

УДК 622.271.451 © И.В. Зеньков<sup>1,2</sup>, А.С. Конде<sup>3</sup>, Ю.П. Юронен<sup>1</sup>,  
Г.А. Карачева<sup>1</sup>, В.Н. Вокин<sup>4</sup>, Е.В. Кирюшина<sup>4</sup>, Е.В. Черепанов<sup>4</sup>,  
А.А. Латынцев<sup>4</sup>, К.В. Раевич<sup>4</sup>, В.Е. Спири<sup>2</sup>, 2025

UDC 622.271.451 © I.V. Zenkov<sup>1,2</sup>, A.S. Conde<sup>3</sup>, Yu.P. Yuronen<sup>1</sup>,  
G.A. Karacheva<sup>1</sup>, V.N. Vokin<sup>4</sup>, E.V. Kiryushina<sup>4</sup>, E.V. Cherepanov<sup>4</sup>,  
A.A. Latyntsev<sup>4</sup>, K.V. Raevich<sup>4</sup>, V.E. Spirin<sup>2</sup>, 2025

<sup>1</sup> Сибирский государственный университет науки и технологий  
им. академика М.Ф. Решетнева, 660037, г. Красноярск, Россия

<sup>1</sup> Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,  
Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

<sup>2</sup> Сибирский научно-исследовательский институт горного  
и маркшейдерского дела, 660025, г. Красноярск, Россия

<sup>2</sup> Siberian Research Institute of Mining and Surveying,  
Krasnoyarsk, 660025, Russian Federation

<sup>3</sup> Компания RUSSKY ALUMINY LIMITED, Представительство  
в Гвинейской Республике, BP 6506, Конакри, Гвинейская Республика

<sup>3</sup> RUSSKY ALUMINY LIMITED, Conakry, Representative Office  
in the Republic of Guinea, BP 6506, Republic of Guinea

<sup>4</sup> Сибирский федеральный университет, 660041, г. Красноярск, Россия

<sup>4</sup> Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

✉ e-mail: zenkoviv@mail.ru

✉ e-mail: zenkoviv@mail.ru

# Исследование режима открытых горных работ на мульдообразных месторождениях угля с последовательным вовлечением в разработку свит угольных пластов

## Studying of the surface mining mode at the synclinal coal deposits with the sequential mining of coal seam formations

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-5-88-92>

### ЗЕНЬКОВ И.В.

Доктор техн. наук, профессор  
Сибирского государственного университета  
науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева,  
660037, г. Красноярск, Россия,  
заместитель директора  
по научной работе Сибирского  
научно-исследовательского института  
горного и маркшейдерского дела,  
660025, г. Красноярск, Россия,  
e-mail: zenkoviv@mail.ru

### КОНДЕ А.С.

Горный инженер компании RUSSKY ALUMINY LIMITED,  
Представительство в Гвинейской Республике,  
BP 6506, г. Конакри, Гвинейская Республика

### ЮРОНЕН Ю.П.

Канд. техн. наук, доцент  
Сибирского государственного университета  
науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева,  
660037, г. Красноярск, Россия

В Республике Хакасия открытым способом разрабатываются мульдообразные угольные месторождения, в строении которых находятся две и более группы (свиты) угольных пластов, имеющие промышленное значение. В ближайшей перспективе открытые горные работы на угленасыщенных участках месторождений будут производиться путем последовательного вовлечения в разработку двух и более свит угольных пластов. Исследование режима горных работ в таких горно-геологических условиях определило изменение текущего коэффициента вскрыши по правилу линейных функций, что необходимо учитывать при проектировании карьеров на таких месторождениях.

**Ключевые слова:** мульдообразные месторождения угля, горно-геологические показатели, открытые горные работы, режим горных работ, коэффициент вскрыши, свита угольных пластов, межсвитовая толща, регулирование режима горных работ.

**Для цитирования:** Исследование режима открытых горных работ на мульдообразных месторождениях угля с последовательным вовлечением в разработку свит угольных пластов / И.В. Зеньков, А.С. Конде, Ю.П. Юронен и др. // Уголь. 2025;(5): 88-92. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-5-88-92.

**Abstract**

*Synclinal coal deposits in the Republic of Khakassia that are characterized with two or more groups (formations) of coal seams of commercial significance are mined using surface methods. In the near future, surface mining operations at coal-saturated areas of the deposits will be carried out by sequential mining of two or more coal seams. Studies of the mining mode in such mining and geological conditions have determined the change in the current stripping ratio according to the linear function rule, which should be taken into account when designing open-pit mines at such deposits.*

**Keywords**

*Synclinal coal deposits, mining and geological indicators, surface mining, mining mode, stripping ratio, coal seam formation, interformation strata, regulation of mining mode.*

**For citation**

Zenkov I.V., Conde A.S., Yuronen Yu.P., Karacheva G.A., Vokin V.N., Kiryushina E.V., Cherepanov E.V., Latyntsev A.A., Raevich K.V., Spirin V.E. Studying of the surface mining mode at the synclinal coal deposits with the sequential mining of coal seam formations. *Ugol*. 2025;(5): 88-92. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-5-88-92.

**ВВЕДЕНИЕ**

В последние десятилетия на территории России происходит систематическое смещение центра открытой угледобычи в регионы Сибири и Дальнего Востока. Анализ горно-геологического строения осваиваемых месторождений, в том числе Бейского каменноугольного месторождения, показывает, что многие из этой совокупности характеризуются специфическими горно-геологическими условиями пространственного расположения угольных пластов. К ним относятся: наличие на месторождениях нескольких свит угольных пластов, неравномерно расположенных в угленосной толще. Свиты состоят из 2-5 угольных пластов с углами залегания 5-10°, разделенных породными междупластиями. В свою очередь свиты пластов разделены между собой вскрышной толщей мощностью от 20 до 60 м. Месторождения имеют значительные площадные размеры, различное количество угольных пластов в свитах и, как следствие всех вышеперечисленных факторов, различную угленасыщенность участков месторождения. В горном деле исследованиям производства открытых горных работ с учетом различных технологических аспектов уделяется большое внимание, о чем свидетельствуют результаты исследований, представленных в краткой подборке тематических научных трудов [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

**РЕЖИМ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ  
ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ОТРАБОТКЕ  
СМЕЖНЫХ ПО ВЫСОТЕ СВИТ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ  
НА МУЛЬДООБРАЗНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УГЛЯ**

Для технологических характеристик горно-геологического залегания групп угольных пластов на многопластовых мульдообразных месторождениях целесообразно ввести следующие термины:

– свита угольных пластов – группа сближенных по высоте и совместно разрабатываемых угольных пластов, разделенных породными прослоями, мощности которых соизмеримы с мощностью пластов, обособленная от смежных по высоте групп вскрышными толщами, мощности которых соизмеримы с суммарной мощностью пластов и междупластий в группах;

**КАРАЧЕВА Г.А.**

Старший преподаватель,  
Сибирского государственного университета  
науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева,  
660037, г. Красноярск, Россия

**ВОКИН В.Н.**

Канд. техн. наук, профессор  
Сибирского федерального университета,  
660041, г. Красноярск, Россия

**КИРЮШИНА Е.В.**

Канд. техн. наук, доцент  
Сибирского федерального университета,  
660041, г. Красноярск, Россия

**ЧЕРЕПАНОВ Е.В.**

Канд. техн. наук, доцент  
Сибирского федерального университета,  
660041, г. Красноярск, Россия

**ЛАТЫНЦЕВ А.А.**

Канд. техн. наук, доцент  
Сибирского федерального университета,  
660041, г. Красноярск, Россия

**РАЕВИЧ К.В.**

Канд. техн. наук, доцент  
Сибирского федерального университета,  
660041, г. Красноярск, Россия

**СПИРИН В.Е.**

Горный инженер  
Сибирского научно-исследовательского  
института горного и маркшейдерского дела,  
660025, г. Красноярск, Россия

– мощность свиты пластов – кратчайшее (по нормали) расстояние между кровлей верхнего угольного пласта и почвой нижнего угольного пласта в любой свите в границах угленасыщенного участка месторождения;

– межсвитовая толща – толща вскрышных пород, разделяющая две смежные по высоте свиты угольных пластов;

– мощность межсвитовой толщи – кратчайшее (по нормали) расстояние между двумя смежными по высоте свитами угольных пластов.

Наиболее распространенной при ведении открытых горных работ на мульдообразных пологих месторождениях является схема разработки с последовательным вовлечением в разработку смежных по высоте свит угольных пластов. По этой схеме производится вскрытие нижней свиты пластов, а вышележащие свиты по отношению к вскрываемой вовлекаются в разработку по мере развития рабочей зоны карьера в плане и в глубину. Разработка нескольких смежных по высоте свит неизбежно приводит к увеличению производительности карьера по полезному ископаемому (углю) в период его функционирования. В этой схеме режим горных работ будет существенно зависеть от горно-геологических характеристик свит угольных пластов, подлежащих первоначальному вскрытию, и от аналогичных показателей свит, вовлекаемых в разработку по мере подвигания рабочей зоны карьера. Как известно, основным технологическим показателем режима открытых горных работ является текущий коэффициент вскрыши, определяемый по этапам (годам) разработки месторождения твердых полезных ископаемых. Рассмотрим схему ведения открытых горных работ на угленасыщенном участке месторождения угля, представленном двумя смежными по высоте свитами угольных пластов, при последовательном вовлечении в разработку (рис. 1). Стрелками на рисунке показано направление развития горных работ.

На схеме (см. рис. 1) выделены промежуточные контуры открытых горных работ  $ABCD$ ,  $BEMC$ ,  $ENGM$ , в которых происходят существенные изменения текущего вскрыши ( $K_B$ ) и вместе с тем изменения производительности карьера по полезному ископаемому и по вскрыше. Производительность карьера ( $Q$ ) по добыче угля в контурах фигуры  $ABCD$  определится по формуле:

$$Q = \frac{L_{\Phi} \times \vartheta_{\Phi} \times \sum_{i=1}^n m_{\Pi}}{(ctg\alpha + ctg\beta) \times \sin\beta}, \text{ м}^3/\text{год}, \text{ м}^2$$

где  $L_{\Phi}$  – длина фронта горных работ, м;  $\vartheta_{\Phi}$  – скорость подвигания горных работ, м/год;  $\alpha$  – угол откоса рабочего борта карьера, град;  $\beta$  – угол залегания угольного пласта, по которому производится углубление горных работ, град;  $m_{\Pi}$  – мощность  $i$ -го угольного пласта в свите, м.

В исследованиях режима горных работ на месторождениях угля с последовательным вовлечением свит пла-

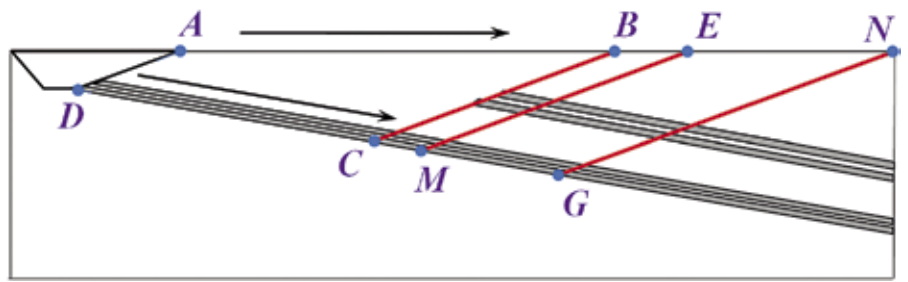


Рис. 1. Схема производства открытых горных работ с последовательным вовлечением свит угольных пластов в разработку и выделением технологических секторов с различающимися коэффициентами вскрыши

Fig. 1. A plan of surface mining operations with sequential mining of coal seam formations and allocation of technological sectors with different overburden ratios

стов в разработку были приняты следующие диапазоны горно-геологических характеристик. Суммарная мощность угольных пластов в нижней свите ( $m_1$ ) принята от 5 до 20 м с шагом 5 м. Изменение межсвитовой толщи ( $M$ ) определено 20, 40 и 60 м. Суммарная мощность угольных пластов в верхней свите ( $m_2$ ) принята от 5 до 20 м с шагом 5 м. Углы залегания угольных пластов в свитах приняты в диапазоне 6-10°. Установлено, что в контурах  $ABCD$  при неизменной интенсивности ведения горных работ производительность карьера по углю не изменяется, однако производительность по вскрыше будет постоянно возрастать в связи с ростом текущего коэффициента вскрыши. В настоящей работе выборочно представлен график изменения текущего коэффициента вскрыши для условий:  $m_1 = 10$  м;  $M = 20, 40$  и  $60$  м;  $m_2 = 5, 10, 15$  и  $20$  м. Во всех случаях изменение текущего коэффициента вскрыши в рассматриваемых контурах будет характеризоваться на графике коротким отрезком прямой между точками  $S$  и  $T$  (рис. 2).

На рис. 2 линии изменения текущего коэффициента вскрыши при мощности  $M$  соответственно 20, 40 и 60 м и  $m_2$ , равной 5 м, обозначены цифрами 1, 2, 3; то же при значении  $m_2$ , равной 10 м, обозначены цифрами 4, 5, 6; линии изменения текущего коэффициента вскрыши при мощности  $M$  соответственно 20, 40 и 60 м и  $m_2$ , равной 15 м, обозначены цифрами 7, 8, 9; то же при значении  $m_2$ , равной 20 м, обозначены цифрами 10, 11, 12. Значения  $K_B$  на концах отрезка  $ST$  в зависимости от мощности межсвитовой толщи ограничивают диапазон изменения текущего  $K_B$  в контурах  $ABCD$ . Интервал изменения текущего  $K_B$  на отрезке прямой между точками  $S$  и  $T$  при значении  $m_1$ , равном 10 м, изменении  $m_2$  в диапазоне от 5 до 20 м с шагом 5 м, и мощности межсвитовой толщи 20, 40 и 60 м составит соответственно 3,8-5,2; 3,8-7,2; 3,8-9 м<sup>3</sup>/т.

Увеличение производительности карьера по добыче угля произойдет после перемещения борта карьера в контуры фигуры  $BEMC$ , т.е. с момента вовлечения в разработку вышележащей свиты угольных пластов (см. рис. 2). С этого момента произойдет резкое уменьшение значения текущего коэффициента вскрыши, показанное на графике отрезком прямой между точками  $T$  и  $U$ . Интервал изменения текущего  $K_B$  на отрезке  $TU$  при суммарной мощности пластов в нижней свите 10 м, изменении  $m_2$  в диапазоне от 5 до 20 м с шагом 5 м и мощности межсвитовой тол-

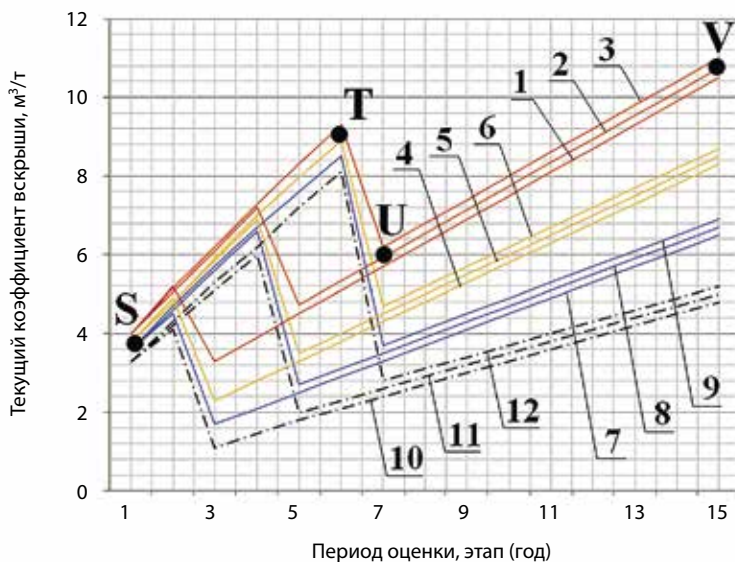


Рис. 2. Изменения вскрыши при ведении открытых горных работ на месторождении угля с последовательным вовлечением свит пластов в разработку

Fig. 2. Current changes of the overburden in the course of surface mining operations at the coal deposit with sequential mining of coal seam formations

щи 20, 40 и 60 м составит соответственно 5,2-1,0; 7,2-2,0; 9-2,8 м<sup>3</sup>/т. После резкого уменьшения значения текущего  $K_b$  и выхода горных работ за контуры ВЕМС при дальнейшем их развитии в плане и в глубину в контурах ENGM будет происходить дальнейшее увеличение его значения. Это изменение характеризуется отрезком прямой между точками U и V (см. рис. 2). Интервал изменения текущего  $K_b$  на этом отрезке прямой при значениях  $m_1$ , равном 10 м, изменении  $m_2$  в диапазоне от 5 до 20 м с шагом изменения 5 м и мощности межсвитовой толщи 20, 40 и 60 м составит соответственно 1,0-4,8; 1,7-7,1; 2,4-8,3; 3,2-11 м<sup>3</sup>/т.

Анализ графиков изменения текущего  $K_b$  показывает, что угол наклона прямой на отрезке ST круче на 15-40°, чем угол наклона прямой на отрезке UV. Уменьшение соотношения  $m_1/m_2$  на 0,25-0,5 приводит к уменьшению угла наклона прямой UV на 3-5°. В ходе математического моделирования режима горных работ и порядка отработки свит пластов на мульдообразных месторождениях угля построены двенадцать графиков. Аналитическая интерпретация информации, представленной на графиках со 144 зависимостями от изменений текущего коэффициента вскрыши между тремя горно-геологическими характеристиками, показала, что его значение в большей степени зависит от соотношения суммарных мощностей угольных пластов в смежных по высоте свитах и в меньшей степени — от угла их расположения в угленосной толще.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования режима горных работ для условий производства открытых горных работ на мульдообразных месторождениях с двумя и более свитами угольных пластов изменение текущего коэффициента вскрыши при отработке двух и более свит пластов с последовательным вовлечени-

ем их в разработку происходит по правилу сложения линейных функций, что необходимо учитывать в проектировании открытых горных работ на мульдообразных месторождениях угля, перспективных для открытой разработки. В этих горно-геологических условиях необходимо регулирование возникающих скачкообразных изменений текущего коэффициента вскрыши технологическим регулированием угла откоса рабочего борта карьера.

## Список литературы • References

1. Геомеханические проблемы отработки нижних горизонтов месторождения Южное (Приморский край) / М.А. Ломов, А.В. Сидляр, А.В. Константинов и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2023. № 12-2. С. 87-99. DOI: 10.25018/0236-1493-2023-122-0-87.
2. Lomov M.A., Sidlyar A.V., Konstantinov A.V., Grunin A.P. Geomechanical challenges of mining the lower levels of the Yuzhnoye deposit (Primorsky Krai). *Gornyy informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2023;(12-2):87-99. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2023-122-0-87.
3. Protosenya A.G., Belyakov N.A., Bouslova M.A. Modelling of the stress-strain state of block rock mass of ore deposits during development by caving mining systems. *Journal of Mining Institute*. 2023;(262):619-627.
4. Бельгелиль Ф., Фредж М., Саадун А., Букарм Р. Анализ обрушения бортов на железорудном карьере Уэнса в Северо-Восточном Алжире методом конечных элементов: причины и выводы для контроля устойчивости // Записки Горного института. 2024. Т. 268. С. 576-587.
5. Belgueliel F., Fredj M., Saadoun A., Boukarm R. Finite element analysis of slope failure in Ouenza open-pit iron mine, NE Algeria: causes and lessons for stability control. *Zapiski Gornogo instituta*. 2024;(268): 576-587. (In Russ.).
6. Мустафин М.Г., Валькова Е.О. Маркшейдерско-геомеханическое обоснование методики наблюдений за деформациями бортов карьеров // Уголь. 2024;(7):55-61. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-7-55-61.
7. Mustafin M.G., Valkova E.O. Surveying and geomechanical justification for the methods of quarry sides deformations observation. *Ugol'*. 2024;(7): 55-61. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-7-55-61.
8. Опыт стабилизации оползневых процессов на Уртуйском разрезе / О.А. Исыянов, Д.И. Ильдеров, В.И. Супрун и др. // Горный журнал. 2021. № 1. С. 102-106.
9. Isyanov O.A., Ilderov D.I., Suprun V.I., Radchenko S.A. Experience of landslide processes stabilization at the Urtuyskiy strip mine. *Gornyy zhurnal*. 2021;(1):102-106. (In Russ.).
10. Liren Ban, Zhigang Tao, Weisheng Du, Yuhang Hou. A consecutive joint shear strength model considering the 3D roughness of real contact joint surface. *International Journal of Mining Science and Technology*. 2023;33(5):617-624.
11. Silveira L.R.C., Lana M.S., Alameda-Hernández P., dos Santos T.B. A New Methodology for Rockfall Hazard Assessment in Rocky Slopes. *Mining*. 2022;(2):791-808. DOI: 10.3390/mining2040044.
12. Kavvadas M., Roumpos C., Servou A., Paraskevis N. Geotechnical Issues in Decommissioning Surface Lignite Mines – The Case of Amyntaion Mine in Greece. *Mining*. 2022;(2):278-296. DOI: 10.3390/mining2020015.

9. Jianhua Yan, Xiansen Xing, Zhihai Li et al. Development of a DFN-based probabilistic block theory approach for bench face angle design in open pit mining. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*. 2024;16(8):3047-3062. DOI: 10.1016/j.jrmge.2024.02.028.

#### Authors Information

**Zenkov I.V.** – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation, Deputy Director for Scientific Work, Siberian Research Institute of Mining and Surveying, Krasnoyarsk, 660025, Russian Federation, e-mail: zenkoviv@mail.ru

**Conde A.S.** – Mining Engineer, RUSSKY ALUMINY LIMITED, Representative Office in the Republic of Guinea, Conakry, BP 6506, Republic of Guinea

**Yuronen Yu.P.** – PhD (Engineering), Associate Professor, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

**Karacheva G.A.** – Senior Lecturer, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

**Vokin V.N.** – PhD (Engineering), Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

**Kiryushina E.V.** – PhD (Engineering), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

**Cherepanov E.V.** – PhD (Engineering), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

**Latyntsev A.A.** – PhD (Engineering), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

**Raevich K.V.** – PhD (Engineering), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

**Spirin V.E.** – Mining Engineer, Siberian Research Institute of Mining and Surveying, Krasnoyarsk, 660025, Russian Federation

#### Информация о статье

Поступила в редакцию: 17.03.2025

Поступила после рецензирования: 16.04.2025

Принята к публикации: 26.04.2025

#### Paper info

Received March 17, 2025

Reviewed April 16, 2025

Accepted April 26, 2025

## Кузбассразрезуголь подарил библиотекам Кузбасса новое детское издание об угле и его добыче

Презентация новой детской книги о добыче угля «Тайна черных камней» (6+) состоялась в Библиотеке городских историй в Кемерово. Издание выпущено для младших школьников под редакцией угольной компании «Кузбассразрезуголь» в партнерстве с издательством «Бомбора» (входит в крупнейшую российскую издательскую группу «ЭКСМО»).

В честь Международного дня детской книги угольщики подарили детским библиотекам Кузбасса и Государственной научной библиотеке Кузбасса имени В.Д. Федорова 350 экземпляров новой книги. Совсем скоро познавательная литература о главном полезном ископаемом Кузбасса появится на библиотечных полках и будет доступна для юных читателей.



«Кузбасс – главный угольный регион страны. Знакомая с историей родного края, каждый ребенок задается вопросами о том, что такое уголь, как он попал под землю, для чего его добывают и где используют. Книга «Тайна черных камней» поможет взрослым в понятной и доступной форме ответить на все детские вопросы об угольной промышленности и заинтересовать работой этой важной для страны отрасли. А занимательный сюжет и персонажи сделают это виртуальное путешествие в мир угля захватывающим и увлекательным», – отметила на презентации книги

**директор по связям с общественностью и коммуникациям УК «Кузбассразрезуголь» Мария Пименова.**

«В серии познавательных детских книг Костик, Фрося и КА-10 исследуют большие и сложные системы – добычу природного угля, производство электричества и многое другое. Они попадают в опасные ситуации, проходят испытания и узнают много нового об устройстве мира. Мы благодарны компании «Кузбассразрезуголь», которая помогла нам сделать первую книгу серии такой достоверной!» – отметила **руководитель отдела литературы по бизнесу и саморазвитию издательства «Бомбора» Любовь Романова.**

**Для справки.** Книга «Тайны черных камней» – это уже второй издательский проект УК «Кузбассразрезуголь» для детей. В 2023 году при участии угольной компании в Кузбассе был издан сборник экологических сказок «Береги свой дом», часть тиража угольщики также безвозмездно передали детским библиотекам региона.

АО «УК «Кузбассразрезуголь»