

ISSN 1999-4125 (Print)

ISSN 2949-0642 (Online)

**ГЕОМЕХАНИКА, РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД,
РУДНИЧНАЯ АЭРОГАЗОДИНАМИКА И ГОРНАЯ ТЕПЛОФИЗИКА
GEOMECHANICS, DESTRUCTION OF ROCKS BY EXPLOSION, MINE
AEROGASDYNAMICS AND MINING THERMOPHYSICS**

Научная статья

УДК 622.831:013

DOI: 10.26730/1999-4125-2025-5-109-116

**ФОРМИРОВАНИЕ ЗОН ПОВЫШЕННОГО ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ
ПОДГОТОВКЕ НАДРАБОТАННЫХ И ПОДРАБОТАННЫХ ЗАПАСОВ
К ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОТРАБОТКЕ**

**Кравченко Иван Александрович,
Ренев Алексей Агафангелович**

Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева

* для корреспонденции: ivan-4846@yandex.ru

**Информация о статье**

Поступила:

13 декабря 2024 г.

Одобрена после
рецензирования:

22 сентября 2025 г.

Принята к публикации:

30 сентября 2025 г.

Опубликована:

23 октября 2025 г.

Ключевые слова:

надработка, подработка,
повышенное горное давление,
горный массив, угольный
пласт

Аннотация.

В настоящее время угольные предприятия подземной добычи сталкиваются с вопросом рациональной доработки запасов шахтного поля, в котором наиболее привлекательная часть запасов с технологической и экономической точки зрения отработана. Остаточные запасы требуют более тщательной проработки технологического решения с оценкой экономической эффективности планируемых работ. Одним из возможных вариантов является тот, когда рассматривают участок работ с осложняющими факторами, которые сформировались при надработке и подработке угольного пласта, который планируется к последующей отработке запасов шахтного поля в условиях угольной шахты. Для наглядности формируется визуализация воздействия сформировавшихся опасных зон с учетом горно-геологического прогноза, в том числе зон повышенного горного давления на выемочную единицу, планируемую к отработке запасов. Для своевременного контроля безопасного ведения подземных горных работ и при необходимости изменения технологических решений в части отработки запланированных запасов пласта рассматривается первая к отработке выемочная единица в качестве объекта для наблюдения с последующим формированием выводов для обоснования изменения параметров технологических решений для рациональной отработки последующих выемочных единиц угольного пласта. Результаты последующих исследований поспособствуют оперативному реагированию на непрогнозируемые осложняющие факторы, что позволит корректировать мероприятия по безопасному ведению работ в опасных зонах, повысить качество добываемого полезного ископаемого и обеспечивать полноту выемки запасов

Для цитирования: Кравченко И.А., Ренев А.А. Формирование зон повышенного горного давления при подготовке надработанных и подработанных запасов к последующей отработке // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2025. № 5 (171). С. 109-116. DOI: 10.26730/1999-4125-2025-5-109-116, EDN: IYXCQG

Введение

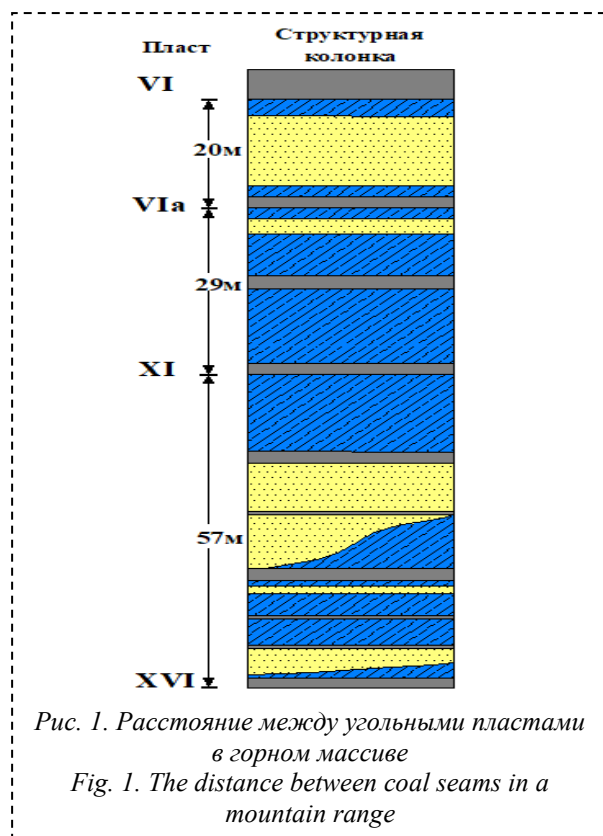
В настоящее время со значительным прогрессом в развитии технологической и технической областей добычи каменного угля подземным способом отработка запасов производится с высокими темпами и с тенденцией на уменьшение себестоимости при получении готового продукта. К первоочередной отработке запасов шахтного поля рассматриваются участки, имеющие наиболее качественные характеристики полезного ископаемого, а также наименьший объем работ по вскрытию и подготовке запасов к запуску пусковых выемочных единиц.

Предприятия в ходе своей деятельности производили отработку шахтного поля в порядке, который исходил из наиболее привлекательных технико-экономических показателей работы. В связи с этим выбор рациональной последовательной отработки запасов, которая обеспечит полноту выемки запасов без прекращения, а затем с возобновлением работ на обрабатываемой части угольного пласта, не всегда соблюдался [1].

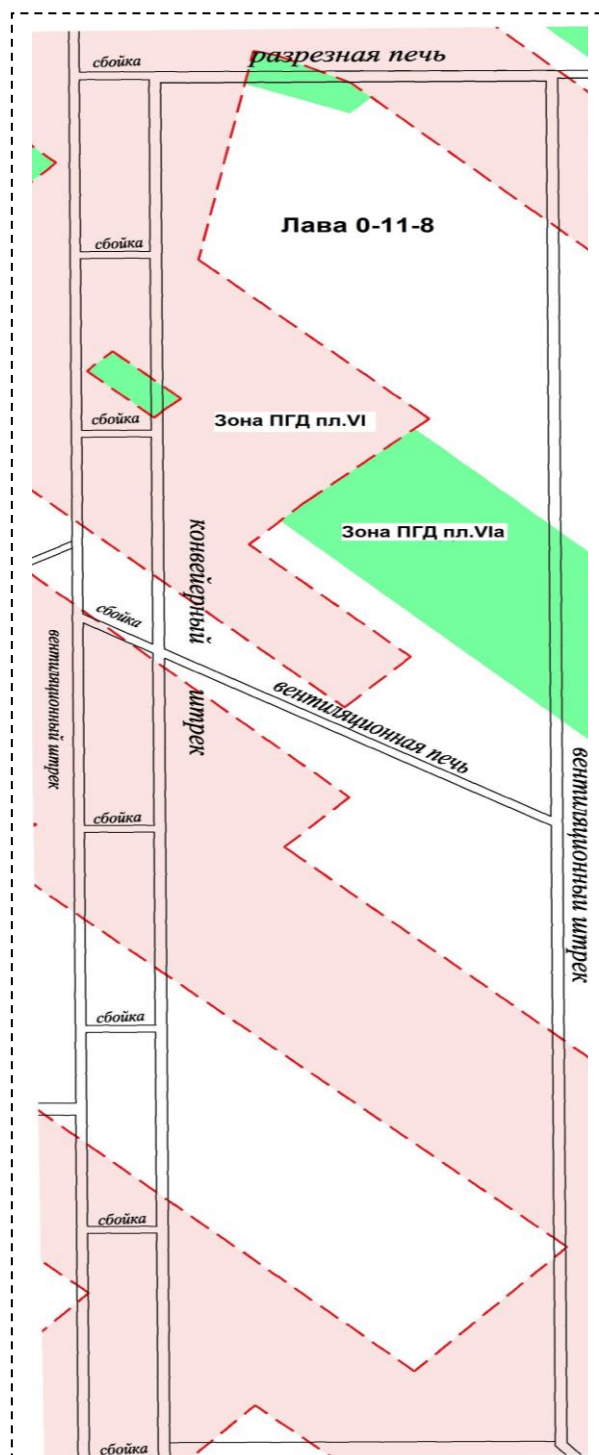
Поэтому при возобновлении работ по отработке остаточных запасов угольных пластов планируемый фронт работ может иметь влияние

зависимость на себестоимость добываемой продукции [2].

По мере развития и углубления подземных горных работ выемка запасов полезного ископаемого приводит к существенным деформациям и смещению слагающих пород массива, побуждающим перераспределение внутренних и внешних напряжений. При этом



надработки или подработки, а также совокупности осложняющих факторов, которые требуют дополнительных мероприятий в зоне влияния горных работ, что оказывает прямую



происходит увеличение эксплуатационных затрат на поддержание горных выработок, а также усложняется способ выемки угля и эффективность планируемых технологических решений [3, 4].

Существующая нормативно-правовая база, включающая федеральные нормы и правила, в своих требованиях описывает производство работ только при отработке или надработке запасов. Требования, которые одновременно

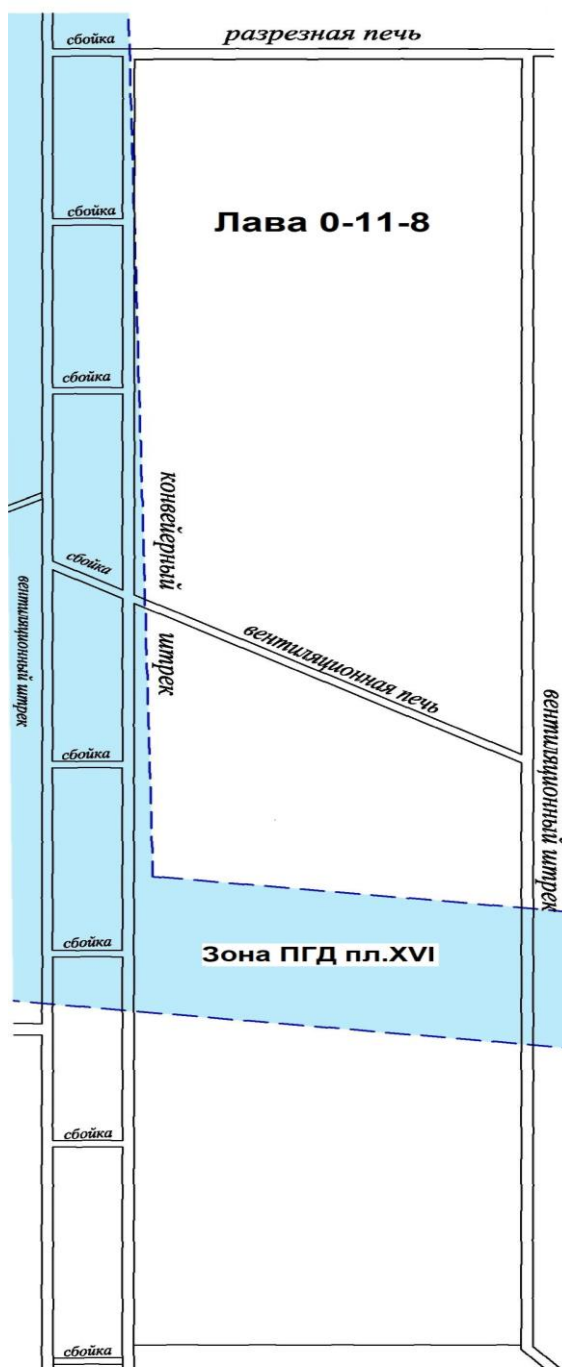


Рис. 3. Зона повышенного горного давления при подработке пласта XI

Fig. 3. Zone of increased rock pressure during undermining of seam XI

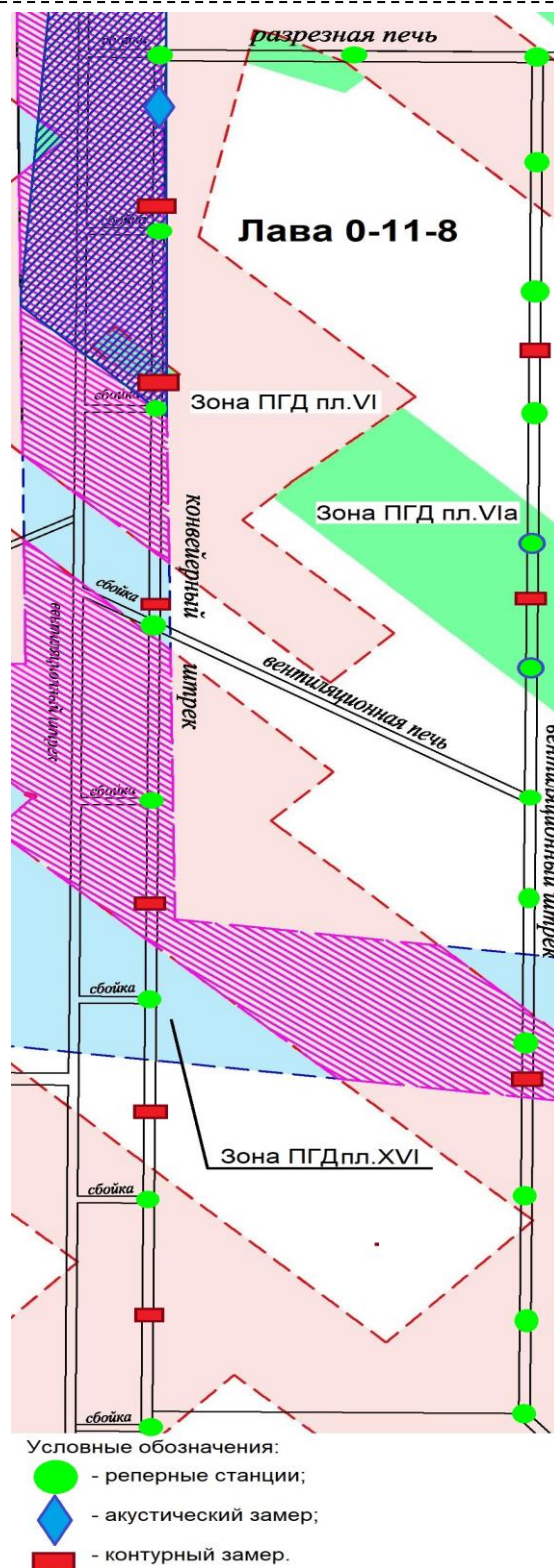


Рис. 4. Области совмещенных зон повышенного горного давления, образовавшиеся при надработке и подработке пласта XI с планируемыми местами наблюдения

Fig. 4. Areas of combined zones of increased rock pressure formed during overmining and undermining of seam XI with planned observation sites

учитывают факторы, имеют область малой изученности вопроса [5, 6, 7, 8].

Объект исследования

Рассмотрим ведение подземных горных работ на одном из предприятий юга Кузбасса. Объектом будущего исследования является выемочный участок по пласту XI, имеющий опасные зоны повышенного горного давления, сформировавшиеся из-за надработки вышележащих угольных пластов VI и VIa, а также подработка извлеченных запасов по пласту XVI (Рис. 1).

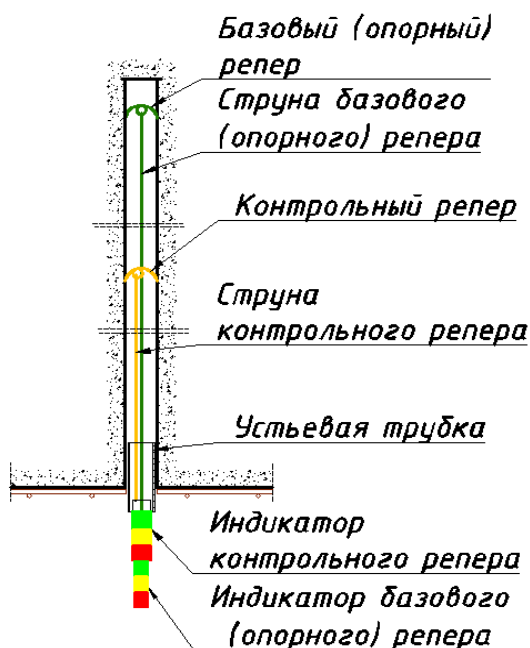


Рис. 5. Конструкция реперной станции РГ-2
Fig. 5. Design of the RG-2 reference station

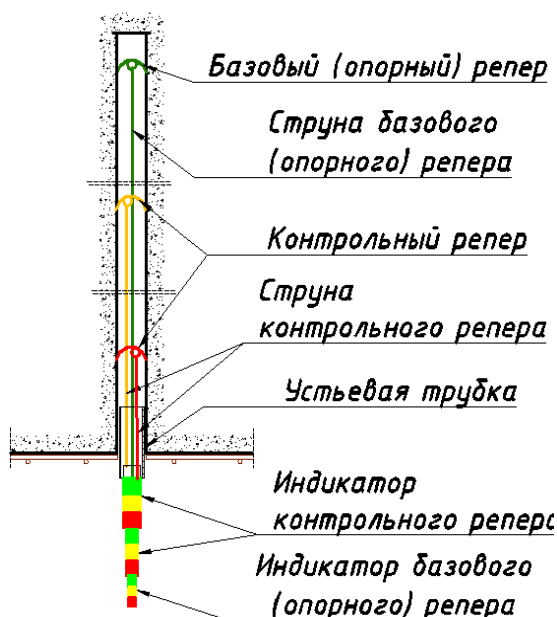


Рис. 6. Конструкция реперной станции РГ-3
Fig. 6. Design of the RG-3 reference station

При рассмотрении зон влияния надработки пластами VI и VIa (Рис. 2) визуально определены зоны, оказывающие влияние повышенным горным давлением на подготовительные работы выемочного участка, на линию очистного забоя при выезде из монтажной камеры до первичной посадки кровли, в краевой части и непосредственно в контуре выемочного участка, а также при формировании защитного перекрытия для последующего демонтажа механизированного комплекса.

Подработка пластом XVI (Рис. 3) планируемого к отработке пласта XI оказывает влияние повышенным горным давлением на линию очистного забоя в краевой части и небольшой части в контуре выемочного участка.

В результате визуального наложения зон повышенного горного давления определяем совмещенные зоны, которые в результате ведения горных работ при надработке и подработке (Рис. 4) имеют особый интерес в последующих наблюдениях при ведении подготовительных и очистных работ [9, 10]. Фиолетовой штриховкой показана зона наложения при надработке пластом VI и подработке пластом XVI, синей штриховкой – надработка пластом VIa и подработка пластом XVI.

Существующие методы исследования

В настоящее время известны многие методы исследования оценки напряженности состояния массива горных пород [11, 12, 13], среди которых распространенными методами при практическом использовании в условиях производственной деятельности являются [14]:

1. Маркшейдерские: реперы контурные, парные реперы, метод глубинных реперов.
2. Геомеханические: метод разгрузки, метод дискования керна, метод вдавливания, метод параллельных скважин.
3. Геофизические: метод электрометрический, микросейсмический метод, акустический метод, сейсмический метод, метод электромагнитного излучения, радиоизотопные методы.
4. Визуальный метод.

Планируемые исследования объекта

В качестве контроля состояния напряженности массива в контуре выемочного участка и горных выработках, сопряженных с ним, планируются для наблюдения следующие методы:

- Визуальный осмотр горных выработок;
- Определение смещений породных слоев кровли производится с помощью глубинных реперов (РГ-2, РГ-3 (Рис.5,6)), устанавливаемых на сопряжениях горных выработок, а также линейных их частях с интервалом 80-100м [15]. В выработках, закрепленных анкерами первого уровня, устанавливают глубинные реперы с двумя реперами в шпуре, а в выработках с

двухуровневым креплением – с тремя реперами (в шпуре, причем базовый (верхний) репер должен находиться на глубине, превышающей глубину анкерования не менее одного метра);

– Обследование вышележащих пород кровли путем бурения скважин с последующим осмотром при помощи видеоэндоскопа (место определяется в ходе горных ведения работ);

– Применение прогноза удароопасности по выходу буровой мелочи с каждого погонного метра шпура диаметром 43мм; бурение шпуров осуществляется по наиболее прочной пачке угля (в соответствии с комплексом мер по прогнозу и

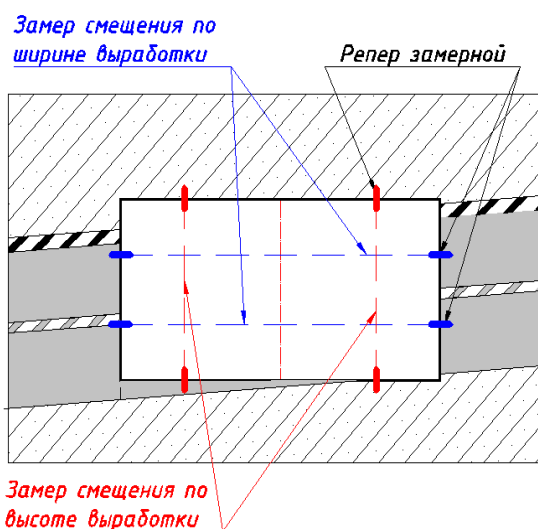


Рис. 7. Замер смещения сечения контура горной выработки

Fig. 7. Measuring the displacement of the cross-section of the mine working contour

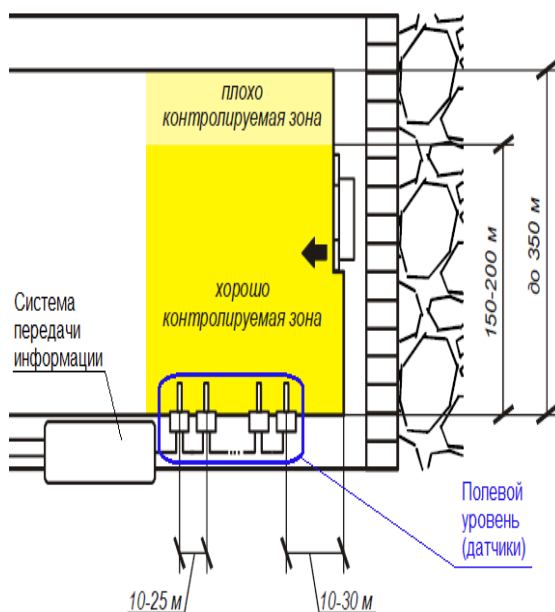


Рис. 8. Замер сейсмоакустической активности горного массива

Fig. 8. Measuring seismoacoustic activity of a mountain range

предотвращению динамических явлений);

– Инструментальный метод измерения деформаций и смещений с помощью реперных станций по контуру сечения выработки (Рис. 7) [16];

– Локальный и региональный контроль и прогноз состояния горного массива при ведении подготовительных и очистных работ за счет считывания сейсмических и акустических сигналов (Рис. 8), источником которых является сейсмоакустическая активность горного массива естественного или искусственного происхождения [17].

Данные методы способствуют многогранному наблюдению за течением процессов в горном массиве при ведении подготовительных и очистных работ при одновременной надрботке и подработке массива горных пород.

Выводы

Малоизученность результатов наблюдений при отработке запасов в осложненных условиях одновременной надрботки и подработке формируют необходимость уточнения параметров зон повышенного горного давления и производства наиболее детального контроля за параметрами нарушения естественного напряженного состояния массива с возникновением областей повышенных и пониженных напряжений и протеканием в них деформаций пород с различной скоростью и интенсивностью, превращением отдельных участков массива из сплошной связной в несвязную сыпучую или дискретную блочную среду и сдвижением или обрушением пород в подземные выработки, которые могут способствовать их заполнению и образованию на земной поверхности мульд, оползней и провалов. Планируемые методы исследования будут способствовать сбору аналитической информации при проявлениях характера динамических явлений для последующей обработки и оперативному перепланированию технологических решений в ухудшающихся горно-геологических условиях ведения работ, либо, напротив, прогнозировать и применять мероприятия по снижению показателей формирующейся опасной зоны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Букринский В. А. Геометрия недр: учебник для вузов-2-е изд., перераб. и доп. М. : Недра, 1985. 526 с.
2. Кузнецов Г. Н., Ардашев К. А., Филатов Н. А. [и др.] Методы и средства решения задач горной геомеханики. М. : Недра, 1987. 248 с.
3. Петухов И. М., Линьков А. М., Сидоров В. С., Фельдман И. А. Теория защитных пластов. М. : Недра, 1976. 224 с.
4. Ставрогин А. Н., Протосеня А. Г. Прочность

горных работ и устойчивость горных выработок на больших глубинах. М. : Недра, 1985. 271 с.

5. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых», утвержденные приказом Ростехнадзора от 08.12.2020 г. № 505 (Зарегистрирована в Минюсте России 21.12.2020 г. № 61651).

6. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по аэрологической безопасности угольных шахт», утвержденные приказом Ростехнадзора от 08.12.2020 г. № 506 (Зарегистрирована в Минюсте России 29.12.2020 г. № 61918).

7. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах», утвержденные приказом Ростехнадзора от 08.12.2020 г. № 507 (Зарегистрирована в Минюсте России 18.12.2020 г. № 61587).

8. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по прогнозу динамических явлений и мониторингу массива горных пород при отработке угольных месторождений», утвержденные приказом Ростехнадзора от 10.12.2020 г. № 515 (Зарегистрирована в Минюсте России 30.12.2020 г. № 61949).

9. Масаев Ю. А., Масаев В. Ю. Влияние геомеханических характеристик породного массива на безаварийную разработку угольных

месторождений // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2022. № 4. С. 6–13.

10. Норель Б. К. Изменение механической прочности угольного пласта в массиве. М. : Наука, 1982. 128 с.

11. Зубков А. В. Геомеханика и геотехнология. Екатеринбург : УрО РАН, 2001. 335 с.

12. Николаевский В. Н. Геомеханика и флюидодинамика. М. : Недра, 1996. 446 с.

13. Шкуратник В. Л., Николенко П. В. Методы определения напряженно-деформированного состояния массива горных пород. М. : МГГУ, 2012. 112 с.

14. Ломов М. А., Константинов А. В., Терешкин А. А. Перспективные методы оценки и контроля геомеханического состояния массивов пород // Проблемы недропользования. 2019. № 4. С. 83–90.

15. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах», утвержденные приказом Ростехнадзора от 19.11.2020 г. № 448 (Зарегистрирована в Минюсте России 30.12.2020 г. № 61961).

16. Егоров П. В., Штумпф Г. Г., Ренев А. А. [и др.] Геомеханика. Учебное пособие. Кемерово : КузГТУ, 2015. 310с.

17. Хмелевской В. К., Попов М. Г., Калинин А. В. [и др.] Геофизические методы исследования. М. : «Недра», 1988. 229с.

© 2025 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Кравченко Иван Александрович, аспирант, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), e-mail: ivan-4846@yandex.ru

Ренев Алексей Агафангелович, докт. техн. наук, профессор, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), e-mail: raa@kuzstu.ru

Заявленный вклад авторов:

Кравченко Иван Александрович – концептуализация исследования, обзор соответствующей литературы, написание текста, выводы.

Ренев Алексей Агафангелович – генерация идеи исследования и постановка задач, выводы.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

FORMATION OF ZONES OF HIGH ROCK PRESSURE IN THE PREPARATION OF OVERWORKED AND UNDERWORKED RESERVES FOR SUBSEQUENT MINING

Ivan I. Kravchenko,
Alexey A. Renev

T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

GEOMECHANICS, DESTRUCTION OF ROCKS BY EXPLOSION,
MINE AEROGASDYNAMICS AND MINING THERMOPHYSICS

* for correspondence: ivan-4846@yandex.ru



Article info

Received:

13 December 2024

Accepted for publication:

22 September 2025

Accepted:

30 September 2025

Published:

23 October 2025

Keywords: overworking, underworking, increased rock pressure, rock mass, coal seam.

Abstract.

Currently, underground coal mining enterprises are faced with the issue of rational development of mine field reserves, in which the most attractive part of the reserves from a technological and economic point of view has been developed. Residual reserves require a more thorough development of the technological solution with an assessment of the economic efficiency of the planned work. One of the possible options for development, when considering a site of work with complicating factors that have formed during the overmining and undermining of the coal seam, which is planned for subsequent development of mine field reserves in the conditions of a coal mine. For clarity, a visualization of the impact of the formed hazardous zones is formed taking into account the mining and geological forecast, including zones of increased rock pressure on the extraction unit planned for the development of reserves. For timely control of safe underground mining operations and, if necessary, change of technological solutions, in terms of development of planned seam reserves, the first extraction unit to be developed is considered as an object for observation with subsequent formation of conclusions to justify the change of parameters of technological solutions for rational development of subsequent extraction units of the coal seam. The results of subsequent studies will facilitate prompt response to unpredictable complicating factors, which will allow adjusting measures for safe work in hazardous areas, improving the quality of the extracted mineral and ensuring complete extraction of reserves..

For citation: Kravchenko I.A., Renev A.A. Formation of zones of high rock pressure in the preparation of overworked and underworked reserves for subsequent mining. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2025; 5(171):109-116. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2025-5-109-116, EDN: IYXCQG

REFERENCES

1. Bukrinsky V.A. Geometry of the Subsoil: textbook for universities 2nd ed., revised and enlarged. M.: Nedra; 1985. 526 p.
2. Kuznetsov G.N., Ardashev K.A., Filatov N.A. [et al.] Methods and means for solving problems of mining geomechanics. M.: Nedra; 1987. 248 p.
3. Petukhov I.M., Linkov A.M., Sidorov V.S., Feldman I.A. Theory of protective layers. M.: Nedra; 1976. 224 p.
4. Stavrogin A.N., Protosenya A.G. Strength of mining operations and stability of mine workings at great depths. M.: Nedra, 1985. 271 p.
5. Federal norms and rules in the field of industrial safety "Safety rules for mining operations and processing of solid minerals", approved by order of Rostekhnadzor dated 08.12.2020 №505 (Registered with the Ministry of Justice of Russia on 21.12.2020 № 61651).
6. Federal norms and rules in the field of industrial safety "Instructions for aerological safety of coal mines", approved by order of Rostekhnadzor dated 08.12.2020 №506 (Registered with the Ministry of Justice of Russia on 29.12.2020 №61918).
7. Federal norms and rules in the field of industrial safety "Safety rules in coal mines", approved by order of Rostekhnadzor dated 08.12.2020 №507 (Registered with the Ministry of Justice of Russia on 18.12.2020 № 61587).
8. Federal norms and rules in the field of industrial safety "Instructions for predicting dynamic phenomena and monitoring rock mass during the development of coal deposits", approved by order of Rostekhnadzor dated 10.12.2020 №515 (Registered with the Ministry of Justice of Russia on 30.12.2020 №61949).
9. Masaev Yu.A., Masaev V.Yu. The influence of geomechanical characteristics of a rock mass on the safe development of coal deposits. *Bulletin of the scientific center for safety works in the coal industry*. 2022; 4:6–13.
10. Norel B.K. Change in mechanical strength of coal seam in massif. M.: Nauka; 1982. 128 p.
11. Zubkov A.V. Geomechanics and geotechnology. Ekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; 2001. 335 p.
12. Nikolaevsky V.N. Geomechanics and fluid dynamics. M.: Nedra; 1996. 446 p.
13. Shkuratnik V.L., Nikolenko P.V. Methods for Determining the Stress-Strain State of a Rock Massif. M.: MGGU; 2012. 112 p.
14. Lomov M.A., Konstantinov A.V., Tereshkin A.A. Promising methods for assessing and monitoring the geomechanical state of rock massifs. *Problems of Subsoil Use*. 2019; 4:83–90.
15. Federal norms and rules in the field of industrial safety "Instructions for the calculation and use of anchor support in coal mines", approved by order of

Rostekhnadzor dated 19.11.2020 №448 (Registered with the Ministry of Justice of Russia on 30.12.2020 №61961).

16. Egorov P.V., Stumpf G.G., Renev A.A. [et al.] Geomechanics. Study guide. Kemerovo: KuzSTU; 2015. 310 p.

17. Khmelevskoy V.K., Popov M.G., Kalinin A.V. [et al.] Geophysical research methods. M.: Nedra; 1988. 229 p.

© 2025 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

About the authors:

Ivan A. Kravchenko, Postgraduate, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (28 street Vesenniyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation), e-mail: ivan-4846@yandex.ru

Alexey A. Renev, Dr. Sc. in Engineering, Professor, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (28 street Vesenniyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation), e-mail: raa@kuzstu.ru

Contribution of the authors:

Ivan A. Kravchenko – conceptualization of the study, review of relevant literature, writing of the text, conclusions.

Alexey A. Renev – generating research ideas and setting objectives, conclusions.

All authors have read and approved the final manuscript.

