

ISSN 1999-4125 (Print)

Научная статья

УДК 622.27

DOI: 10.26730/1999-4125-2023-2-86-91

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ С ЗАКЛАДКОЙ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА НА УГОЛЬНОЙ ШАХТЕ ДАЙЧЖУАН (КИТАЙ)

Копытов Александр Иванович, Стародубцев Сергей Александрович

Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева

*для корреспонденции: L01BDV@yandex.ru



Информация о статье

Поступила:

22 декабря 2022 г.

Одобрена после

рецензирования:

10 мая 2023 г.

Принята к публикации:

25 мая 2023 г.

Опубликована:

15 июня 2023 г.

Ключевые слова:

Китай, шахта, добыча угля, предохранительный целик, оседание поверхности, закладка, твердые отходы, экологический ущерб.

Аннотация.

Ранее в китайской практике для добычи угля с контролем оседания грунта и дневной поверхности применялись технологии добычи с предохранительными целиками. Эти технологии, безусловно, эффективны при защите наземных зданий и сооружений, однако они приводят к большим потерям оставленного в целиках угля. С помощью этих технологий при условии, что на земле не происходит проседания, можно добывать от 40 до 60% запасов. При разработке нескольких или мощных угольных пластов угольные столбы будут деформироваться, а прочность будет снижаться при наличии внешних причин, таких как разломы, эффект ползучести и изменение тектонических напряжений. В статье приведен опыт применения систем разработки с закладкой выработанного пространства при добыче угля на шахте Дайчжуан, который способствует устойчивому, эффективному развитию угольной отрасли и решению экологических проблем в условиях высокой урбанизации Китая. Данный опыт целесообразно рассмотреть для использования при подземном и открыто-подземном способах добычи в угольной отрасли Кузбасса в сложных горно-геологических условиях. Применение технологии с закладкой выработанного пространства позволит не только повысить полноту выемки и безопасность добычи угля, но и эффективно контролировать состояние массива горных пород и поверхности, уменьшить загрязнение ландшафта отходами, а также продлить срок службы угольных шахт.

Для цитирования: Копытов А.И., Стародубцев С.А. Опыт Применения Систем разработки с закладкой выработанного пространства на Угольной шахте Дайчжуан (Китай) // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2023. № 2 (156). С. 86-91. DOI: 10.26730/1999-4125-2023-2-86-91, EDN: JLQOEL

Крупномасштабная добыча и использование угля в Китае обеспечивают необходимые энергетические мощности для промышленного производства и дальнейшего экономического развития. При этом существенно увеличиваются загрязнение окружающей среды и экологический ущерб. В настоящее время более 95% угольных ресурсов в Китае добывается подземным способом [1]. Деятельность по добыче угля разрушает ландшафт, приводя к оседанию поверхности и снижению коэффициента использования земельных ресурсов, в то время как твердые отходы, такие как пустые породы, занимают большие площади [2]. Кроме того, деятельность по добыче угля наносит вред водным ресурсам. Ядовитые и вредные газы, включая SO₂, CO₂ и CO, образующиеся в результате самовоспламенения пустой породы,

загрязняют воздух [3]. Для решения этих экологических проблем, вызванных горнодобывающим производством, многочисленные научные учреждения и ученые занимаются исследованиями и разработкой новых технологий добычи угля.

Из-за различных производственных требований в Китае практикуются 2 типа технологий закладки выработанного пространства, а именно закладка пустой породой и добыча с твердеющей закладкой.

Закладка пустой породой означает, что имеющаяся после отработки пустая порода транспортируется в отработанное пространство и прессуется с помощью трамбовочного оборудования.

Недостатками такого метода является сложность, трудоемкость и недостаточная эффективность контроля. Таким образом, этот тип закладки выработанного пространства может использоваться только тогда, когда нет жестких требований по оседанию вышележащих слоев.

Добыча с твердеющей закладкой – это метод добычи угля, при котором твердые отходы добычи, такие как пустые породы, измельчаются и перерабатываются, а затем смешиваются с золой, цементирующими материалами и водой в определенной пропорции. После этого смесь перемешивают, превращая в пастообразную суспензию. Затем суспензию пасты транспортируют в отработанное пространство для закладки по трубопроводам под давлением насоса и под действием силы тяжести, своевременно и эффективно заполняя его объем (Рис. 1) [4, 5].

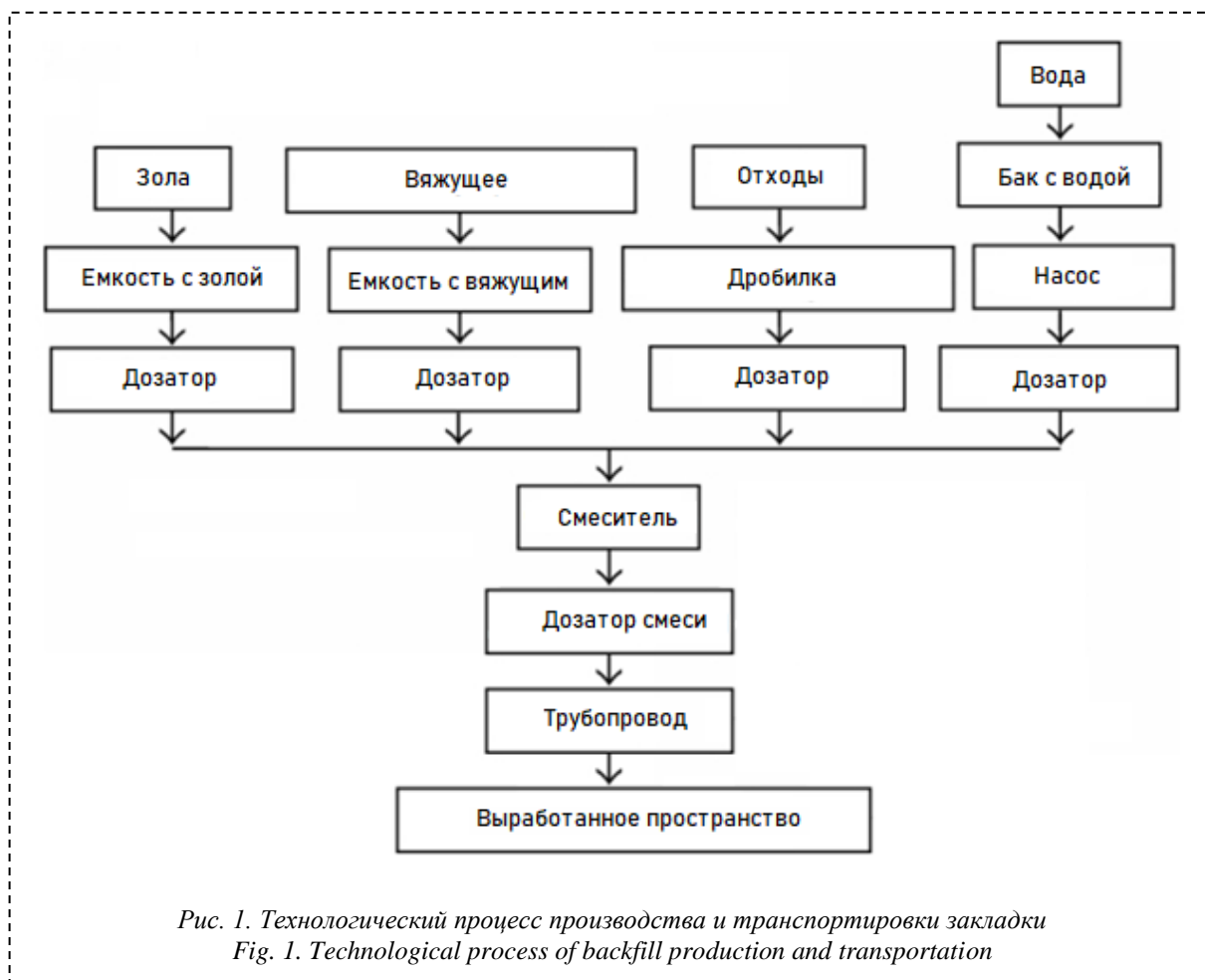


Рис. 1. Технологический процесс производства и транспортировки закладки
Fig. 1. Technological process of backfill production and transportation

Эта технология позволяет уменьшить оседание поверхности после добычи угля, снижая тем самым влияние горных работ на окружающую среду [6]. Поскольку для закладки используются твердые отходы, это решает проблему размещения их на поверхности и уменьшает ущерб ландшафту. Технология позволяет увеличить полноту извлечения ресурсов. Уменьшается ущерб, наносимый наземным сооружениям в результате горных работ, делая добычу полезных ископаемых более социально приемлемой для местных жителей [7, 8].

Так для более полного извлечения угольных ресурсов и эффективного управления проседанием дневной поверхности угольной шахтой Дайчжуан в сотрудничестве с Китайским горно-технологическим университетом было проведено исследование, в результате которого была принята система разработки с полной закладкой выработанного пространства твердеющей закладкой.

Угольная шахта Дайчжуан располагается севернее города Цзинин провинции Шаньдун (Рис. 2). На первоначальном этапе угледобыча здесь представляла проблему из-за имеющихся на поверхности зданий и сооружений. Была принята система разработки открытым способом с оставлением целиков под имеющиеся здания и сооружения, что привело к серьезным потерям ценных угольных ресурсов и низкой степени их извлечения. Это препятствует устойчивому развитию как отдельных предприятий, так и горной промышленности в целом, а также не может

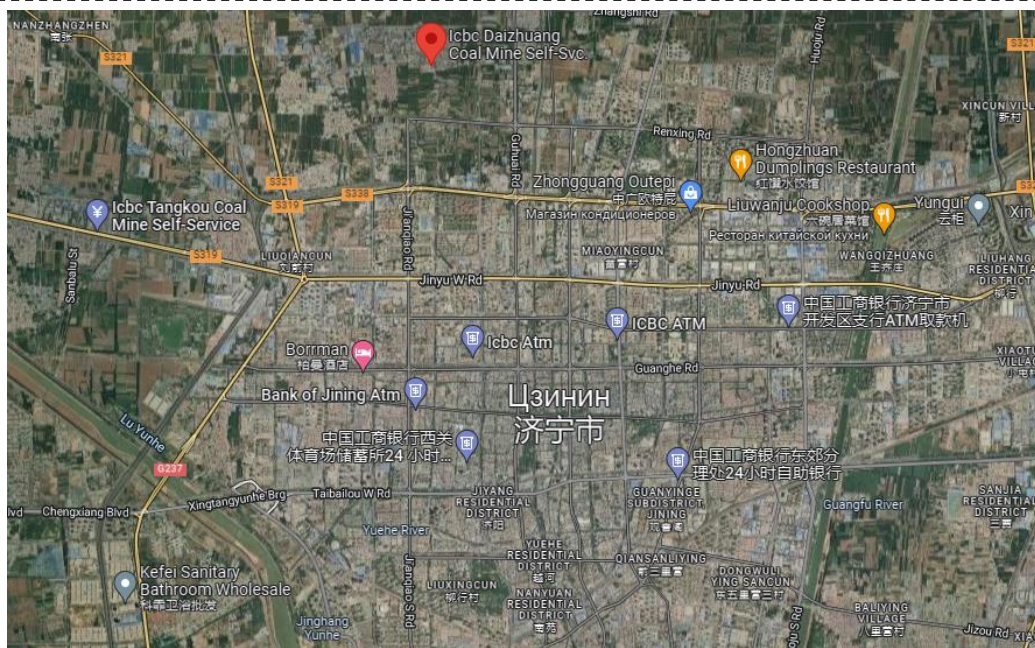


Рис. 2. Расположение угольной шахты Дайчжуан в Цзинине
Fig. 2. Location of Daizhuang Coal Mine in Jinning

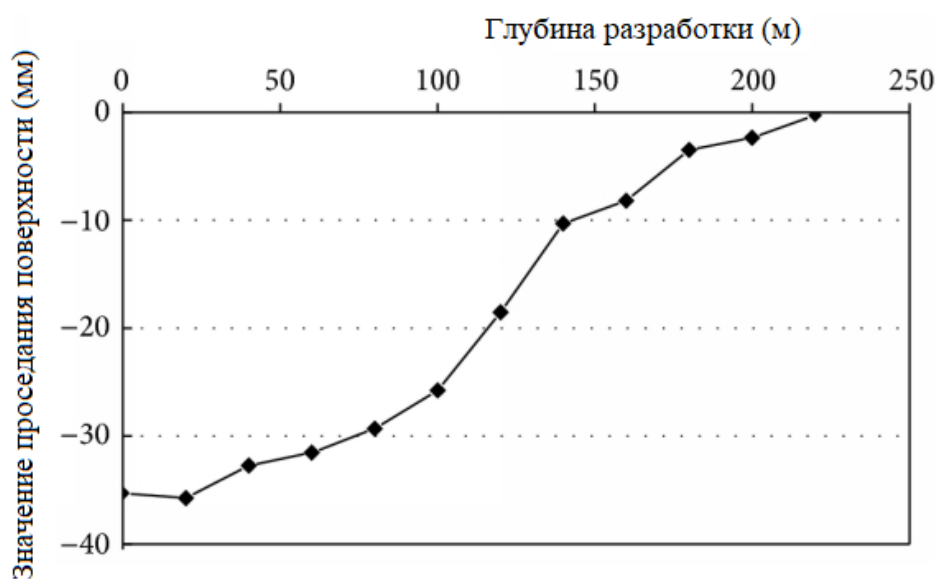


Рис. 3. Кривая, иллюстрирующая проседание поверхности, вызванное разработкой с закладкой выработанного пространства
Fig. 3. The curve illustrating surface subsidence induced by paste backfill mining

удовлетворять требованиям защиты от проседания дневной поверхности в условиях постоянной урбанизации деревень и роста китайских городов.

В результате применения новой системы разработки коэффициент извлечения ресурсов угля увеличился с первоначальных 45%, полученных при открытой добыче, до 95%. Максимальная величина проседания составила 35 мм (Рис. 3). Общая масса закладки достигла более 0,12 млн т, а коэффициент заполнения выработанного пространства составил более 97%. Запасы угля, извлеченные с использованием данной технологии, составили 0,17 млн т. Прямая экономическая выгода составила 0,86 млрд юаней. Количество использованной для закладки пустой породы составило 108 000 т, а количество использованной для закладки золы составило 48 000 т. Объем потребляемой воды составил 36 км³.

Эта технология была применена также на угольных шахтах Цзяоцзуо, Фэнфэн, Цзыбо и Хэби [9].

Очевидно, что диапазон применения технологии добычи угля с закладкой выработанного пространства может быть расширен за счет ее использования в сочетании с другими.

Поэтому опыт применения систем разработки с закладкой выработанного пространства при добыче угля подземным способом в Китае целесообразно рассмотреть для использования в угольной отрасли высокоурбанизированного Кузбасса.

Благодаря наличию больших объемов разведанных запасов углей с высокими характеристиками, соответствующими требованиям рынка, состоянию инфраструктуры, горнотехническим условиям и значимости в энергетическом балансе мира, Кузбасс будет оставаться ведущим угледобывающим регионом России на длительную перспективу [10, 11, 12].

В соответствии со стратегией социально-экономического развития Кемеровской области-Кузбасса до 2035 г. объемы добычи угля будут расти [13, 14].

В связи с ростом объемов добычи угля открытым способом и использованием технологии «шахта-лава» при подземном способе в регионе при добыче 1 т угля в недрах теряется 3 т, растут экологические проблемы.

С целью снижения экологической нагрузки Правительством Кузбасса совместно с промышленными предприятиями создана и реализуется программа «Чистый уголь – зеленый Кузбасс» [15]. При этом очень важно провести соответствующие исследования и проектные проработки возможности применения технологии с закладкой выработанного пространства, которые позволят не только повысить полноту выемки и безопасность добычи угля, но и продлить срок службы угольных шахт, эффективно контролируя состояние массива горных пород и поверхности, а также уменьшить площадь загрязнения и нарушения ландшафта отходами производства.

Таким образом, для дальнейшего инновационного развития бюджетобразующей угольной отрасли Кузбасса необходимо научное обоснование технологий и объемов добычи угля открытым и подземным способами с учетом техногенных, экологических нагрузок и экономической эффективности на основе зонирования территорий использования Кузнецких углей согласно удаленности от мест добычи и оценки объемов потребления в соответствии с качественными характеристиками, особенно в теплоэнергетике и промышленном секторе регионов, включая экспортные поставки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цянь М. Г., Сюй Д. Л. и Мяо Х. Х. Зеленая технология в угле // Журнал Китайского горно-технологического университета. 2004. Т. 32. № 4. С. 343-348.
2. Чжоу Х. К. Заполнение закладкой из твердых отходов для добычи угля без переселения населенных пунктов // Журнал Китайского университета горного дела и технологий. 2004. Т. 33. № 2. С. 154-158.
3. Лю П. и Чжоу Х. Обсуждение способа добычи чистого угля // Энергосбережение и защита окружающей среды. 2004. Т. 18. № 6. С. 49-51.
4. Добровольский В. В. Гидравлическая закладка выработанного пространства на угольных шахтах. М.: Недра, 1975.
5. Кравченко В. П. Применение твердеющей закладки при разработке рудных месторождений. М., 1974.
6. Коликов К. С., Мазина И. Э., Урузбиева А. Г. Закладка выработанного пространства как способ снижения негативного экологического воздействия при подземной угледобыче // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № 5. С. 252-259.
7. Чжан Х. Х. Новая технология добычи полезных ископаемых под зданиями, железными дорогами и водоемами. Издательство Китайского горно-технологического университета, 2008 (китайский).

8. Шенгерей С. В. Технология формирования устойчивого выработанного пространства для размещения производственных отходов при обработке крутых угольных пластов: дис. ... канд. техн. наук: спец 25.00.22 / С. В. Шенгерей; Сиб. гос. индустриал. ун-т. Новокузнецк, 2007. 45 с.
9. Го А. Г. и Чжан Х. Х. Текущая ситуация и развитие добычи с обратной засыпкой в Китае // Маркшейдерия. 2005. Т. 1. С. 60-61.
10. Копытов А. И., Шаклеин С. В. Направление совершенствования стратегии развития угольной отрасли Кузбасса // Уголь. 2018. № 5. С. 80-86.
11. Копытов А. И. Оптимизация стратегии угольной отрасли – гарантия эффективности, безопасности и стабильности промышленного потенциала экономики Кузбасса // Вестник Кузбасского государственного технического университета. Кемерово. 2018. № 2. С. 5-11.
12. Копытов А. И., Куприянов А. Н. Новая стратегия развития угольной отрасли Кузбасса и решение экологических проблем // Уголь. 2019. № 11. С. 89-93.
13. Новоселов С. В., Оганесян А. С. Проблемы, риски и прогнозы развития угольной промышленности Кемеровской области до 2035 г. // Уголь. 2021. № 2. С. 38-41.
14. Новоселов С. В. Горная доктрина Российской Федерации как один из базовых элементов формирования энергетической безопасности страны // Уголь. 2022. № 8. С. 92-94.
15. Цивилев С. Е. О проблемах и перспективах развития угледобывающей отрасли // Уголь. 2022. № 8. С. 14-15.

© 2023 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:

Копытов Александр Иванович, докт. техн. наук, профессор кафедры ФПиСГ, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, (650000, г. Кемерово, Весенняя, 28), e-mail: L01BDV@yandex.ru

Стародубцев Сергей Александрович, ассистент, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, (650000, г. Кемерово, Весенняя, 28), e-mail: starodubts3vs@yandex.ru

Заявленный вклад авторов:

Копытов Александр Иванович – постановка исследовательской задачи, концептуализация исследования, обзор соответствующей литературы, выводы, наименование текста.

Стародубцев Сергей Александрович – научный менеджмент, обзор, перевод и анализ иностранных источников литературы, написание текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

APPLICATION OF PASTE BACKFILL MINING TECHNOLOGY ON THE EXAMPLE OF DAIZHUANG COAL MINE (CHINA)

Alexander I. Kopytov, Sergei A. Starodubtsev

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

*for correspondence: L01BDV@yandex.ru



Article info

Received:

22 December 2022

Accepted for publication:

10 May 2023

Accepted:

25 May 2023

Abstract.

Previously, in Chinese practice, mining technologies with safety targets were used for coal mining with the control of subsidence of the soil and the daytime surface. These technologies are certainly effective in protecting ground-based buildings and structures. However, they lead to large losses of coal left in the pillar. With the help of these technologies, provided that there is no subsidence on earth, it is possible to extract from 40% to 60% of reserves. During the development of several or thick coal seams, coal pillars will deform, and the strength will decrease in the presence of external causes, such as faults, creep effect and changes in tectonic stresses. The article presents the experience of applying the paste backfill mining technology in coal mining at the Daizhuang mine, that contributes to the stable, efficient development of the coal industry and the solution of environmental problems in the conditions of high

Published:
15 June 2023

Keywords: China, mine, coal mining, safety coal pillars, surface subsidence, backfilling, solid waste, ecological damage

urbanization of China. It is advisable to consider this experience for use in underground and open-underground mining methods in the Kuzbass coal industry in difficult mining and geological conditions. The application of paste backfill mining technology will not only increase the completeness of the excavation and the safety of coal mining, but also will effectively control the condition of the rock strata and the surface, reduce the pollution of the landscape with waste, as well as extend the service life of coal mines.

For citation: Kopytov A.I., Starodubtsev S.A. Application of Paste Backfill Mining Technology on the example of Daizhuang Coal Mine (China). *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2023; 2(156):86-91. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2023-2-86-91, EDN: JLQOEL

REFERENCES

1. Qian M.G., Xu J.L. and Miao X.X.. Green technique in coal. *Journal of China University of Mining & Technology*. 2003; 32(4):343–348.
2. Zhou H.Q. Solid waste paste filling for none-village-relocation coal mining. *Journal of China University of Mining & Technology*. 2004; 33(2):154–158.
3. Liu P. and Zhou X., Discussion on the way of mining technique for clean coal. *Energy Environmental Protection*. 2004; 18(6)49–51.
4. Dobrovolskii V.V. Hydraulic backfilling in coal mines. Moscow: Nedra; 1975.
5. Kravchenko B.P. Solidifying backfilling in ore mining. Moscow; 1974.
6. Kolikov K.S. Stowing as a way to reduce the negative environmental impact during underground coal mining. *Mining informational and analytical bulletin*. 2015; 5:252–259.
7. Zhang H.X., Guo W.J. *New Mining Technology under Buildings, Railways and Water Bodies*. *Journal of China University of Mining & Technology*. 2008
8. Shengerei S.V. Technology for stable mined out area for production waste disposal in steep coal bed mining. Novokuznetsk; 2007.
9. Guo A.G. and Zhang H.X., The current situation and development of filling mining in China. *Mine Surveying*. 2005; 1:60–61.
10. Kopytov A.I., Shaklein S.V. Trends of Kuzbass coal industry improvement strategy. Kemerovo: Nedra; 2018.
11. Kopytov A.I. Optimization of the coal industry development strategy as the guarantee of efficiency, safety and stability of the Kuzbass economy industrial potential. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University journal*. 2018; 2:5–11.
12. Kopytov A.I., Kupriyanov A.N. A new strategy for the development of the coal industry of Kuzbass and solving environmental problems. *Ugol'*. 2019; 11: 89-93.
13. Novoselov S.V., Oganessian A.S. Problems, risks and forecasts for the development of the coal industry in the Kemerovo region for the period 2025–2035. *Ugol'*. 2021; 2: 38-41.
14. Novoselov S.V. The mining doctrine of the Russian Federation as one of the basic elements of the formation of the country's energy security. *Ugol'*. 2022; 8:92-94.
15. Tsvilyov S.Y. About the problems and prospects of development of the coal mining industry. *Ugol'*. 2022; 8:14-15.

© 2023 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:

Alexander I. Kopytov, D.Sc. in Engineering, Professor of PhP&CG Department, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (28 street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation), e-mail: L01BDV@yandex.ru
Sergei A. Starodubtsev, Assistant, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (28 street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation), e-mail: starodubts3vs@yandex.ru

Contribution of the authors:

Alexander I. Kopytov – statement of the research task, conceptualization of the study, review of the relevant literature, conclusions, title of the text.

Sergei A. Starodubtsev – scientific management, review, translation and analysis of foreign literature sources, text writing.

All authors have read and approved the final manuscript.

