, что глубина отработки 24—63 больше и выше природная газоносность.

Осуществляется дальнейшая оценка эффективности комплексной технологии пластовой дегазации в зонах ДП и вне их при ведении очистных работ по факторам абсолютной и относительной газообильности очистного забоя, простоям лавы по газовому фактору и интенсивности добычи угля. Методологически эти параметры будут определяться и сравниваться при прохождении следующих зон (рис. 5), после чего могут быть сделаны некоторые более общие и представительные выводы.

Корректировка программы и методики дальнейших работ

Проведенные исследования реализованных режимов гидрообработок на скважинах 1—11 ГРП на выемочных

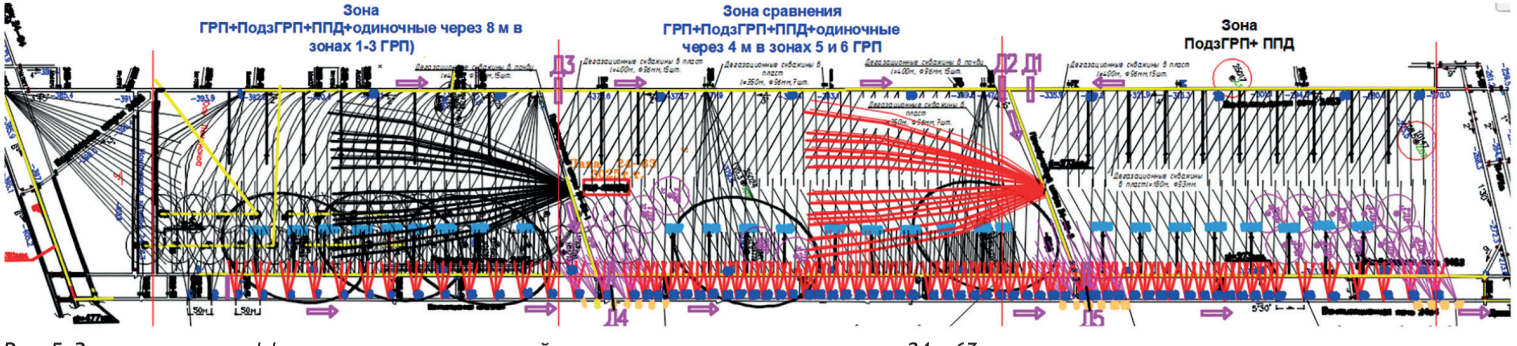

Рис. 5. Зоны сравнения эффективности дегазационной подготовки на выемочном участке 24—63

Fig. 5. Comparison zones of drainage treatment efficiency in longwall 24-63

участках 24—63 и 24—64 позволил выделить предметы корректировки Программы и методики работ на дегазационную подготовку пласта Болдыревский на выемочном участке 24—65 и последующих участках:

1. Необходимость качественной опрессовки скважин ГРП.

2. Целесообразность пересыпания зумпфа скважин ГРП для изоляции нижележащего пласта Промежуточный на период гидрообработки.

3. Целесообразность перфорации вскрываемого для ГРП угольного пласта Болдыревский (кавернообразование в прискважинной зоне пласта).

4. Закрепление трещин ГРП песком или другим проппантом.

5. Возможность проведения повторного щадящего ГРП для организации сбоек скважины ГРП с конвейерной печью для эффективного спуска воды из нее в процессе освоения.

6. Освоение скважин ГРП путем удаления рабочей жидкости на поверхность.

Указанные мероприятия нашли отражение в разработанном Дополнении к проекту дегазационной подготовки пласта Болдыревский на выемочном участке 24—65 и последующих участках.

Необходимо отметить, что экономическая состоятельность работ по дегазационной подготовке угольных пластов путем их гидрорасчленения через скважины, пробуренные с поверхности, достигается в основном за счет снятия ограничений по нагрузкам на очистной забой по газовому фактору и, в значительно меньшей степени, за счет извлечения метана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ютяев Е. П.* Обоснование технологии интенсивной подземной разработки высокогазоносных угольных пластов. Дисс. на соиск.уч. степ. д.т.н. — Кемерово: КузГТУ, 2019. — 343 с.

2. *Инструкция* по дегазации угольных шахт. — М.: ОАО «НТЦ «Промышленная безопасность», 2013. — 255 с.

3. *Сластунов С. В.*, *Мазаник Е. В.*, *Садов А. П.*, *Хаутиев А. М.*-Б. Апробация технологии комплексной дегазационной подготовки угольного пласта на базе его гидрорасчленения через скважины с поверхности // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2020. — № 2. — С. 58–70. DOI: 10.25018/0236—1493—2020—2-0—58—70.

4. *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. Патент РФ № 2 659 298. Заявка: 2017133145 от 22.09.2017. Бюл. № 19 (73), 29.06.2018.

5. *Сластунов С. В.*, *Ютяев Е. П.*, *Мазаник Е. В.*, *Садов А. П.*, *Понизов А. П.* Обеспечение метанобезопасности шахт на основе глубокой дегазации угольных пластов при их подготовке к интенсивной разработке // Уголь. — 2019. — № 7. — С. 42—47.

6. *Naik S., Yang S., Bedrikovetsky P., Woolley M.* Analytical modelling of the water block phenomenon in hydraulically fractured wells // Journal of Natural Gas Science and Engineering. 2019, vol. 67, pp. 56—70.

7. *Burlutskii E.* An assessment of the effectiveness of the analytical methods to fracture propagation control using accurate mathematical modelling // Journal of Natural Gas Science and Engineering. 2019, vol. 62, pp. 294—301.

8. *Sampath K. H. S. M., Perera M. S. A., Ranjith P. G.* Theoretical overview of hydraulic fracturing break-down pressure // Journal of Natural Gas Science and Engineering. 2018, vol. 58, pp. 251—265.

9. *Желтов Ю. П.*, *Христианович С. А.* О гидравлическом разрыве нефтеносного пласта // Известия Академии наук СССР. Отделение технических наук. — 1955. — № 5. — С. 3—41.

10. *Ножкин Н. В.* Заблаговременная дегазация угольных месторождений. — М.: Недра, 1979.

11. *Чернов О. И.*, *Черкасов В. С.*, *Горбачев А. Г.* Движение жидкости в угольных пластах. — Новосибирск: Наука, 1981. ГИАБ

REFERENCES

1. Yutyaev E. P. *Obosnovanie tekhnologii intensivnoy podzemnoy razrabotki vysokogazonosnykh ugol'nykh plastov* [Substantiation of the technology of intensive underground mining of high-gas-bearing coal seams], Doctor's thesis, Kemerovo, KuzGTU, 2019, 343 p.

2. *Instruktsiya po degazatsii ugol'nykh shakht* [Instructions for degassing coal mines], Moscow, OAO «NTTS «Promyshlennaya bezopasnost'», 2013, 255 p.

3. Slastunov S. V., Mazanik E. V., Sadov A. P., Khautiev A. M.-B. Testing of integrated degasifying treatment technology based on hydraulic splitting of coal seam using surface holes. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020, no. 2, pp. 58–70. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-2-0-58-70.

4. Slastunov S. V., Karkashadze G. G., Kolikov K. S., Yutyaev E. P., Mazanik E. V., Sadov A. P., Ponizov A. V., Nikitin S. G. *Patent RU 2 659 298*. 29.06.2018.

5. Slastunov S. V., Yutyaev E. P., Mazanik E. V., Sadov A. P., Ponizov A. P. Ensuring methane safety of mines based on deep degassing of coal seams during their preparation for intensive development. *Ugol'*. 2019, no. 7, pp. 42 — 47. [In Russ].

6. Naik S., Yang S., Bedrikovetsky P., Woolley M. Analytical modelling of the water block phenomenon in hydraulically fractured wells. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*. 2019, vol. 67, pp. 56 — 70.

7. Burlutskii E. An assessment of the effectiveness of the analytical methods to fracture propagation control using accurate mathematical modelling. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*. 2019, vol. 62, pp. 294 — 301.

8. Sampath K. H. S. M., Perera M. S. A., Ranjith P. G. Theoretical overview of hydraulic fracturing break-down pressure. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*. 2018, vol. 58, pp. 251 — 265.

9. Zheltov Yu. P., Khristianovich S. A. On hydraulic fracturing of oil-bearing silt. *Izvestiya Akademii nauk SSSR. Otdelenie tekhnicheskikh nauk*. 1955, no. 5, pp. 3 — 41.

11. Nozhkin N. V. *Zablagovremennaya degazatsiya ugol'nykh mestorozhdeniy* [Pre-term degassing of coal deposits], Moscow, Nedra, 1979.

12. Chernov O. I., Cherkasov V. S., Gorbachev A. G. *Dvizhenie zhidkosti v ugol'nykh plastakh* [Fluid motion in coal seams], Novosibirsk, Nauka, 1981.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Сластунов Сергей Викторович[1] — д-р техн. наук, профессор,
e-mail: slastunovsv@mail.ru,
Коликов Константин Сергеевич[1] — д-р техн. наук, зав. кафедрой,
e-mail: kolikovks@mail.ru,
Мешков Анатолий Алексеевич[2], канд. техн. наук, генеральный директор,
Садов Анатолий Петрович[2], канд. техн. наук,
директор Управления дегазации и утилизации метана,
e-mail: sadovap@suek.ru,
Хаутиев Адам Магомет-Баширович[2], канд. техн. наук, инженер-технолог,
Управление дегазации и утилизации метана, e-mail: khautievam@suek.ru,
[1] ГИ НИТУ «МИСиС»,
[2] АО «СУЭК-Кузбасс».
Для контактов: Коликов К.С., e-mail: kolikovks@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

S.V. Slastunov[1], Dr. Sci. (Eng.), Professor,
e-mail: slastunovsv@mail.ru,
K.S. Kolikov[1], Dr. Sci. (Eng.), Head of Chair,
e-mail: kolikovks@mail.ru,
A.A. Meshkov[2], Cand. Sci. (Eng.), General Director,
A.P. Sadov[2], Cand. Sci. (Eng.), Director of Department
of Methane Degassing and Utilization, e-mail: Sadovap@suek.ru,
A.M.-B. Khautiev[2], Cand. Sci. (Eng.), Engineer-Technologist,
Department of Methane Degassing and Utilization,
e-mail: khautievam@suek.ru,
[1] Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS»,
119049, Moscow, Russia.
[2] SUEK-Kuzbass JSC, Leninsk-Kuznetsky, Russia.
Corresponding author: K.S. Kolikov, e-mail: kolikovks@mail.ru.

Получена редакцией 30.01.2021; получена после рецензии 04.04.2021; принята к печати 10.05.2021.
Received by the editors 30.01.2021; received after the review 04.04.2021; accepted for printing 10.05.2021.

РУКОПИСИ, ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ КАЗАХСТАНА

(№ 1240/06-21 от 22.04.2021; 11 с.)

Косарева-Володько Ольга Владимировна[1] — канд. техн. наук, доцент,
e-mail: kosareva-volodko@rambler.ru,
Муса Динмухаммед Асетулы[1] — магистр,
[1] ГИ НИТУ «МИСиС».

Европейский союз (ЕС) принял стратегический план («План-20-20-20»), в соответствии с которым к 2020 г. необходимо снизить энергопотребление всех стран Союза на 20% по сравнению с 2008 г., уменьшить на 20% выбросы парниковых газов и заменить на 20% традиционные источники возобновляемыми. В Казахстане также была принята программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года». Предполагается снижение энергоемкости ВВП на 40%. Основными потребителями природного топлива (нефти, включая газовый конденсат, природного горючего газа, угля) в Казахстане являются организации промышленного производства (34–37%), транспорта и связи (22–27%), а также население (32–36%).

Ключевые слова: энергия, энергоэффективность, установка, потери.

IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF KAZAKHSTAN'S PETROCHEMICAL COMPLEXES

O.V. Kosareva-Volod'ko[1], Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor, e-mail: kosareva-volodko@rambler.ru,
Musa Dinmukhammed Asetuly[1], Magister,
[1] Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia.

The European Union (EU) has adopted a strategic plan (the «Plan-20-20-20»), according to which, by 2020, it is necessary to reduce the energy consumption of all the countries of the Union by 20% compared to 2008, reduce greenhouse gas emissions by 20% and replace traditional sources with renewable ones by 20%. Kazakhstan also adopted the program «Energy Saving and energy efficiency improvement for the period up to 2020». It is expected to reduce the energy intensity of GDP by 40%. The main consumers of natural fuel (oil, including gas condensate, natural combustible gas, coal) in Kazakhstan are industrial production organizations (34–37%), transport and communications (22–27%), as well as the population (32–36%).

Key words: energy, energy efficiency, installation, losses.