

АНАЛИЗ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В ЛАВЕ 28 Д1-2 ШАХТЫ «ШАХТИНСКАЯ»

С. Б. Алиев¹, Г. А. Пак², В. Н. Щенников², О. В. Старостина², В. Н. Долгонос²

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н. В. Мельникова Российской академии наук (ИПКОН РАН), г. Москва, Российская Федерация

²Карагандинский технический университет (КарТУ) имени А. Сагинува,

г. Караганда, Казахстан

✉ vnd070765@mail.ru

Аннотация: Приведены результаты анализа геомеханической ситуации в лаве 28 Д1-2 шахты «Шахтинская» Карагандинского угольного бассейна. В настоящее время завершен монтаж оборудования, лава запущена в сентябре 2024 года. Рассмотрены результаты структурного моделирования участка. Посредством анализа определен ряд неблагоприятных факторов. Ожидаемые условия отработки лавы 28 Д1-2 характеризуются как сложные.

Ключевые слова: угольный пласт, кровля, горная выработка, лава, структурная модель, опасные зоны, слой песчаника, шаг обрушения

Для цитирования: Анализ геомеханической ситуации в лаве 28 Д1-2 шахты «Шахтинская» / С. Б. Алиев, Г. А. Пак, В. Н. Щенников [и др.]. *Маркшейдерия и недропользование*. 2024;(6):19-24. https://doi.org/10.56195/20793332_2024_6_19_24.

BREAKAGE FACE 28 D1-2 GEOMECHANICAL ANALYSIS ON «SHAKHTINSKAYA» COAL MINE

S. B. Aliev¹, G. A. Pak², V. N. Shennikov², O. V. Starostina², V. N. Dolgonosov²

¹Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

²A. Saginov Karaganda Technical University (KarTU), Karaganda, Kazakhstan

✉ vnd070765@mail.ru

Abstract: The article panel 28 D1-2 «Shakhtinskaya» coal mine geomechanical analyses. Currently, the installation of equipment has been completed and the breakage face will be launched in September 2024 year. The results of structural modeling of the site were considered. As a result of the analysis, a number of unfavorable factors were identified. The expected working conditions of the facility are characterized as difficult.

Keywords: coal seam, roof, mining working, breakage face, structural model, dangerous areas, sandstone layer, roof-caving increment

For citation: Aliev S. B., Pak G. A., Shennikov V. N., et. al. Breakage face 28 D1-2 geomechanical analysis on «Shakhtinskaya» coal mine. *Mine Surveying and Subsurface Use*. 2024;(6):19-24. (In Russ.). https://doi.org/10.56195/20793332_2024_6_19_24.

Введение

Шахта «Шахтинская» Карагандинского угольного бассейна расположена в 50 км к западу от города Караганда и в 10 км к северу от города Шахтинска Карагандинской области. Заложена в 1958 году, введена в эксплуатацию в 1973 году, а в 1979 году выведена на проектную мощность 2,4 млн тонн угля в год.

В настоящее время шахтой разрабатывается пласт Дб общей мощностью 4,6 м в два слоя по схеме «слой — пласт». Применяется бесцеликовая система отработки с поддержанием выработок вслед за лавой и проведением выработок вприсечку к выработанному пространству. Управление кров-

лей в очистных забоях осуществляется полным обрушением. Длина лав принимается от 180 до 200 метров. Нагрузка на лавы составляет от 4 500 до 5 тыс. т/сутки. В сентябре 2024 года введена лава 28 Д1-2 по пласту Д1-2.

Цель работы: анализ геомеханической ситуации в лаве 28 Д1-2 шахты «Шахтинская».

Объект исследований

Пласт Д1-2 состоит из двух угольных пластов: Д1 и Д2, которые в геолого-генетическом плане представляют собой сложную угольную залежь. Из-за сложной структуры, обуславливающей высокую долю породных прослоев в рабочей

мощности пласта, он почти всюду является некондиционным по зольности.

Пласт Д1 является нижней границей Долинской свиты, имеет невыдержанное строение и состоит из 1–3 угольных пачек мощностью от 0,18 до 1,41 м, разделенных породными прослоями аргиллита и слабоуглистого аргиллита мощностью от 0,05 до 0,10 м.

Пласт Д2 также имеет невыдержанное строение и состоит из 1–4 угольных пачек, мощностью от 0,14 до 0,94 м, разделенных породными прослоями аргиллита и слабоуглистого аргиллита мощностью от 0,05 до 0,39 м. Разделяющий прослой представлен преимущественно аргиллитами и слабоуглистыми аргиллитами мощностью до 1,28 м, который вовлечен в отработку на полную мощность.

Участок лавы 28 Д1-2 залегает на глубине от 118 до 221 м. Направление лавы — по простиранию пласта. Углы падения пласта по лаве — от 15 до 20°, углы по подвиганию лавы — от 0 до 5°.

Результаты проведения 3D-геологического моделирования участка пласта Д1-2

Отделом перспективного планирования горных работ угольного департамента АО «Qazmet» было проведено 3D-геологическое моделирование участка пласта Д1-2. При построении модели пласта и толщи пород кровли и почвы было использовано 19 геологических скважин, 9 пластовых проб и геометрические данные по пройденным ранее нарезным выработкам по пласту Д1-2, предоставленные геологическим и маркшейдерским отделами шахты.

Основные данные по результатам моделирования: опасные зоны, тектонические нарушения, изогипсы почвы пласта, водопритоки — отображены на выкопировке с плана горных работ по лаве 28 Д1-2 (рис. 1) (см. цветную вклейку на стр. 77).

Опасные зоны

По данным геологического и маркшейдерского отделов шахты, в поле лавы 28 Д1-2 выявлены следующие опасные зоны:

- 1) поле лавы 28 Д1-2 находится в геодинамически опасной зоне, согласно заключению «ВНИМИ» «Геодинамическое районирование шахтного поля шахты «Шахтинская»;
- 2) опасные зоны от тектонических нарушений шириной по 20 м в каждую сторону в соответствии с «Инструкцией по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа» [1, 2];
- 3) наличие слоя крепких пород в кровле пласта в районе скважин № 14644 и 14657а мощностью до 28,9 м, слоя крепких пород при выезде из монтажной камеры 28 Д1-2 мощностью крепких пород до 24,0 м с расстоянием 2,45 м;
- 4) наличие в кровле пласта слабого, неустойчивого, легко отслаивающегося аргиллита в значительной степени осложняет отработку пласта Д1-2 даже при незначительном притоке воды в выработку;
- 5) наличие слабых пород в почве лавы 28 Д1-2, что может привести к значительному пучению почвы и повышенному куполообразованию и газовыделению, а также к уходу груди забоя и передачи повышенного давления на секции механизированной крепи;
- 6) при отработке пласта Д1-2 на небольшой глубине ведения горных работ под толщей коренных пород с мощным слоем крепких пород возможно зависание кровли, а затем обрушение большими пролетами (шагами обрушения);

7) по мере подвигания лавы по простиранию пересечение опасных зон от геологоразведочных скважин № 1594, 1562, 2216, 14670, 2215, 14667, 699, 1623, 14657а, 14644.

Нарушенность пласта

При проведении конвейерного и вентиляционного штреков 28 Д1-2 выявлены и задокументированы геологическим и маркшейдерским отделами шахты тектонические нарушения (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

Тектонические нарушения по лаве 28 Д1-2 / Breakage face 28 Д1-2 tectonic displacements

Положение / Location	Вид нарушения и амплитуда / Type of displacement and amplitude
<i>Конвейерный штрек 28 Д1-2</i>	
MT78+5,6	Сброс с амплитудой 0,4–0,5 м, взброс 0,25 м
ПК74+3,2	Каолинизация
MT839+1,5	Сброс с амплитудой 0,2–0,3 м
MT839+28,8	Сброс с амплитудой 0,2 м
MT T3+1,0	Сброс с амплитудой 0,1 м
<i>Вентиляционный штрек 28Д1-2</i>	
ПК75+6,0	Сброс с амплитудой 1,7 м
ПК76	Сброс с амплитудой 1,5 м, взброс с амплитудой 0,2 м
ПК76+2,0	Сброс с амплитудой 1,7 м, взброс с амплитудой 0,2 м
ПК76+8,5 (MT769)	Сброс с амплитудой 2,0 м. По левой стенке: взброс 2,0 м, сброс 0,5 м
MT 769+4,8	По левой стенке: сброс с амплитудой 0,5 м, взброс с амплитудой 1,8–2,0 м. По правой стенке: взброс 1,8–2,0 м, каолинизация, перемыто
MT 769+8,5	По стенкам: сброс с амплитудой 1,0 м. В забое: сброс 0,3 м
MT769+12,9	По левой и правой стенке: сброс с амплитудой 1,0 м. В забое: сброс 0,1 м
MT769+16,8	По левой стенке: сброс с амплитудой 0,1 м
MT769+32,1	По правой стенке и в забое: сброс с амплитудой 0,1 м
MT769+35,7	Взброс с амплитудой 0,1 м, сброс 0,2 м. По правой стенке: взброс 0,1 м, сброс 0,1 м
ПК81+6,7	По левой стенке: сброс 0,1 м. По правой стенке: сброс 0,1–0,2 м
ПК85+15,6	Сброс с амплитудами 0,1–0,2 м
ПК96+19,9	По левой стенке: сброс с амплитудой 0,1 м
MT1006+11,3	Сброс с амплитудой 0,1–0,6 м, каолинизация
ПК104+13,8	Взброс с амплитудой 0,15 м
MT1132+15,1	Взброс с амплитудами 0,02–0,10 м. По правой стенке: взброс 0,05–0,1 м. По левой стенке: взброс 0,03–0,04 м
MT1132+19,7	Взброс с амплитудами 0,03–0,05 м
ПК64+2–ПК68+7	Обрушение пород кровли, куполообразование до 5 м
ПК31–ПК32+1	Обрушение пород левой стенки выработки до 1,8 м

Тектонические нарушения, выявленные при проведении нарезных выработок, предположительно имеют распространение в лаву 28 Д1-2.

По данным геологоразведки средние и крупные разрывные тектонические нарушения на этом участке не обнару-

жены, но есть большая вероятность, что в поле лавы могут находиться мелкоамплитудные техногенные нарушения, не выявленные при проходке нарезных горных выработок и текущей геологической разведкой.

Обводненность

Участок лавы 28 Д1-2 характеризуется повышенной обводненностью, достигавшей $2 \text{ м}^3/\text{ч}$ при вскрытии его горными выработками. При проведении конвейерного штрека 28 Д1-2 наблюдался слабый капез с кровли, а при проведении вентиляционного штрека наблюдался значительный капез, а местами — водоприток до $2 \text{ м}^3/\text{ч}$. Увеличение водопритока обусловлено небольшой глубиной ведения работ (до 221 м), наличием водоносных горизонтов и русла реки Шерубай-Нура. Первый водоносный горизонт приурочен к современным аллювиальным отложениям долины реки. Этот горизонт покрывает почти весь участок сплошным чехлом. Вмещающие отложения первого водоносного горизонта, представленные разнотернистыми, гравелистыми песками, почти повсеместно перекрыты прослоем супесей и суглинки, способствующими проникновению в этот горизонт поверхностных вод реки Шерубай-Нуры, а также вод, образовавшихся в результате выпадения атмосферных осадков на площади развития четвертичных отложений.

Газоносность пласта

Шахта «Шахтинская» — одна из самых газообильных в Карагандинском угольном бассейне. Природная газоносность пласта Д1-2 с глубины ведения горных работ 230 м достигает $23 \text{ м}^3/\text{т}$. Карта распределения газоносности пласта Д1-2 в поле лавы 28 Д1-2 приведена на рисунке 2 (см. цветную вклейку на стр. 77).

На карте распределения отчетливо прослеживается увеличение газоносности пласта Д1-2 с глубиной. Верхняя часть лавы (примерно до середины) находится в зоне газового выветривания, что является положительным фактором [3].

Качественные характеристики угля

Качественные характеристики получены по 18 геологическим скважинам и 9 пластовым пробам, отобранным отделом ОТК шахты. Зольность пласта Д1-2, по геологоразведочным

данным и данным ОТК, варьируется в пределах от 39 до 56 %.

Прогнозная общая геологическая мощность пласта Д1-2 в пределах выемочного участка по результатам моделирования варьируется в пределах от 2,20 до 3,25 м. Карта изменения геологической мощности пласта в поле лавы 28 Д1-2 приведена на рисунке 3.

Породы непосредственной кровли пласта сложены из аргиллитов и алевролитов мощностью от 0,3 до 15,6 м. Присутствие в кровле пласта слабого, неустойчивого, легко отслаивающегося аргиллита в значительной степени осложнит отработку пласта Д1-2 даже при незначительном притоке воды в выработку.

Выше в кровле пласта залегает слой песчаника мощностью до 28,9 м. Наличие мощного слоя песчаника (породы — моста) предопределяет дискретный характер процесса сдвижения в виде зависания и обрушения кровли [3, 4].

Карта изомощностей прочного слоя песчаника представлена на рисунке 4 (см. цветную вклейку на стр. 78).

Прочность слоя песчаника (породного моста) полностью определяет характер сдвижения горных пород при отработке угольных пластов и геомеханическую ситуацию на участке. Средняя прочность песчаника составляет $\sigma_{сж} = 55 \text{ МПа}$, а пород непосредственной кровли $\sigma_{сж} = 25 \text{ МПа}$. В этой связи прогноз первичного и вторичных шагов обрушений кровли, а также объемов газовыделения является весьма актуальным [5–7]. Прогнозные значения шагов обрушения основной кровли представлены на рисунке 5.

Методы исследований

Исследования на шахтах Карагандинского угольного бассейна, а также выполненный в дальнейшем анализ полученных результатов позволили установить общие закономерности развития процесса сдвижения внутри массива горных пород при его подработке [7–9]. Шаги обрушения основной кровли зависят от крепости и мощности пород кровли, глубины разработки, геометрических и технологических параметров выемочного пространства: длины лавы, мощности и угла наклона угольного пласта [10–14].

Профессор А. А. Борисов указывал: «Прогнозирование осадок основной кровли является одной из самых насущных

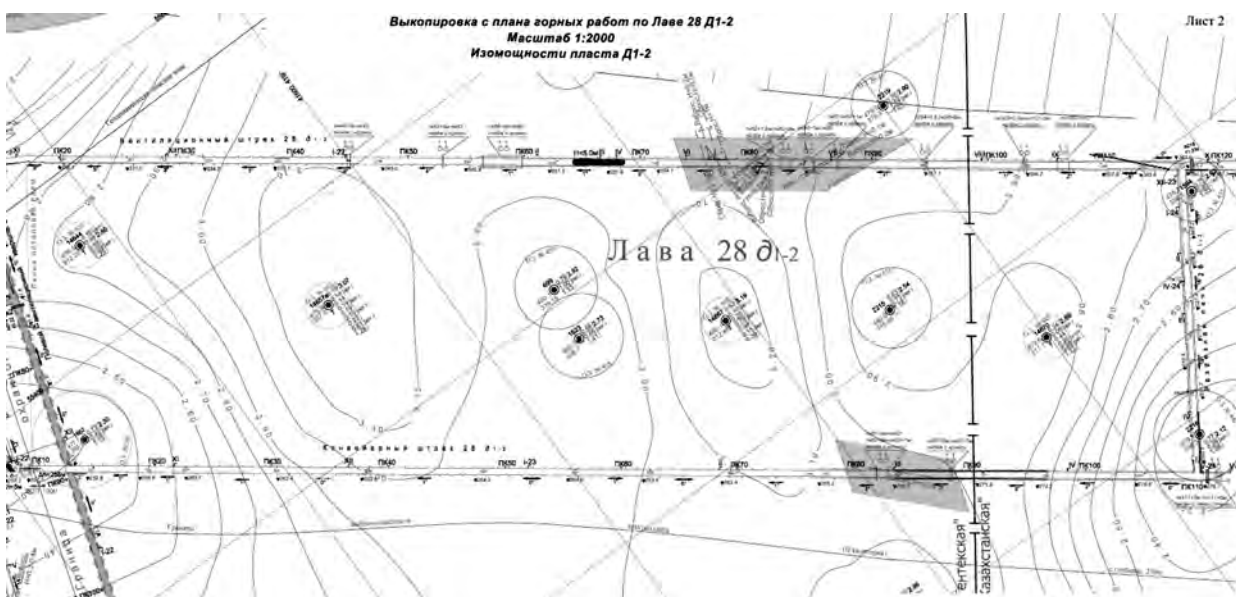


Рис. 3. Изомощности пласта Д1-2 по лаве 28 Д1-2

Fig. 3. Breakage face 28 D 1-2 coal thickness map

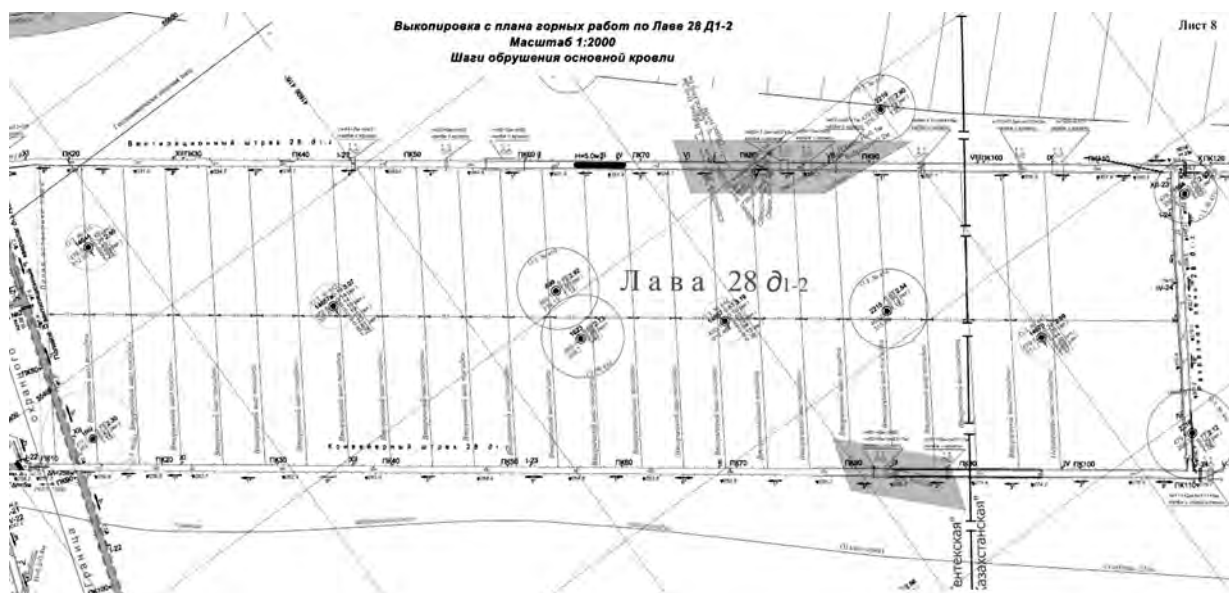


Рис. 5. Прогнозные шаги обрушения основной кровли по лаве 28 Д1-2

Fig. 5. Breakage face 28 D 1-2 roof collapse prediction

задач горной науки и практики, так как это является ключом к понятию всего процесса сдвижения от начала очистной выемки и до оседания земной поверхности» [9, 10, 15, 16].

На основе многолетних исследований и практических наблюдений разработана авторская методика Г. А. Пака, алгоритм и компьютерная программа, которые позволяют определить значения первичного и последующих шагов обрушения на всю длину выемочного столба либо на какой-либо участок отработки лавы [3, 4].

Результаты исследований

Авторами выполнен прогнозный расчет шагов обрушения по лаве 28 Д1-2 по методике Г. А. Пака. Результаты расчета: первичный шаг — 77 м, последующие — 32 м.

Отделом перспективного планирования горных работ угольного департамента АО «Qarmet» проведен прогнозный расчет шагов первичного и вторичных обрушений основной кровли. Первичный шаг: при максимальной крепости пород — 110 м, а при минимальной крепости — 78 м. Последующие шаги обрушения — 37 и 26 м соответственно при максимальной и минимальной крепости пород. Значение верхней границы первичного шага при максимальной крепости пород 110 м представляется завышенным.

Прогнозное значение первичного шага по методике Г. А. Пака соответствует нижней границе, полученной расчетом отдела перспективного планирования, а вторичный шаг соответствует среднему значению.

Заключение

Анализ горно-геологической ситуации по лаве 28 Д1-2 позволяет сделать вывод, что ожидаемые условия отработки данной лавы характеризуются как весьма сложные.

Следует выделить следующие неблагоприятные факторы:

- 1) наличие на участке раскройки лавы геодинамически опасной зоны по мере продвижения по простиранию лавы;
- 2) повышенная обводненность участка лавы 28 Д1-2. Водопитоки при проведении вентиляционного штрека достигали 2 м³/ч, что может привести к подтоплению выработок. Необходимо обеспечить сток воды по дренажным канавкам в сторону участкового водосборника с откачкой поступающей воды;

3) наличие в кровле пласта слабого, неустойчивого, легко отслаивающегося аргиллита в значительной степени осложнит отработку пласта Д1-2, даже при незначительном притоке воды в выработку;

4) наличие слоя крепких пород (песчаников) в кровле пласта мощностью до 28,9 м. На выезде из монтажной камеры 28 Д1-2 мощность песчаников в кровле достигает 24,0 м с расстоянием 2,45 м, а в почве лавы — слабые породы. Это может привести к значительному пучению почвы и повышенному куполообразованию и газовыделению, а также к уходу груди забоя и передачи повышенного давления на секции механизированной крепи;

5) опасные зоны и повышенная трещиноватость массива у тектонических нарушений плюс обводненность могут привести к неконтролируемому обрушению кровли пласта;

6) относительно низкая прочность и высокая трещиноватость угольного пласта Д1-2 по сравнению со слагающими породами в кровле и почве пласта способствует формированию зон ослабленного состояния угольного пласта и пород непосредственной кровли;

7) опасная ситуация по газу образуется до первичного обрушения, когда возникает замкнутый объем выработанного пространства порядка 50 тыс. кубических метров, который будет заполнен газом. Необходимо пробурить 1-2 вертикальные дегазационные скважины (ВДС), которые обеспечат дегазацию лавы на первые 200–250 м продвижения. Дальнейшие запланированные ВДС не нужны, так как процесс сдвижения дойдет до земной поверхности и весь газ будет дренировать в атмосферу.

В ряду сравнительно благоприятных факторов отработки лавы можно выделить следующие:

1) опыт безаварийной отработки лав по пласту Д1-2 в опасных зонах (тектонические нарушения и др.). Для стабильной работы лавы необходимо разработать мероприятия по безопасному пересечению указанных опасных зон;

2) ведение работ выше границы выбороопасности шахтопласта. Пласт Д1-2 (опасный II категории) с глубины 230 м, согласно «Правилам безопасности в угольных и сланцевых шахтах» [5] и приказу № ПР-УД 34-2024 от 06.02.2024 «О разграничении шахтопластов по степени их выбороопасности».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа / МУП СССР. — М.: Недра, 1977. — 159 с.
2. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа / Министерство энергетики и угольной промышленности РК. — М., 1995. — 92 с.
3. Геомеханические и газодинамические процессы в угольных шахтах / В. Н. Долгоносков, Г. А. Пак, Н. А. Дрижд [и др.]. — Караганда: изд-во КарГТУ, 2012. — 214 с.
4. Пак, Г. А. Методика расчета шагов обрушения основной кровли и прогноз газовыделения на шахтах Карагандинского бассейна / Г. А. Пак, В. Н. Долгоносков // Безопасность труда в промышленности. — 2010. — № 10. — С. 31–34.
5. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. — М.: Недра, 1973. — 512 с.
6. Бирюков, Ю. М. Газодинамическая активность на шахтах Карагандинского угольного бассейна / Ю. М. Бирюков. — Караганда, 1996. — 114 с.
7. Канлыбаева, Ж. М. Закономерности сдвижения горных пород в массиве / Ж. М. Канлыбаева. — М.: Наука, 1968. — 108 с.
8. Канлыбаева, Ж. М. Физико-механические свойства горных пород и их влияние на процесс сдвижения массива / Ж. М. Канлыбаева, К. Б. Бакитов, К. Ш. Джанбуршина. — М.: Недра, 1972. — 88 с.
9. Борисов, А. А. Механика горных пород и массивов / А. А. Борисов. — М.: Недра, 1980. — 360 с.
10. Борисов, А. А. Расчеты горного давления в лавах пологих пластов / А. А. Борисов. — М.: Недра, 1964. — 280 с.
11. Инструкция по наблюдениям за сдвижением земной поверхности и за подрабатываемыми сооружениями на угольных и сланцевых месторождениях. — Л.: Недра, 1985. — 172 с.
12. Временные указания по управлению горным давлением в очистных забоях на пластах мощностью до 3,5 м с углом падения до 35°. — Л.: ВНИИ, 1982. — 136 с.
13. Галанин, А. Ф. Устойчивость кровли очистных выработок пологих пластов Донецкого бассейна / А. Ф. Галанин // Уголь. — 1974. — № 1.
14. Комиссаров, С. Н. Управление массивом горных пород вокруг очистных выработок / С. Н. Комиссаров. — М.: Недра, 1983. — 237 с.
15. Кузнецов, С. Т. Разупрочнение труднообрушаемых кровель угольных пластов / С. Т. Кузнецов, Ю. А. Семенов, В. П. Шишкин. — М.: Недра, 1987. — 201 с.
16. Оценка состояния приконтурного горного массива на сопряжении лавы с примыкающей выработкой / С. Б. Алиев, В. Ф. Демин, А. С. Кайназаров [и др.] // Уголь. — 2023. — № 1. — С. 35–39.

REFERENCES

1. Instructions for the safe conduct of mining operations in seams hazardous due to sudden outbursts of coal and gas. MCI USSR. Moscow, 1977 (In Russ.).
2. Instructions for the safe conduct of mining operations in seams hazardous due to sudden outbursts of coal and gas / Ministry of Energy and Coal Industry RK. Moscow, 1995 (In Russ.).
3. Dolgonosov VN, Pak GA, Drijd NA, et al. Geomechanical and gas-dynamic processes in coal mines. Karaganda, 2012 (In Russ.).
4. Pak GA, Dolgonosov VN. Methodology for calculating the steps of collapse of the main roof and forecasting gas release in the mines of the Karaganda basin. *Industrial safety*. 2010;10:31-4 (In Russ.).
5. Safety rules in coal and shale mines. Moscow, 1973 (In Russ.).
6. Birukov UM. Gas-dynamic activity in the mines of the Karaganda coal basin. Karaganda. 1996.
7. Kanlybaeva JM. Laws of rock mass displacement. Moscow, 1968 (In Russ.).
8. Kanlybaeva JM, Bakitov KB, Djanburshina KS. Physico-mechanical properties of rocks and their influence on the process of massif displacement. Moscow, 1972 (In Russ.).
9. Borisov AA. Rock mechanics. Moscow, 1980 (In Russ.).
10. Borisov AA. Calculation of rock pressure in low gradient seam breakage faces. Moscow, 1964.
11. Instructions for observing the movement of the earth's surface and undermining structures in coal and shale deposits. Leningrad, 1985 (In Russ.).
12. Interim guidelines for the management of rock pressure in working faces in seams up to 3.5 m thick with a dip angle of up to 35°. Leningrad, 1982 (In Russ.).
13. Galanin AF. Roof stability of workings of flat seams of Donetsk basin. *Coal*. 1974;1 (In Russ.).
14. Komissarov SN. Management of rock mass around breakage faces. Moscow, 1983 (In Russ.).
15. Kuznetsov ST, Semenov UA, Shishkin VP. Destruction of strong coal seam roofs. Moscow, 1987 (In Russ.).
16. Aliev SB, Demin VF, Kainazarov AS, et al. Assessment of the state of the marginal rock mass at the junction of the longwall face with the adjacent workings. *Coal*. 2023;1:35-9 (In Russ.).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Самат Бикитаевич Алиев –

доктор техн. наук, старший научный сотрудник ИПКОН РАН, 111020, г. Москва, Российская Федерация, Академик НАН Республики Казахстан, e-mail: alsamat@gmail.com

Геннадий Алексеевич Пак –

преподаватель, кафедра МДуГ, Карагандинский технический университет (КарТУ) имени А. Сагенова, 100027, г. Караганда, Казахстан, e-mail: kostyaan91@bk.ru

ABOUT THE AUTHORS

Samat B. Aliev –

Dr. Sci. (Eng.), Senior research employee, Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences, 111020, Moscow, Russian Federation, Academician of the National Sciences Academy Kazakhstan Republic, e-mail: alsamat@gmail.com

Gennady A. Pak –

teacher, Department of Mine Surveying and Geodesy of Abylbas Saginov Technical University, 100027, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: kostyaan91@bk.ru

Виталий Николаевич Щенников —

магистрант, кафедра МДиг, Карагандинский технический университет (КарТУ) имени А. Сагинова, 100027, г. Караганда, Казахстан, <https://orcid.org/0009-0005-0050-9522>, e-mail: witaly84@mail.ru

Ольга Васильевна Старостина —

канд. техн. наук, доцент кафедры МДиг, Карагандинский технический университет (КарТУ) имени А. Сагинова, 100027, г. Караганда, Казахстан, <https://orcid.org/0000-0003-4030-0748>, e-mail: olga.starostina2612@gmail.com

Виктор Николаевич Долгонос —

доктор техн. наук, доцент кафедры МДиг, Карагандинский технический университет (КарТУ) имени А. Сагинова, 100027, г. Караганда, Казахстан, <https://orcid.org/0000-0001-8110-2284>, e-mail: vnd070765@mail.ru

Vitaly N. Shennikov —

Master's student, Department of Mine Surveying and Geodesy Abylkas Saginov Technical University, 100027, Karaganda, Kazakhstan, <https://orcid.org/0009-0005-0050-9522>, e-mail: witaly84@mail.ru

Olga V. Starostina —

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Department of Mine Surveying and Geodesy Abylkas Saginov Technical University, 100027, Karaganda, Kazakhstan, <https://orcid.org/0000-0003-4030-0748>, e-mail: olga.starostina2612@gmail.com

Viktor N. Dolgonosov —

Dr. Sci. (Eng.), Associate Professor, Department of Mine Surveying and Geodesy Abylkas Saginov Technical University, 100027, Karaganda, Kazakhstan, <https://orcid.org/0000-0001-8110-2284>, e-mail: vnd070765@mail.ru

Критерии авторства / Contribution:

Алиев С. Б. — генерация идеи исследования, постановка задачи исследования, выполнение работы по систематизации материала, написание текста статьи; **Пак Г. А.** — генерация идеи исследования, проведение эксперимента, выполнение расчетов, выполнение работы по систематизации материала, подготовка данных, анализ данных, написание текста статьи; **Щенников В. Н.** — постановка задачи исследования, получение исходных данных, проведение эксперимента/испытаний, выполнение работы по систематизации материала, анализ результатов исследования, написание текста статьи; **Старостина О. В.** — генерация идеи исследования, постановка задачи исследования, выполнение расчетов, выполнение работы по систематизации материала, анализ результатов исследования, написание текста статьи; **Долгонос В. Н.** — генерация идеи исследования, постановка задачи исследования, выполнение расчетов, выполнение работы по систематизации материала, анализ результатов исследования, написание текста статьи /

Aliiev S. B. — research idea generation, statement of the research problem, organizing material, writing the article text; **Pak G. A.** — research idea generation, experimental work, calculations, organizing material, data preparation, analysis of results, writing the article text; **Shennikov V. N.** — statement of the research problem, data preparation, experimental work, organizing material, analysis of results, writing the article text; **Starostina O. V.** — research idea generation, statement of the research problem, calculations, organizing material, analysis of results, writing the article text; **Dolgonosov V. N.** — research idea generation, statement of the research problem, calculations, organizing material, analysis of results, writing the article text.

Конфликт интересов / Conflict of interest:

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.

Информация о статье:

Поступила в редакцию: 26.09.2024.

Поступила после рецензирования: 27.10.2024.

Принята к публикации: 12.11.2024.

Article info

Received: 26.09.2024.

Revised: 27.10.2024.

Accepted: 12.11.2024.