

Оценка и мониторинг способа оперативного многоступенчатого разупрочнения труднообрушаемой кровли методом направленного гидроразрыва

В.И. Клишин¹✉, Г.Ю. Опрук¹, П.В. Гречишкин², С.И. Связев¹

¹ Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук,
г. Кемерово, Российская Федерация

² АО «Научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела – межотраслевой научный
центр «ВНИМИ», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация
✉ Kvi194917@mail.ru

Резюме: На основе оценки текущего состояния проявления горного давления в очистном забое и подготовительных выработках предложен метод многоступенчатого управления труднообрушаемой кровлей методом направленного гидроразрыва, широко применяемого на шахтах Кузбасса. На примере шахты «Саранская» УД «АрселорМиттал Темиртау» при отработке лавы 43К10-В рассмотрен подход к комплексному решению проблем повышенной напряженности угольного пласта, отжимов и образования куполов на груди очистного забоя. Применение технологии оперативного многоступенчатого разупрочнения труднообрушаемой кровли из очистного забоя позволило выполнить мероприятия и исключить простои очистного забоя.

Мониторинг выполненных мероприятий путем фиксации изменений напряженно-деформированного состояния массива на экспериментальном участке показал эффективность применяемой технологии.

Ключевые слова: горное давление, труднообрушаемая кровля, разупрочнение, метод направленного гидроразрыва, шахтный эксперимент, оценка и мониторинг

Благодарности: Исследование выполнено в рамках комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения», утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации от 11.05.2022 г. №1144-р. (Соглашение №075-15-2022-1191).

Для цитирования: Клишин В.И., Опрук Г.Ю., Гречишкин П.В., Связев С.И. Оценка и мониторинг способа оперативного многоступенчатого разупрочнения труднообрушаемой кровли методом направленного гидроразрыва. *Горная промышленность*. 2023;(S2):101–107. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-S2-101-107>

Assessment and monitoring of a technique for rapid multi-stage weakening of poorly caving roof using directional hydraulic fracturing

V.I. Klishin¹✉, G.Y. Opruk¹, P.V. Grechishkin², S.I. Svyazev¹

¹ Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo,
Russian Federation

² JSC “Scientific Research Institute of Mining Geomechanics and Surveying – Intersectoral Research Center “VNIIMI”,
St. Petersburg, Russian Federation
✉ Kvi194917@mail.ru

Abstract: ThisBased on assessing the current state of rock pressure manifestation in the mining face and development workings, a technique was proposed for multi-stage control of poorly caving roof using directional hydraulic fracturing, which is widely used in the mines of Kuzbass. Longwall face 43K10-V in the Saranskaya mine of ArcelorMittal Temirtau Coal Department was used as an example to discuss a complex approach to addressing the challenges of high stresses within the coal seam, squeezing and guttering up at the stoping face. Application of the technique for rapid multi-stage weakening of poorly caving roof from inside the mining face made it possible to implement the measures and avoid downtime of the mining face.

Monitoring of the implemented measures by recording changes in the stress-and-strain state of the rock mass at the test site has demonstrated the efficiency of the applied technology.

Keywords: rock pressure, poorly caving roof, weakening, directional hydraulic fracturing, mine test, assessment and monitoring

Acknowledgments: The research was carried out as part of the ‘Development and implementation of complex technologies in the areas of exploration and extraction of minerals, industrial safety, bioremediation, creation of new deep conversion products from coal raw materials while consistently reducing the environmental impact and risks to human life’ Integrated Scientific and Technical Programme of the Full Innovation Cycle, approved by Order No.1144-p of the Government of the Russian Federation dated May 11, 2022 (Agreement No.075-15-2022-1191).

For citation: Klishin V.I., Opruk G.Yu., Grechishkin P.V., Svyazev S.I. Assessment and monitoring of a technique for rapid multi-stage weakening of poorly caving roof using directional hydraulic fracturing. *Russian Mining Industry*. 2023;(S2):101–107. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-S2-101-107>

Введение

С увеличением нагрузки на очистной забой за счет интенсификации очистных работ при увеличенных размерах лав в условиях труднообрушаемых кровлей разработка угольных месторождений приводит к формированию зон повышенного горного давления как в очистном, так и в подготовительных забоях. В работах представлены данные измерений давлений в стойках механизированной крепи в лаве [1–6]. Авторы показывают, что распределение горного давления вдоль лавы носит волнообразный характер, и на примере лавы перед горным ударом показано, что уменьшение плотности энергии пласта может инициировать горный удар. Выявление зоны повышенного давления в отдельных местах лавы облегчает целенаправленное ослабление ее кровли. Для управления такими кровлями разработан и широко внедряется на угольных шахтах Кузбасса безвзрывной метод направленного гидроразрыва кровли [7; 8]. В настоящее время метод применяется в Польше [9] и Китае [10–12] в различных технологических схемах. По результатам оценки напряженно-деформированного состояния горного массива и появления зон концентрации горного давления принимается решение по оперативной посадке кровли.

Разработка способа многоступенчатого разупрочнения кровли

Ведение работ по разупрочнению массива пород кровли ведут по всей длине очистного забоя, что требует остановки работ по добыче угля на значительное время, что снижает эффективность разработки угольного пласта с труднообрушаемой кровлей.

Предлагается способ снижения простоев очистного забоя, связанных с применением мероприятий по управлению кровлей методом направленного гидроразрыва. Для этого при отработке угольного пласта с труднообрушающейся кровлей при работе комплексно-механизированного очистного забоя в добычные смены и частично в ремонтные разупрочнение массива пород кровли осуществляют из рабочего пространства очистного забоя и по всей его длине бурением ряда вертикальных или наклонных скважин. При этом длину очистного забоя условно делят на участки, сначала осуществляют разупрочнение массива пород кровли на одном из крайних участков, затем на соседнем и т. д., выделенное время совмещают с ремонтной сменой, а длину участка очистного забоя принимают в соответствии с объемом работ по разупрочнению кровли, выполняемым за ремонтную смену (рис. 1). Оперативное разупрочнение кровли осуществляют с учетом возникших ситуаций, зарегистрированных, например, по показаниям манометров в гидростойках крепи или повышенных

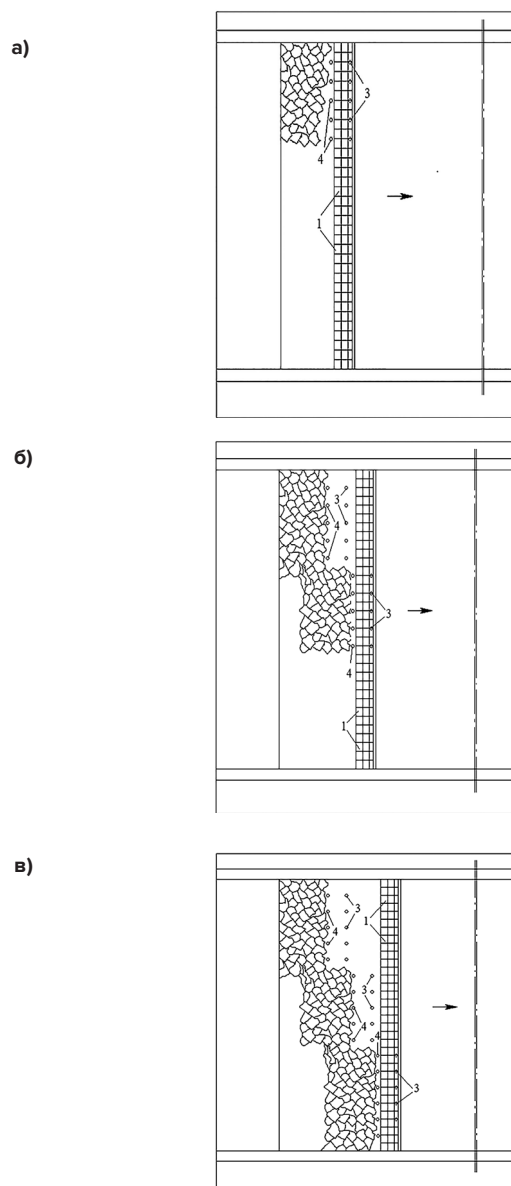


Рис. 1
Поэтапное многоступенчатое разупрочнение труднообрушаемой кровли в очистном забое методом направленного гидроразрыва: а – результат работ по разупрочнению пород кровли на первом условном участке очистного забоя; б – то же на соседнем; в – то же на последнем

Fig. 1
Phased multi-stage weakening of poorly caving roof in the mining face using directional hydraulic fracturing: а – results of roof rock weakening at the first conditional section of the mining face; б – same for an adjacent section; в – same for the last section

напряжений на груди очистного забоя с использованием существующих методов и приборов.

При добыче угля с труднообрушаемой кровлей механизированным комплексом 1 после отхода его от монтажной камеры 2 или же в период отработки выемочного столба на несколько шагов передвижки секций механизированной крепи приступают к выполнению работ по разупрочнению массива пород кровли (рис. 2). В ремонтную смену, начиная от штрека (конвейерного или вентиляционного) из рабочего пространства очистного забоя в кровлю пласта бурят ряд вертикальных скважин 3, располагая их в пространстве между секциями крепи и грудью забоя, а между секциями – ряд наклонных скважин 4. В скважинах 3 и 4 нарезают иницирующие щели, затем их герметизируют. В конце ремонтной смены в скважинах 3 и 4 формируют направленные трещины 5 и 6 гидроразрыва породного массива соответственно.

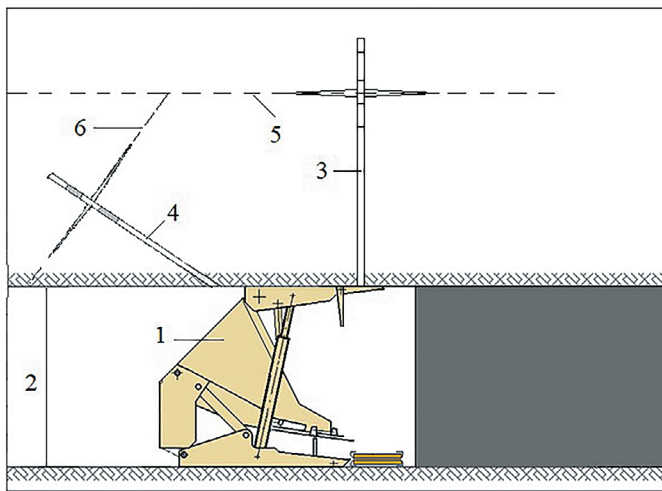


Рис. 2
Оперативное разупрочнение кровли из очистного забоя

Fig. 2
Rapid roof weakening from inside the mining face

В результате на данном участке очистного забоя кровля обрушается в выработанном пространстве. В добычные смены ведут работы по выемке угля, а с наступлением следующей ремонтной смены – продолжают работы по разупрочнению породного массива кровли, начиная уже с того места (по длине очистного забоя), где закончили в предыдущую ремонтную смену. И так до тех пор, когда по всей длине очистного забоя не будут проведены работы по разупрочнению пород кровли. Затем в том же порядке повторяют выполнение работ по управлению горным давлением полным обрушением кровли.

Таким образом, объем работ по разупрочнению массива пород кровли, выполняемый в течение одной ремонтной смены, определяет не только длину участков, на которые условно делят длину очистного забоя, но и их количество. При этом все работы по разупрочнению породного массива совмещают во времени с проведением планово-предупредительных работ, как следствие – сокращаются потери времени из-за остановки очистного забоя для проведения мероприятий. Это позволяет повысить эффективность разработки угольного пласта с труднообрушаемой кровлей.

Шахтные исследования способа многоступенчатого разупрочнения кровли

Профилактические мероприятия для снижения негативных проявлений горного давления и оценка их эффективности были выполнены при отработке запасов выемочного столба лавой 43К10-В в условиях шахты «Саранская» УД «АрселорМиттал Темиртау». Длина очистного забоя на первом этапе составляла от 119 до 115,5 м, на втором – от 183,3 до 175 м. Глубина ведения горных работ 421–502 м.

Непосредственная кровля пласта К10 представлена аргиллитом средней крепости, мощностью до 2,0 м, с коэффициентом крепости $f = 2,0–2,5$ по шкале Протодяконова. Основная кровля представлена песчаником мощностью 23,76–38,65 м и крепостью $f = 5,0–5,5$.

В качестве объектов исследования были выбраны очистной забой 43К10-В и его подготовительные выработки (конвейерный штрек 43-К10-В и вентиляционный штрек 43-К10-В). Натурные наблюдения включали визуальный осмотр состояния выработок на предмет наличия признаков повышенных проявлений горного давления и инструментальные наблюдения геофизической аппаратурой типа аппаратного комплекса ANGEL-M с высокочастотным генератором [12]. Геофизические исследования для оценки напряженного состояния угольного пласта и геомеханического состояния вмещающих пород выполнялись до и после выполнения работ по направленному гидроразрыву (НГР). Исследования были проведены на нескольких участках: в конвейерном штреке 43-К10-В, вентиляционном штреке 43-К10-В и по очистному забою 43К10-В.

По конвейерному штреку 43-К10-В наличие пригрузок выявлено практически по всему профилю проведения измерений. Однако максимальные нагрузки отмечены только на участке с ПК74 по ПК68 (рис. 3). Повышенные и высокие напряжения на данных участках зафиксированы перед и на ширине защитной зоны n , которая для данного пласта составляет 9 м. Наличие повышенных напряжений впереди защитной зоны может свидетельствовать о потенциальной удароопасности угольного пласта К10 по данной выработке. По кровле пласта на указанных участках также отмечены плотные структуры вмещающих пород. Возможно ее геомеханическое состояние характеризуется низкой трещиноватостью, либо трещиноватость находится в зачаточном состоянии.

По очистному забою 43-К10-В в районе секций СК7-СК30 отмечается разгруженная зона (рис. 4). По мере отхода от нее геомеханическое состояние пласта становится более напряженным. Зона повышенных и высоких напряжений отмечена в районе между секциями СК75 по СК115. Зоны с высоким уровнем напряжений, приуроченные к максимуму зоны опорного давления, на указанных участках находятся начиная с расстояния 4–7 м от груди очистного забоя и распространяются вглубь пласта до 12–14 м, а их максимум (пик нагрузок) находится на расстоянии 6–10 м. На данном участке вмещающие породы по кровле также характеризуются весьма плотными структурами. Состояние «залавного» пространства оценивается как удовлетворительное, однако в районе между секциями СК30 по СК 115 на удалении в 10–15 м отмечено зависание основной кровли.

В вентиляционном штреке 43-К10-В зоны с высоким уровнем напряжений, приуроченные к максимуму зоны

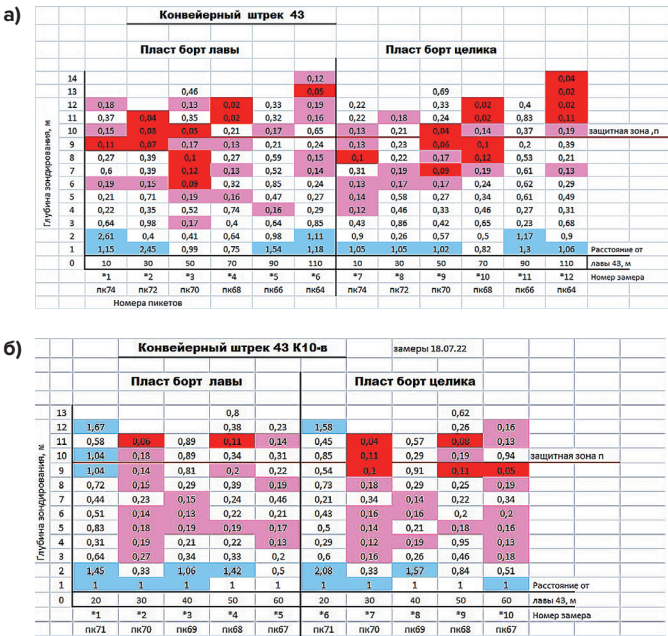


Рис. 3 Конвейерный штрек 43 K10-B. Результаты оценки геомеханического состояния угольного пласта K10 по показателю F : а – перед проведением гидроразрыва, б – после проведения гидроразрыва

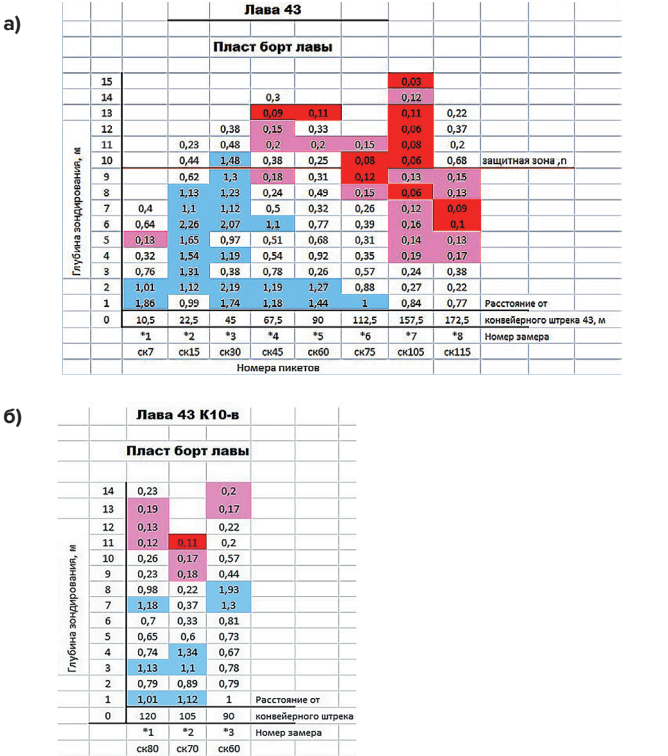


Рис. 4 Результаты оценки геомеханического состояния угольного пласта K10 в очистном забое 43 K10-B по показателю F : а – перед проведением гидроразрыва, б – после проведения гидроразрыва

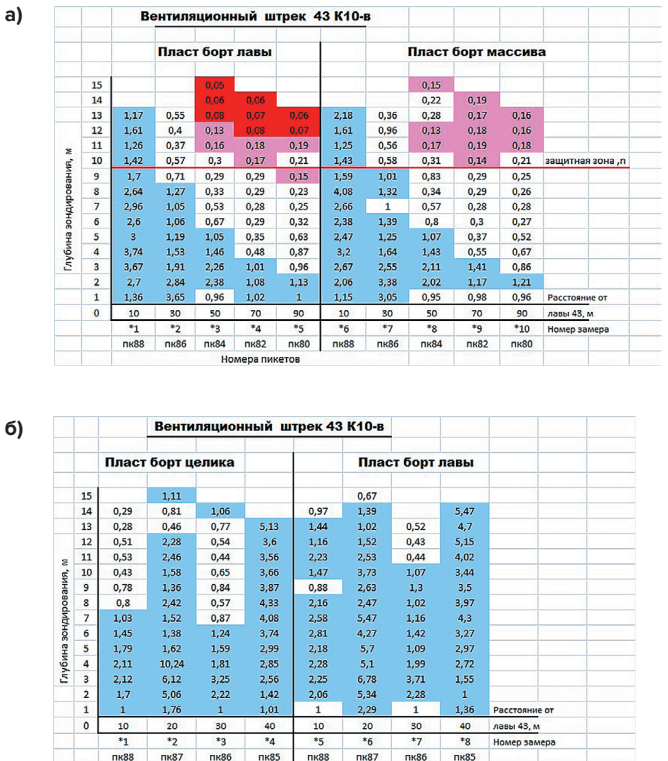


Рис. 5 Результаты оценки геомеханического состояния угольного пласта в вентиляционном штреке 43 K10-B по показателю F : а – перед проведением гидроразрыва, б – после проведения гидроразрыва

опорного давления, находятся за пределами защитной зоны п на расстоянии 10–12 м от бортов выработки и распространяются вглубь целика до 10–15 м (рис. 5).

Таким образом, по результатам визуальных и инструментальных наблюдений напряженное состояние массива в контуре выемочного столба на момент исследований оценивается как умеренно-высокое, что свойственно для имеющих горно-геологических и горнотехнических условий.

По результатам измерений напряженное состояние угольного пласта в очистном забое 43-K10-B до выполнения работ по разупрочнению горного массива методом направленного гидроразрыва оценивалось как повышенное на участке между секциями СК75 по СК115 на глубине от 6 до 15 м.

Исследование контроля эффективности выполнения направленного гидроразрыва путем видеоэндоскопического осмотра скважин показало, что у забоев скважин направленного гидроразрыва нарезаны иницирующие щели (рис. 6). Истечение воды из скважины направленного гидроразрыва №5 после выполнения НГР в скважине №23, расположенных в 15 м друг от друга по вентиляционному штреку, показывает, что трещина гидроразрыва имеет распространение на величину 15 м и соединяется в единую сеть трещин.

Для мониторинга смещений пород в горной выработке использовались замерные станции, расположенные в кровле, почве и боках выработки.



Рис. 6
Пример регистрации нарезания инициирующей щели в забое скважины в районе секции №120

Fig. 6
An example of recording the creation of the initiating slot at the bottomhole in vicinity of section No.120

Места расположения станций измерения конвергенции (контурные) «кровля-почва», «бок-бок» показаны на рис. 7.



Рис. 7
План горных работ с указанием мест заложения станций

Fig. 7
Layout of mining operations with indication of station locations

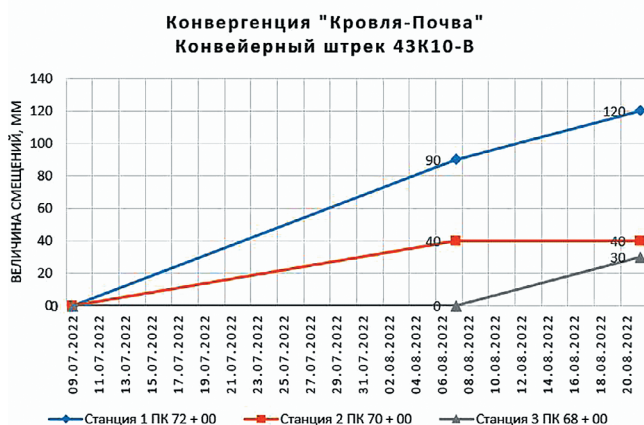


Рис. 8
Пример смещения пород между кровлей и почвой конвейерного штреха 43К10-В (нет ссылки на этот рисунок)

Fig. 8
An example of rock displacement between the roof and the floor of conveyor drift 43K10-B

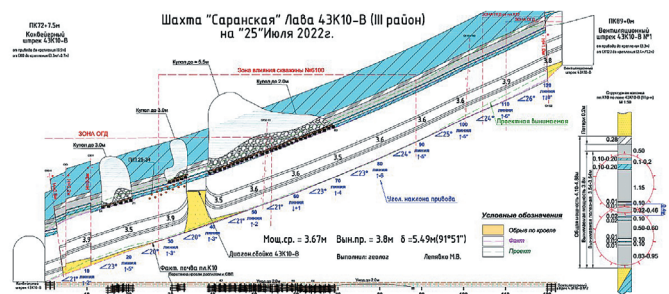


Рис. 9
Зарисовка очистного забоя до выполнения работ по НГР от 25.07.22 г.

Fig. 9
A sketch map of the mining face before the directional hydraulic fracturing was initiated as of July 25, 2022

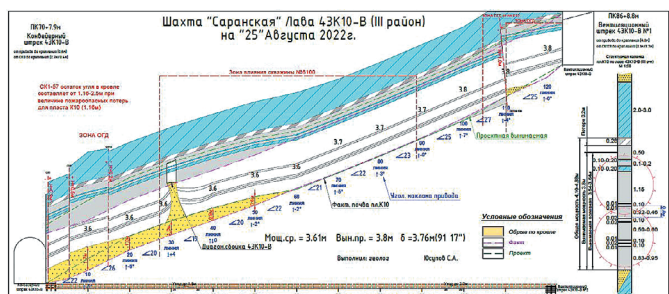


Рис. 10
Зарисовка очистного забоя после выполнения работ по НГР от 22.08.22 г.

Fig. 10
A sketch map of the mining face after the directional hydraulic fracturing was initiated as of August 22, 2022

Наначало проведения работ по НГР 09.07.2022 суммарная протяженность участков куполообразования и обрушения пород кровли вдоль фронта очистного забоя 43К10-В составляла 43 м. Основные участки куполообразования располагались от секции 21 до секции 35 и от секции 42 до секции 62. В результате выполнения работ по разупрочнению горного массива методом направленного гидроразрыва суммарная протяженность участков куполообразования и обрушения пород кровли вдоль фронта очистного забоя 43К10-В по данным на 15.08.2022 уменьшилась на 20 м, или на 46%. По данным на 25.08.2022 участков куполообразования вдоль фронта очистного забоя не зафиксировано.

Суммарная площадь куполов и вывалов за предшествующий работам по направленному гидроразрыву месяц составляла 466,0 м². После выполнения работ по НГР в период с 20.07.2022 по 22.08.2022 (последний месяц работ очистного забоя) площадь куполов и вывалов сократилась на 291,5 м², или 62,5% (рис. 10–11).

Обсуждение результатов исследования

По результатам оценки напряженного состояния кровли угольного пласта в очистном забое 43-К10-В после выполнения работ по разупрочнению горного массива монокристаллические структуры были ослаблены на разных высотах, создав тем самым разгруженную зону до глубины 11 м. Напряженное состояние угольного пласта и геомеханического состояния вмещающих пород после выполнения ра-

бот по разупрочнению горного массива отмечено только в локальной зоне на глубине 11 м.

После выполнения работ по разупрочнению горного массива методом направленного гидроразрыва напряженное состояние кровли в конвейерном штреке 43-K10-B отмечено только на ПК 70 и ПК 68 на глубине более 9–10 м. По вентиляционному штреку после проведения мероприятий по направленной гидроразрыву напряженное состояние не зафиксировано. Значения горизонтальной конвергенции минимальны.

По результатам мониторинга за смещением пород в горных выработках на сопряжении конвейерного штрека 43K10-B с очистным забоем (ПК 72 + 00) в зоне действия скважин НГР цикла №2 ширина выработки составила 2000 мм, высота 2300, значения горизонтальной конвергенции составили 300 мм, вертикальной 90 мм.

В зоне выполнения работ по разупрочнению суммарная протяженность участков куполообразования и обрушения пород кровли вдоль фронта очистного забоя 43K10-B по данным на 15.08.2022 уменьшилась на 20 м, или 46%. По данным на 25.08.2022 участков куполообразования вдоль фронта очистного забоя не зафиксировано. Суммарная площадь куполообразования и вывалов кровли

вдоль очистного забоя за месяц, предшествующий работам по направленному гидроразрыву, составляла 466,0 м², после начала выполнения работ по разупрочнению площадь участков вывалов кровли сократилась на 291,5 м², или 62,5% и составляет 174,5 м². До выполнения работ по разупрочнению методом направленного гидроразрыва удельная площадь вывалов на одну тысячу тонн добытого угля составляла 29,65–36,67 м² и 10,47 м² после проведения работ.

Выводы

Оценка эффективности профилактических мероприятий для снижения негативных проявлений горного давления при отработке запасов выемочного столба лавой 43K10-B в условиях «Шахта «Саранская» УД «Арселор-Миттал Темиртау» показала, что выполнение работ по разупрочнению горного массива методом направленного гидроразрыва позволяет более чем в два раза снизить интенсивность негативных проявлений горного давления в очистном забое и оконтуривающих выемочный столб выработках и повысить безопасность работ по выемке угля в очистном забое.

Список литературы

- Шинкевич М.В., Родин Р.И. Изменение горного давления при отработке пласта угля длинным очистным забоем. *Безопасность труда в промышленности*. 2021;(5):65–69. <https://doi.org/10.24000/0409-2961-2021-5-65-69>
- Шинкевич М.В. Периодичность изменения горного давления на механизированную крепь очистного забоя. *Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности*. 2021;(2):30–37. <https://doi.org/10.25558/VOSTNI.2021.32.94.004>
- Шинкевич М.В., Родин Р.И. Волнообразность горного давления при отработке длинных лав. *Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности*. 2020;(4):90–94.
- Рейтер М., Курфюрст В., Майрхофер К., Векслер Ю.А. Волнообразное распределение горного давления вдоль забоя лавы. *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*. 2009;(2):38–45.
- Рейтер М., Векслер Ю. Автоматизация длинных забоев: повышение производительности и контроль опасного горного давления. *Сибирский уголь*. 2008;(4):7.
- Клишин В.И. *Адаптация механизированных крепей к условиям динамического нагружения*. Новосибирск: Наука; 2002. 200 с.
- Клишин В.И., Зворыгин Л.В., Лебедев А.В., Савченко А.В. *Проблемы безопасности и новые технологии подземной разработки угольных месторождений*. Новосибирск: Издательский дом «Новосибирский писатель»; 2011. 524 с.
- Джевецки Я. Новые методы предотвращения опасности горных ударов. *Глюкауф*. 2002;(3).
- Huang B., Liu J., Zhang Q. The reasonable breaking location of overhanging hard roof for directional hydraulic fracturing to control strong strata behaviors of gob-side entry. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2018;103:1–11. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2018.01.013>
- Huang B., Zhao X., Ma J., Sun T. Field experiment of destress hydraulic fracturing for controlling the large deformation of the dynamic pressure entry heading adjacent to the advancing longwall face. *Archives of Mining Sciences*. 2019;64(4):829–848. Available at: <https://paperity.org/p/274660307/field-experiment-of-destress-hydraulic-fracturing-for-controlling-the-large-deformation>
- He H., Dou L., Fan J., Du T., Sun X. Deep-hole directional fracturing of thick hard roof for rockburst prevention. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 2012;32:34–43. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2012.05.002>
- Гречишкин П.В., Харченко В.Ф., Розонов Е.Ю., Горностаев В.С., Панин С.Ф. Повышение эффективности оценки состояния пород кровли выработок с применением различных методов в условиях шахты «Чертинская-Коксовая». *Уголь*. 2019;(10):42–48. <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-42-46>

References

- Shinkevich M.V., Rodin R.I. Change in the rock pressure when mining a coal seam with a longwall face. *Occupational Safety and Industry*. 2021;(5):65–69. (In Russ.) <https://doi.org/10.24000/0409-2961-2021-5-65-69>

2. Shinkevich M.V. Periodicity of change of rock pressure on mechanized support of cleaning face. *Bulletin of Scientific Centre VostNII for Industrial and Environmental Safety*. 2021;(2):30–37. (In Russ.) <https://doi.org/10.25558/VOSTNII.2021.32.94.004>
3. Shinkevich M.V., Rodin R.I. Rock pressure waviness during longwall working. *Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoi promyshlennosti = Bulletin of Research Center for Safety in Coal Industry (Industrial Safety)*. 2020;(4):90–94. (In Russ.)
4. Reuter M., Kurfürst V., Mayrhofer K., Veksler J. Undulant rock pressure distribution along a longwall face. *Fiziko-Tekhnicheskiye Problemy Razrabotki Poleznykh Iskopaemykh*. 2009;(2):38–45. (In Russ.)
5. Reuter M., Veksler J. Longwall automation: enhancing productivity and controlling hazardous rock pressures. *Sibirskii Ugol'*. 2008;(4):7. (In Russ.)
6. Klishin V.I. *Adaptation of powered roof supports to conditions of dynamic loading*. Novosibirsk: Nauka; 2002. 200 p. (In Russ.)
7. Klishin V.I., Zvorygin L.V., Lebedev A.V., Savchenko A.V. *Safety challenges and new technologies of underground mining of coal deposits*. Novosibirsk: Novosibirskii pisatel; 2011. 524 p. (In Russ.)
8. Drzewiecki J. Neue Verfahren zur Bekämpfung der Gebirgsschlaggefahr Wassertaschen – eine wirkungsvolle Neuentwicklung für den konstruktiven Explosionsschutz im Bergbau unter Tage. *Glückauf*. 2002;(3).
9. Huang B., Liu J., Zhang Q. The reasonable breaking location of overhanging hard roof for directional hydraulic fracturing to control strong strata behaviors of gob-side entry. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2018;103:1–11. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2018.01.013>
10. Huang B., Zhao X., Ma J., Sun T. Field experiment of destress hydraulic fracturing for controlling the large deformation of the dynamic pressure entry heading adjacent to the advancing longwall face. *Archives of Mining Sciences*. 2019;64(4):829–848. Available at: <https://paperity.org/p/274660307/field-experiment-of-destress-hydraulic-fracturing-for-controlling-the-large-deformation>
11. He H., Dou L., Fan J., Du T., Sun X. Deep-hole directional fracturing of thick hard roof for rockburst prevention. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 2012;32:34–43. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2012.05.002>
12. Grechishkin P.V., Kharchenko V.F., Rozonov E.Yu., Gornostaev V.S., Panin S.F. Improving the efficiency of assessing the condition of roofing rock formations using various methods in the conditions of the “Chertinskaya-Koksovaya” mine. *Ugol'*. 2019;(10):42–48. (In Russ.) <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-42-46>

Информация об авторах

Клишин Владимир Иванович – доктор технических наук, член-корреспондент РАН, профессор, директор Института угля, Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук, г. Кемерово, Российская Федерация; e-mail: klishinvi@ic.sbras.ru

Опрук Глеб Юрьевич – кандидат технических наук, заведующий лабораторией эффективных технологий разработки угольных месторождений Института угля, Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук, г. Кемерово, Российская Федерация; e-mail: opruk@yandex.ru

Гречишкин Павел Владимирович – кандидат технических наук, директор КФ АО «ВНИМИ», Научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела – межотраслевой научный центр «ВНИМИ», г. Кемерово, Российская Федерация; e-mail: pv_grechishkin@mail.ru

Связев Сергей Игоревич – старший инженер лаборатории угольного машиноведения Института угля, Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук, г. Кемерово, Российская Федерация; e-mail: s.svyazev@yandex.ru

Information about the authors

Vladimir I. Klishin – Dr. Sci. (Eng.), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor, Director of the Institute of Coal, Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo, Russian Federation; e-mail: klishinvi@ic.sbras.ru

Gleb Yu. Opruk – Cand. Sci. (Eng.), Head of the Laboratory of Effective Technologies for Coal Mining, Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo, Russian Federation; e-mail: opruk@yandex.ru

Pavel V. Grechishkin – Cand. Sci. (Eng.), Director, JSC “Scientific Research Institute of Mining Geomechanics and Surveying – Intersectoral Research Center “VNIMI”, St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: pv_grechishkin@mail.ru

Sergey I. Svyazev – Senior Engineer, Coal Engineering Laboratory, Institute of Coal, Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo, Russian Federation; e-mail: s.svyazev@yandex.ru

Article info

Received: 25.07.2023

Revised: 17.08.2023

Accepted: 21.08.2023

Информация о статье

Поступила в редакцию: 25.07.2023

Поступила после рецензирования: 17.08.2023

Принята к публикации: 21.08.2023