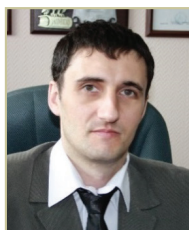


УДК 622.23.02

© М. В. Шинкевич, Е. Н. Козырева, Д. Н. Застрелов, 2024

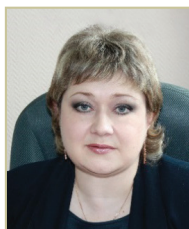
М.В. ШИНКЕВИЧ

канд. техн. наук,
старший научный сотрудник
Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН,
г. Кемерово
e-mail: max-valerich@rambler.ru



Е.Н. КОЗЫРЕВА

канд. техн. наук,
ведущий научный сотрудник
Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН,
г. Кемерово
e-mail: KozyrevaEN@ic.sbras.ru



Д.Н. ЗАСТРЕЛОВ

канд. техн. наук,
старший научный сотрудник
Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово
e-mail: dennn@kuzbass.net

ВОЗМОЖНАЯ СХЕМА ПРИМЕНЕНИЯ ДЕГАЗАЦИИ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА И ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА

В статье рассмотрена возможная схема применения дегазации угольного пласта и выработанного пространства выемочных участков. Предлагается бурить скважины дегазации пласта в кровлю, что позволит исключить возможность такого эффекта, как обводнение и затекание скважин дегазации (уменьшение видимого сечения) и дегазировать пласт даже при большой глубине залегания пласта и большой длине лавы. Проанализирована дегазация выработанного пространства. Видимый свод обрушения рассматриваемого участка шахты им. С. М. Кирова достигает высоты в 30 метров, скважины, пробуренные с параллельного штрека, проходят вблизи выработанного пространства и трещины, образующиеся в разгруженном массиве, соединяют скважины с отработанной частью пласта.

Ключевые слова: УГОЛЬНЫЙ ПЛАСТ, КРОВЛЯ ВЫРАБОТКИ, ЛАВА, ГЕОСТАТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ, ЗОНА РАЗГРУЗКИ, СКВАЖИНЫ ДЕГАЗАЦИИ, ВЫРАБОТАННОЕ ПРОСТРАНСТВО.

При анализе работы современных очистных забоев в условиях их многократно возросшей производительности установлено, что существующие методы и средства оценки ситуаций, уточнения особенностей физических процессов не соответствуют необходимой надёжности применяемых схем дегазации. Современные методы и схемы дегазации

разрабатываемого пласта, надрабатываемых и подрабатываемых пластов не полностью учитывают все многообразие процессов сдвижений и сопутствующей разгрузки массива, хотя вопросу дегазации посвящено много работ [1–10].

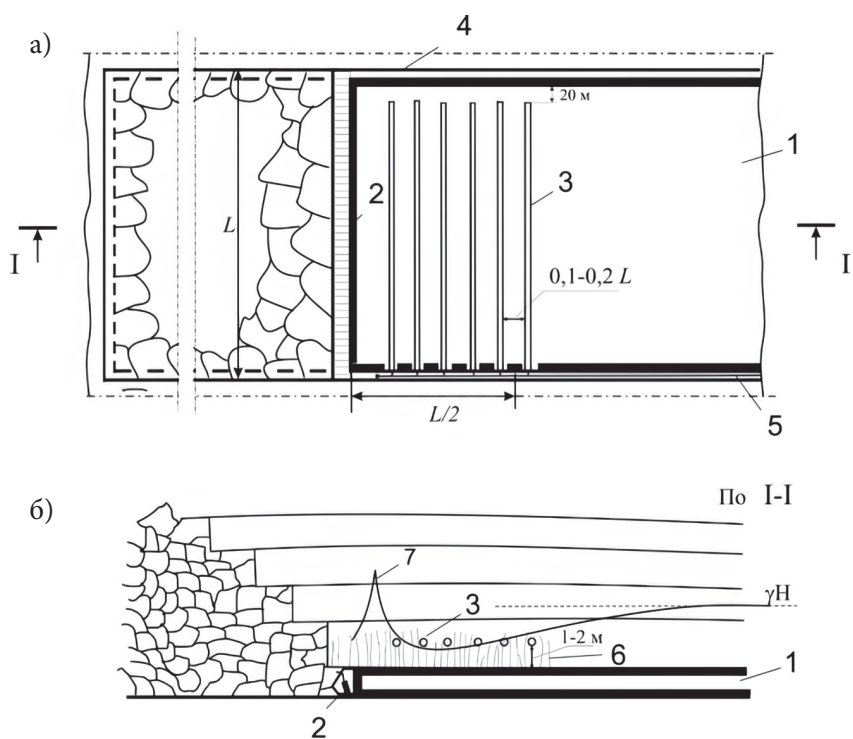
В настоящее время шахтами в Кузбассе зачастую отрабатываются высокогазоносные

угольные пласты, что вынуждает применять дегазацию пластов как при проходке выработок, так и при ведении очистных работ. Причем предварительная дегазация предполагаемого к выемке участка пласта без применения стимулирования пласта к газоотдаче, например, гидроразрыва, неэффективна и предполагает длительное время проведения от 6 месяцев до нескольких лет, и даже при таких условиях работы не всегда получается добыться указанных в ПБ значениях газоносности пласта в $9 \text{ м}^3/\text{т}$ [11]. Причем максимальный коэффициент дегазации при обычном бурении достигает 0,2, что зачастую недостаточно при отработке пласта, а при применении указанного способа возможно значительное повышение эффекта дегазации.

При отработке пласта длинными выемочными столбами по простиранию впереди забоя лавы формируется зона разгрузки, относительно геостатического горного давления как самого пласта, так и вмещающих пород. Даже при глубине залегания отрабатываемого пласта около 100 м и длине лавы 100 м инструментально установлено [12], что поднятие нижней части кровли даже в малопрочных породах (аргиллиты) достигает 3 см на расстоянии 10–15 м от плоскости забоя. Учитывая расстояние от плоскости забоя до максимума напряжений, учитывая место формирования опоры консоли кровли и принимая форму прогиба кровли параболической, можно оценить размер зоны разгрузки отрабатываемого пласта от горного давления за зоной максимальных напряжений, как близкий 20–30 м [12]. Нетрудно предположить, что с ростом прочности пород кровли и глубины разработки этот эффект возрастает, что объясняется

некоторым поднятием слоя кровли впереди забоя лавы, когда призабойная часть пласта выступает в качестве опоры для слоев пород и их освободившаяся часть зависает в выработанном пространстве.

Кроме того, горной практикой установлено, что при отработке высокогазоносных угольных пластов длинными очистными забоями с полным обрушением кровли при подходе забоя к скважине на расстояние близкое половине её длины дебит метана из скважины увеличивается в 3–5 раз. На этом расстоянии, как установлено исследованиями, начинается зона переменного горного давления (разгрузки), что формирует техногенные трещины в кровле пласта, инициирует выделение метана из блоков угля и раскрывает межблоковые трещины. При газоносности пласта выше сорбционной способности угля возникает повышенное давление свободного газа,



1 — угольный пласт, 2 — очистной забой, 3 — дегазационные скважины, 4 — штрек, 5 — дегазационный трубопровод, 6 — природные и искусственные трещины в кровле, 7 — эпюра частичной разгрузки пласта от горного давления

Рис. 1. Предлагаемая схема дегазации пласта с использованием параллельных забоев скважин, пробуренных в породы кровли: а) — вид очистного забоя (в плане); б) — профиль очистного забоя (вкrest простирания пласта)

приводящее даже к эффекту перетока части метана из пласта в выработанное пространство через породы кровли, минуя призабойное пространство. Каптаж выделяющегося из угольного пласта метана скважинами осуществляется через природные и техногенные трещины в непосредственной кровле, развивающиеся в результате переменных напряжений в зоне разгрузки, опережающей забой. При слабом развитии природной и техногенной трещиноватости пород возможно проведение гидроразрыва через скважины по известным схемам с целью создания дополнительной искусственной трещиноватости пород кровли.

Расстояние между дегазационными скважинами принимается $0,1 \div 0,2$ длины очистного забоя и связано с размером зоны периодической разгрузки пласта впереди движущегося забоя. При расстоянии меньшем $0,1$ длины очистного забоя объем буровых работ нерационально завышается, при расстоянии большем $0,2$ длины очистного забоя способ недостаточно эффективен (рис. 1).

На рис. 1 показана схема, когда над угольным пластом 1 в породы кровли параллельно забою 2 бурят дегазационные скважины 3, при этом не добуривают их до контура штрека 4 около 20 м, затем выполняют герметизацию устья скважин и подключают их к дегазационному трубопроводу 5, при этом создаются природные (в результате разгрузки пласта) и искусственные трещины 6 в кровле, 7 обозначена эпюра частичной разгрузки пласта от горного давления (γH).

На шахте им. С. М. Кирова обрабатывается высокопроизводительным забоем лава 24–65 пласта Болдыревский на глубине около 500 м. Вблизи лавы 24–65 обрабатывалась аналогичная лава, и для анализа можно брать за основу выработанное пространство бывшего очистного забоя 24–62 шахты им. С. М. Кирова.

В этой лаве проведен мониторинг горного давления на секции механизированной крепи по показаниям давления в стойках по известному алгоритму и с использованием данных фирмы *Marko* [13]. В расчетах принимаем среднюю плотность пород $2,5 \text{ м}^3/\text{т}$. Была отстроена

поверхность сводов давления в программе *Surfer* (рис. 2). Мощность пласта в среднем 2,5 м при угле залегания пласта по падению 4–5 градусов. Глубина от дневной поверхности до разрабатываемого пласта меняется от 520 до 476 м от монтажной камеры. Длина забоя — 300 м. Длина столба L_b — 2500 м. Непосредственная кровля представлена алевролитом, крепостью $f = 4-5$, мощностью 7–9 м, основная — песчаником, мощностью до 34 м, крепостью $f = 5-6$.

Видимый свод обрушения достигает высоты в 30 м (рис. 2), скважины, пробуренные с параллельного штрека, проходят над и вблизи выработанного пространства и трещины, образующиеся в разгруженном массиве, соединяют скважины с отработанной частью массива (рис. 3).

Проводя аналогию с выработанным пространством лавы 24–62 и способом дегазации обрабатываемого пласта и зная особенности геомеханических процессов, возникающих при отработке пласта длинными очистными забоями с полным обрушением кровли, можем сказать, что на формирование условий

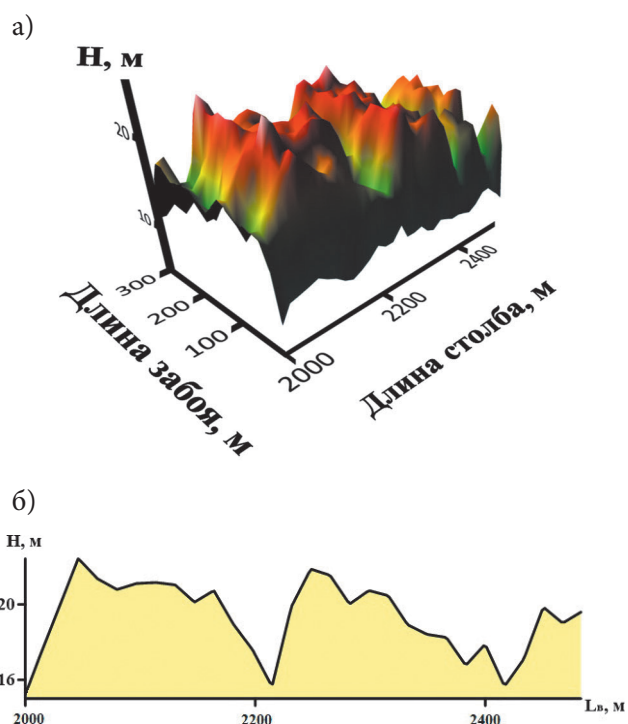


Рис. 2. Поверхность давления на крепь очистного забоя 24–62 шахты им. С.М. Кирова: а) — 3D-модель; б) — профиль по оси выемочного столба.

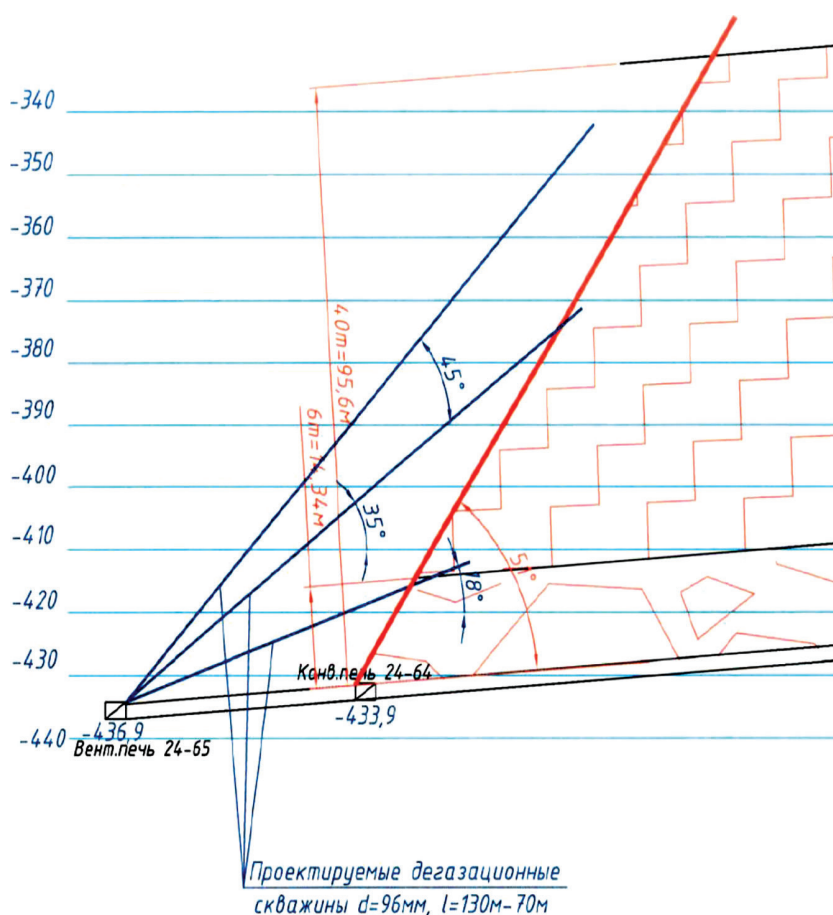


Рис. 3. Вертикальный разрез по скважинам для куста № 1а в вентиляционной печи № 24-65

повышенного метановыделения влияют именно процессы разгрузки и происходящее снижение напряжений.

Снижение горного давления происходит до подхода забоя, эта особенность соответствует установленной горной практикой фактам: повышения производительности пластовых дегазационных скважин, расположенных на удалении от забоя до половины длины лавы (150 м), и перетока части метана из разрабатываемого пласта в выработанное пространство, минуя призабойный объем лавы. Формируемые своды обрушенных пород в выработанном пространстве удовлетворительно

дегазируются восстающими дегазационными скважинами.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук» проект FWEZ-2024-0013 «Создание многофункциональных систем мониторинга и прогноза газодинамических явлений, контроля напряженного состояния, разработка методов их предотвращения и оценки эффективности при подземной разработке угольных месторождений. 2024–2025 гг.» (рег. № 1022041300134-5-1.5.1;2.7.5).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клишин В. И., Опрук Г. Ю., Клишин С. В., Связев С. И. Поинтервальный гидроразрыв угольного пласта для интенсификации процесса дегазации // Уголь. 2022. № S12 (1162). С. 16–22.
2. Клишин В. И., Тайлаков О. В., Садов А. П., Уткаев Е. А., Макеев М. П. Дегазация выработанного пространства наклонно-направленными скважинами // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2022. № 4. С. 56–62.
3. Шадрин А. В., Клишин В. И. Организация работ по предотвращению динамических явлений на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс» // Горный журнал. 2021. № 12. С. 88–93.

4. Ройтер М., Крах М., Кислинг У., Векслер Ю.А. Акустический шум угольного пласта как показатель геодинамического состояния очистного забоя // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2022. № 1. С. 23–30.

5. Портола В. А., Тайлаков О. В., Ли Хи Ун, Соболев В. В., Бобровникова А. А. Обнаружение, локация и оценка состояния очагов подземных пожаров по аномалиям радона на земной поверхности // Уголь. 2021. № 5 (1142). С. 47–52.

6. Черданцев Н. В. Деформированное состояние угольного пласта в краевой зоне и условие его разрушения при отработке очистной выработкой// Безопасность труда в промышленности. 2023. № 8. С. 55–60.

7. Захаров В. Н., Забурдяев В. С., Федоров Е. В., Шляпин А. В. Безопасность высокопроизводительных очистных забоев в метанообильных шахтах // Горная промышленность. 2023. № 6. С. 64–70.

8. Зыков В. С., Ли Хи Ун., Иванов В. В., Казанцев В. Г., Попов В. Б. Опыт применения неразрушающего гидровоздействия на угольный массив для предотвращения опасности по газодинамическим проявлениям // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2023. № 2. С. 12–20.

9. Клишин В. И., Тайлаков О. В., Уткаев Е. А., Соколов С. В. Особенности контроля гидродинамического воздействия на угольный пласт при поинтервальном разрыве // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2023. № 6 (160). С. 77–83.

10. Заостровский А. Н. Петрографическая характеристика генетических типов углей Кузбасса // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2023. № 6 (160). С. 54–61.

11. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности. Правила безопасности в угольных шахтах, 8 декабря 2020 г. N 507. 113 стр.

12. Канлыбаева Ж. М. Закономерности сдвижения горных пород в массиве // М.: Наука, 1968. 108 с.

13. Shinkevich M. V. Variability of rock pressure long he length of the working ace. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi hurnal // News of the Higher Institutions. Mining Journal. 2020. No. 3. P. 24–30.

UDC 622.23.02

© **M. V. Shinkevich, E. N. Kozyreva, D. N. Zastrelov, 2024**

M.V. SHINKEVICH

Candidate of Engineering Sciences,

Senior Researcher

Institute of Coal «The FRC of Coal and Coal Chemistry of SB of RAS», Kemerovo

e-mail: max-valerich@rambler.ru

E.N. KOZYREVA

Candidate of Engineering Sciences,

Leading Researcher

Institute of Coal «The FRC of Coal and Coal Chemistry of SB of RAS», Kemerovo

e-mail: KozyrevaEN@ic.sbras.ru

D.N. ZASTRELOV

Candidate of Engineering Sciences,

Senior Researcher

Institute of Coal «The FRC of Coal and Coal Chemistry of SB of RAS», Kemerovo

e-mail: dennn@kuzbass.net

A POSSIBLE SCHEME FOR THE APPLICATION OF COAL SEAM DEGASSING AND WASTE SPACE

The article considers a possible scheme for the application of degassing of a coal seam and the developed space of excavation sites. It is proposed to drill wells for degassing the formation into the roof, which will eliminate the possibility of such an effect as flooding and leakage of degassing wells (reducing the visible cross-section) and degassing the formation even with a large depth of the formation and a long length of lava. The degassing of the worked-out space is analyzed. The visible arch of the collapse of the considered section of the Kirov mine reaches a height of 30 m, wells drilled from a parallel drift pass near the worked-out space and cracks formed in the unloaded array connect the wells with the spent part of the formation.

Keywords: COAL SEAM, ROOF OF THE MINE, LAVA, GEOSTATIC PRESSURE, DISCHARGE ZONE, DEGASSING WELLS, WORKED SPACE.

REFERENCES

1. Klishin V. I., Okrug G. Yu., Klishin S. V., Svyazi S. I. Point-interval hydraulic fracturing of a coal seam for intensification of the degassing process // Coal [Ugol]. 2022. No. S12 (1162). P. 16–22. [In Russ.].
2. Klishin V. I., Tailakov O. V., Sadov A. P., Utkaev E. A., Makeev M. P. Degassing of the worked-out space by directional wells // Bulletin of the Scientific Center of VostNII for industrial and Environmental safety [Vestnik Nauchnogo tsentra VostNII po promyshlennoy i ekologicheskoy bezopasnosti]. 2022. No. 4. P. 56–62. [In Russ.].
3. Shadrin A. V., Klishin V. I. Organization of work to prevent dynamic phenomena at the mines of JSC SUEK-Kuzbass // Mining Journal [Gornyy zhurnal]. 2021. No. 12. P. 88–93. [In Russ.].
4. Reuter M., Krakh M., Kisling U., Wexler Yu.A. Acoustic noise of a coal seam as an indicator of the geodynamic state of a treatment face // Physico-technical problems of mining [Fiziko-tekhnicheskiye problemy razrabotki poleznykh iskopayemykh]. 2022. No. 1. P. 23–30. [In Russ.].
5. Portola V. A., Tailakov O. V., Lee Hee Un, Sobolev V. V., Bobrovnikova A. A. Detection, location and assessment of the state of foci of underground fires by radon anomalies on the Earth's surface // Coal [Ugol]. 2021. No. 5 (1142). P. 47–52. [In Russ.].
6. Cherdantsev N. V. Deformed state of the coal seam in the marginal zone and the condition of its destruction during treatment by a treatment mine // Occupational safety in industry [Bezopasnost truda v promyshlennosti]. 2023. No. 8. P. 55–60. [In Russ.].
7. Zakharov V. N., Zaburdyaev V. S., Fedorov E. V., Shlyapin A.V. Safety of high-performance treatment faces in methane mines // Mining Industry [Gornaya promyshlennost]. 2023. No. 6. P. 64–70. [In Russ.].
8. Zykov V. S., Li Hee Un., Ivanov V. V., Kazantsev V. G., Popov V. B. Experience of using non-destructive hydroelectric action on a coal massif to prevent danger from gas-dynamic manifestations // Bulletin of the Scientific Center for the Safety of work in the coal industry [Vestnik Nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoy promyshlennosti]. 2023. No. 2. P. 12–20. [In Russ.].
9. Klishin V. I., Tailakov O. V., Utkaev E. A., Sokolov S. V. Features of control of hydrodynamic effects on a coal seam during an interval rupture // Bulletin of the Kuzbass State Technical University [Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta]. 2023. No. 6 (160). P. 77–83. [In Russ.].
10. Zaostrovsky A. N. Petrographic characteristics of genetic types of Kuzbass coals // Bulletin of the Kuzbass State Technical University [Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta]. 2023. No. 6 (160). P. 54–61. [In Russ.].
11. Federal standards and regulations in the field of industrial safety. Safety rules in coal mines, December 8, 2020 n 507. 113 p. [In Russ.].
12. Kanlybaeva Zh. M. Patterns of rock movement in the massif // М.: Nauka, 1968. 108 p. [In Russ.].
13. Shinkevich M. V. Variability of rock pressure long he length of the working ace. Izvestiya vysshikh uhebnykh zavedenii. Gornyi hurnal // News of the Higher Institutions. Mining Journal. 2020. No. 3. P. 24–30.