

К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВТОРИЧНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВЫРАБОТОК ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ НОРИЛЬСКОГО РУДНИКА

И.А. Лучко¹, М.С. Аржаткина¹, А.А. Стельмахов¹

¹ Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва

Аннотация: Рассмотрены вопросы обеспечения безопасности при вторичном использовании выработок глубоких горизонтов рудников Норильска для выращивания свежих овощей и зелени в специальных модулях. В Северных и Восточных регионах страны сельскохозяйственное производство в открытом грунте ограничено кратковременностью теплого вегетационного периода или вообще невозможно в связи с климатическими условиями, а тепличное производство убыточно из-за энергетических и прочих расходов. На достигнутых глубинах разработки месторождений Талнахского рудного узла температура подземной атмосферы может достигать 40 и более градусов, что создает благоприятные условия для использования современных разработок в области биотехнологий. В то же время эти месторождения относятся к удароопасным, и при их разработке возможны динамические явления с деформациями и разрушением горных выработок. Требуется проработка вопросов геодинамической безопасности для выбора и обоснования мест размещения биотехнологических комплексов. Предлагается выбирать места для расположения модулей выращивания овощных культур АВК-15 в условиях больших глубин Норильска с учетом результатов геодинамического районирования. Это позволит обеспечить безопасность их эксплуатации и обеспечит рынок инновационными экологическими адаптивными технологиями круглогодичного выращивания свежих овощей и зелени при невысоких затратах материальных и энергетических ресурсов на получение единицы продукции.

Ключевые слова: подземное пространство, большие глубины, горные выработки, вторичное использование, геодинамическая безопасность, автономный вегетационный комплекс, биотехнологии.

Для цитирования: Лучко И.А., Аржаткина М.С., Стельмахов А.А. К вопросу обеспечения безопасности при вторичном использовании выработок глубоких горизонтов норильского рудника // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 6-1. – С. 119–127. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-61-0-119-127.

Safety of repeated use of deep-level openings in Norilsk mines

I.A. Luchko¹, M.S. Arzhatkina¹, A.A. Stelmakhov¹

¹ National university of science and technology «MISIS», Moscow, Russia

Abstract: The article discusses safe repeated use of deep-level openings in Norilsk mine for vegetable production and herb cultivation in special facilities. Farming on the field in the north

and east of Russia either is restricted by a short warm period suitable for vegetation, or is impossible due to climate, while the glasshouse industry bears losses because of the power cost and other expenses. At the actual depth of mining in the Talnakh ore cluster, the mine air temperature may reach 40 Celsius degrees and higher, which offers comfortable condition for the implementation of R&D projects in biotechnologies. On the other hand, the ore bodies in the cluster are rockburst-hazardous, which means high probability of dynamic events with deformation and destruction of underground excavations. It is necessary to undertake the elaborated studies into geodynamic safety to select and validate installation sites for biotechnology objects. It is suggested to select deep-level installation sites for the production of vegetable crops AVK-15 with regard to the geodynamic zoning of the Norilsk ore cluster. Deep-level vegetation production will become safe as a result, and new eco-friendly and adaptable technologies will be developed for the year-round cultivation of fresh vegetables and green at the low material inputs and power consumption per unit product.

Key words: underground space, great depths, underground openings, repeated use, geodynamic safety, self-contained vegetation facility, biotechnologies.

For citation: Luchko I.A., Arzhatkina M.S., Stelmakhov A.A. Safety of repeated use of deep-level openings in Norilsk mines. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020;(6-1):119-127. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-61-0-119-127.

Введение

Возможности использования подземного пространства шахт и рудников для вторичного применения давно привлекает внимание инженеров и ученых [1–14]. Объем свободного подземного пространства всех шахт и рудников страны составляет более 1 млрд м³ капитальных и подготовительных выработок.

Виды практического использования подземных горных выработок для размещения объектов весьма разнообразны. Мнение экономистов и учёных сводится к тому, что многие объекты можно и нужно размещать под землей, используя для этого естественные и специальные камеры. Число объектов, расположенных под землей, растёт с каждым годом. На рудниках большинство из них имеют промышленное или складское назначение и расположены чаще всего в карбонатно-сульфатных (гипс, известняки, ангидрид) и галогенных (калийные и каменные соли) породах.

В подземных хранилищах размещаются отходы атомного, химического,

металлургического, энергетического и других производств, хранятся углеводороды. Перемещение отходов в недра позволяет снизить загрязнение земной поверхности, атмосферы и водоемов [3, 4]. При этом, однако, серьезное внимание уделяется вопросам обеспечения безопасности при эксплуатации подземных хранилищ. Обеспечение геодинамической безопасности достигается путем правильного выбора мест для размещения отходов с последующим проведением геодинамического мониторинга.

Для выбора безопасного расположения горных выработок на удароопасных месторождениях инструктивными документами рекомендован метод геодинамического районирования. Метод геодинамического районирования, разработанный в связи с решением проблемы горных ударов, предусматривает выявление опасных зон на основе оценки структурного и напряженного состояния горного массива [15]. Имеются примеры использования метода геодинамического районирования на рудных и угольных месторождениях,

в местах размещения отходов и на других объектах. В том числе метод геодинамического районирования применялся для месторождений Талнахского рудного узла.

В настоящее время глубины разработки месторождений в Норильске приближаются к 2 км, на которых температуры достигают 50 градусов. В связи с этим возникает предложение использовать тепло недр для выращивания свежих овощей и зелени в условиях Севера. Для реализации этого предложения требуется рассмотреть вопросы обеспечения безопасности и выбора соответствующих технологий.

2. Обоснование целесообразности вторичного использования подземного пространства рудников Норильска

2.1 Основные направления вторичного использования подземного пространства. Известна классификация повторно используемых подземных сооружений по новому функциональному назначению А.В. Корчака [3]:

1. Энергетика — подземные АЭС, ГАЭС, хранилища нефтепродуктов, газоконденсата, станции теплоснабжения, аккумуляторы энергии.

2. Промышленность — заводы точных производств и электронного оборудования, хранилища промтоваров, мастерские, заводы по производству стройматериалов, очистке сточных вод, утилизации и переработке бытовых и промышленных отходов.

3. Экология — хранилища обогатительных фабрик, хозяйственно-бытовых отходов, захоронение радиоактивных, химически и биологически вредных отходов, пород отвалов и терриконов, складирование неэкономичного в настоящее время сырья.

4. Социальная сфера — научные и лечебные центры, торговые ком-

плексы, архивы, библиотеки, спортивное оружие, резервуары для хранения воды, размещение объектов гражданской обороны.

5. Аграрный сектор — овощеводство, выращивание грибов, цветоводство и садоводство, разведение рыбы, холодильники, хранилища пищевых продуктов.

Можно привести несколько известных примеров использования свободного подземного пространства:

- в отработанных камерах шахты «Величка» в Польше расположен один из самых больших музеев, спортивные залы и даже церковь в выработке, отработанной еще в 17 в. [6];

- западногерманские инженеры использовали старый солевой рудник в качестве аккумулятора энергии. Рудник накапливал сжатый воздух и сглаживал падение напряжения в сети [4];

- Франция, Швейцария, Шотландия используют выработанные пространства для хранения нефти [5];

- в Германии и Бельгии отработанные подземные горные выработки используются для хранения сжатого газа [5];

- в России и других странах предложено использовать подземное пространство закрытых угольных шахт Восточного Донбасса для хранения газа [9, 10].

- в разных странах развиваются проекты комплексного использования подземного пространства городов [11, 12].

Реализация всех перечисленных проектов возможна лишь при обязательном учете вопросов обеспечения безопасности.

2.2. Использование подземного пространства для нужд аграрного сектора

Подземное пространство традиционно используется как хранилище продукции в личных хозяйствах и предпри-

ятиях аграрного сектора. Кроме того, реализованы проекты по выращиванию грибов, цветов и других культур [3].

В России разрабатывается установка автономного вегетационного комплекса АВК-15, характеристики которой представлены в табл. 1.

Установка может работать в широком диапазоне температур и влажности. Световые условия выращивания растений в вегетационном комплексе делают невозможным накопление в них нитритов и нитратов, предусмотрен автоматический режим функционирования систем облучения и корневого питания растений.

2.3. Глубокие выработки рудников Норильска как возможная среда для вторичного использования в аграрных целях. В Северных и Восточных регионах страны сельскохозяйственное производство в открытом грунте ограничено кратковременностью теплого вегетационного периода или вообще невозможно в связи с климатическими условиями, а тепличное производство убыточно из-за огромных энергетических и прочих расходов. Так, в Норильском районе температура в зимний период доходит до $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$. В то же время на достигнутых глубинах разработки температура рудничной атмосферы достигает $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Поскольку для установок автономного вегетационного комплекса по выращиванию растений требуется ограниченное свободное шахтное пространство, то существует реальная возможность использовать подземные выработки для выращивания свежей зелени, овощей и ягод круглый год при условии соблюдения требований по безопасности.

Группа Северных залежей площадью более 12 расположена у разветвления Харалахской и Северо-западной ветвей Талнахской дифференцированной интрузии, ограничена на севере сетью

крупных субширотных нарушений, пересекается на востоке Норильско-Хараелахским разломом (НХР). С юго-востока и запада они контактируют с полями рудников «Таймырский», «Комсомольский» и «Скалистый» [16]. Технологическое подземное пространство включает в себя подготовительные, капитальные и очистные горные выработки, образовавшиеся при подземной разработке месторождений твердых полезных ископаемых. Месторождение относится к удароопасным, в массиве действуют тектонические поля напряжений, горные работы ведутся с закладкой выработанного пространства [15].

3. Результаты и дискуссия

Разработка месторождений в сильно напряженных массивах может вызывать горные удары и техногенные землетрясения с разрушением выработок [15, 17]. Кроме того, при разработке месторождений на больших глубинах существуют и другие опасности [18–25]. Поэтому месторождения Талнахского рудного узла можно рассматривать как площадку для расположения автономного вегетационного комплекса АВК-15 лишь при надлежащем геомеханическом обосновании проекта.

Первые признаки удароопасности появились на месторождениях Талнахского рудного узла в начале 1970-х годов [15]. Наиболее опасным по проявлению горных ударов стал рудник «Октябрьский». Хотя наибольшую опасность по горным ударам представляли целики, отмечено, что опасный уровень напряжений возникает и за пределами зоны влияния очистных работ. В капитальных и подготовительных выработках, расположенных вне зоны опорного давления происходило 12,6 % всех зарегистрированных случаев проявления горного давления в динамической форме. Например, на руднике «Таймырский»

на глубине 1300 м происходило разрушение контуров выработок в виде отслоения большими плитами с сильным звуковым эффектом. В зонах опорного давления более половины динамических явлений приурочено к тектоническим нарушениям. Отмечается особенно высокая опасность ударов и микроударов на сопряжениях выработок.

Исследования по геодинамическому районированию рудников были начаты в 1987 г. с целью выявления опасных участков для добычи и разработки рекомендаций по безопасности. Этими работами выявлено положение границ активных тектонических блоков в пределах шахтных полей и, что важно, соответствие границ блоков 3–4 рангов тектоническим нарушениям. Установлено, что наиболее опасными являются крутопадающие разломы север-северо-восточной, субширотной и северо-западной ориентировок. Субширотные нарушения являются сдвигами практи-

чески без вертикальной составляющей смещения и большого простираения. Эта сложная тектоническая структура, в которой часть нарушений является границами тектонически активных блоков, влияет на формирование напряженных и разгруженных зон в горном массиве при ведении горных работ. Современные программные продукты позволяют производить геомеханические расчеты по длительной устойчивости горных выработок с учетом данных геодинамического районирования, что открывает возможность для обоснованного выбора безопасных участков для размещения комплексов АВК-15.

Подземное пространство имеет стабильную температуру и влажность, чистоту помещений, т.е. те параметры, для обеспечения которых на поверхности необходимо дополнительно 25–40 % объема строительно-монтажных работ, что обеспечивает преимущество предлагаемого решения (табл. 2).

Таблица 1

Характеристики автономного вегетационного комплекса АВК-15
Characteristics of the Autonomous vegetation complex AVK-15

Характеристики	Показатели
Максимальная высота выращенного растения, м	1,0
Потребление электроэнергии кВт/	0,4
Габаритные размеры Д/Ш/В,	2,0
Автоматика	– Регулировка длительности светового и темного периода – Регулировка полива – Регулировка высоты осветительного устройства
Плотность засева, количество растений,	– Рассада: 450 – помидоры 25–10 – огурцы 9 – 14
Количество урожаев, год	Рассада: 18 – Зелень и салаты: 12–25 – Овощи: 4–6 – Ягоды: 12 Сажанцы: 2–6
Размещение	– Ангары – Суда – Контейнеры – Полуприцепы – Шахтное пространство

Таблица 2

Преимущество технологии АВК-15 по сравнению с традиционными технологиями выращивания**Advantage of AVK-15 technology in comparison with traditional growing technologies**

Сравнение по критерию	Открытый грунт	Закрытый грунт (теплица)	Технология АВК-15
Субстраты	Почва (требующая обработки и агрохимии)	Искусственные субстраты (минераловатные, торфяные и другие). Затраты на приобретение и утилизацию для каждого цикла	Нейтральный субстрат, не сменяемый до 5 лет, стерильный, недорогой, регенерируемый
Возможность выращивания разных культур одновременно	Возможно (только с условием севооборота)	Невозможно (узкая специализация)	Возможно (различные растения как из семян, так и из рассады, и биотехнологические клоны)
Количество растений на 1	4	2–2,5	Рассада: 450 Помидоры: 25–50–100 Огурцы: 9–14
Количество урожаев в год	1–2	Овощи: 2–3 Ягоды: 5–6 Зелень и салаты: 7–12	Рассада: 18 урожаев Зелень и салаты: 2–25 урожаев Овощи: 4–6 урожаев Ягоды: 12 урожаев Саженцы: 2–4–6 урожаев, в зависимости от вида

4. Выводы

1. Высокая удароопасность Норильских рудников накладывает существенные ограничения на вторичное использование выработок глубоких подземных горизонтов. Однако обеспечение безопасности может быть достигнуто на отдельных участках месторождений, определяемых с учетом имеющихся результатов геоди-

намического районирования и опыта проведения геотехнических исследований на руднике.

2. Благодаря высокой температуре в горных выработках на достигнутых глубинах разработки открывается возможность монтажа на безопасных участках установок автономных вегетативных комплексов (АВК) для реализации современных биотехнологий.


СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ельчанинов Е.А.* Техничко-технологические решения улучшения экологического состояния шахт и разрезов России // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2002. — № 9. — С. 128–130.
2. *Бабков-Эстеркин и др.* Горное дело и окружающая среда. Учебное пособие для инженеров и магистров. Ч. 3. — М.: МГГУ, 1999. — 70 с.
3. *Корчак А.В.* Повторное использование техногенного подземного пространства угольных шахт // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 1998. — № 6. — С. 22–27.
4. *Петренко Е.В.* Повторное использование выработанного пространства в народно-хозяйственных целях // Подземное и шахтное строительство. — 1992. — № 1. — С. 3–7.

5. Прохоренко С.Н. Повторное использование горных выработок после прекращения добычи полезного ископаемого // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2003. — № 7. — С. 81–83.
6. Швецов П.Ф., Зильберборд А.Ф., Папернов М.М. Подземное пространство и его освоение. — М.: Наука. — 1992. — 195 с.
7. Liu F., Li S. Discussion on the new development and utilization of underground space resources of transitional coal mines // Meitan Xuebao/Journal of the China Coal Society, 2017, Vol. 42, no. 9, pp. 2205–2213. DOI:10.13225/j.cnki.jccs.2017.0911.
8. Xie H., Zhao J.W., Zhou H.W., Ren S.H., Zhang R.X. Secondary utilizations and perspectives of mined underground space // Tunnelling and Underground Space Technology, 2020, Vol 96, e103129. DOI:10.1016/j.tust.2019.103129
9. Мясков А.В., Попов Е.М., Попов С.М. О перспективах использования шахт Восточного Донбасса для создания подземных хранилищ газа в единой системе газоснабжения юга России // Горный журнал. — 2018. — №3. — С. 33–36. DOI:10.17580/gzh.2018.03.05
10. Li W., Wang D., Li H. Environmental Engineering Issues Induced by Abandoned Coal Mine Hidden Disasters at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019, Vol. 237, no 2, e022039.
11. Zerhouny M., Fadil A., & Hakdaoui M. Underground space utilization in the urban land-use planning of casablanca (morocco) // Land, 2018, no 7(4), pp. doi:10.3390/land7040143.
12. Qiao Y., Peng F., Sabri S., Rajabifard A. Socio-environmental costs of underground space use for urban sustainability // Sustainable Cities and Society, 2019, Vol. 51, e101757. DOI:10.1016/j.scs.2019.101757
13. Xiao W., Fu Y., Wang T., Lv X. Effects of land use transitions due to underground coal mining on ecosystem services in high groundwater table areas: A case study in the Yanzhou coalfield // Land Use Policy, 2018, no 71, pp. 213–221.
14. Tatarinov V.N., Morozov V.N., Batugin A.S. An underground research laboratory: New opportunities in the study of the stress-strain state and dynamics of rock mass destruction // Russian Journal of Earth Sciences, 2019, Vol. 19 no 2. DOI:10.2205/2019ES000659.
15. Прогноз и предотвращение горных ударов на рудниках. М.: Издательство АГН, 1997, 376 с.
16. Еременко А.А., Дарбинян Т.Н., Айнбиндер И.И., Конурич А.И. Оценка геомеханического состояния массива горных пород на Талнахском и Октябрьском месторождениях // Горный журнал. — 2020. — № 1. — С 52–54.
17. Batugin A. Critically stressed areas of earth's crust as medium for man-caused hazards // Paper presented at the E3S Web of Conferences, 2018, Vol. 56. DOI:10.1051/e3sconf/20185602007.
18. Скопинцева О.В., Ганова С.Д., Демин Н.В., Папичев В.И. Комплексный метод снижения пылевой и газовой опасностей в угольных шахтах // Горный журнал. — 2018. — № 11. — С. 97–100. DOI:10.17580/gzh.2018.11.18.
19. Batugin A., Musina V., Golovko I. Analysis of geodynamical conditions of region of burning coal dumps location // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2017, 95, 042023. DOI :10.1088/1755–1315/95/4/042023.
20. Kaledina N., Malashkina V. Preliminary and post-working degassing for effective and safe mining // Paper presented at the 23rd Annual International Pittsburgh Coal Conference, PCC – Coal-Energy, Environment and Sustainable Development, 2006, e70278.
21. Kulikova E.Y., Ivannikov A.L. The terms of soils removal from the defects of the underground structures' lining at the IOP Conf. Series Journal of Physics, 2020, 1425, 012062; doi:10.1088/1742–6596/1425/1/012062.
22. Сластунов С.В., Колцов К.С., Ермак Г.П., Ютяев Е.П. Решение проблемы безопасности угледобычи в долгосрочной программе развития отрасли // Горный журнал. — 2015. — №4 — С. 46–49. DOI: 10.17580/gzh.2015.04.08.

23. Kolikov K.S., Manevich A.I., Mazina I.E. Stress-strain analysis in coal and rock mass under traditional mining with full caving and in technology with backfilling // Eurasian Mining, 2018, no 2, pp.15–17. DOI:10.17580/em.2018.02.04

24. Chmykhalova S. Quality of mineral wealth as a factor affecting the formation of refuse of ore mining and processing enterprises // VII International Scientific Conference «Problems of Complex Development of Georesources»/ E3S Web of Conference 2018, Vol. 56, 04018, 6 p.

25. Баловцев С.В. Оценка аэрологического риска аварий на выемочных участках угольных шахт, опасных по взрывам газа и пыли // Горный журнал. — 2015. — № 5. — С. 91–93. DOI: 10.17580/gzh.2015.05.19 

REFERENCE

1. El'chaninov E.A. Technical and technological solutions to improve the environmental condition of mines and opencasts in Russia. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2002. no. 9. pp. 128–130. [In Russ]

2. *Gornoe delo i okruzhayushchaya sreda* [Mining and Environment]. Uchebnoe posobie dlya inzhenerov i magistrov. Chast' 3. Moscow, 1999. 60 p. [In Russ]

3. Korchak A.V. Reuse of technogenic underground space of coal mines. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 1998. no. 6. pp. 22–27. [In Russ]

4. Petrenko E.V. Reuse of the developed space for economic purposes. *Podzemnoe i shahtno e stroitel'stvo.* 1992. no. 1. pp. 3–7. [In Russ]

5. Prohorenko S.N. Reuse of mine workings after cessation of mining. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2003. no. 7. pp. 81–83. [In Russ]

6. Shvecov P.F., Zil'berbord A.F., Papernov M.M. *Podzemnoe prostranstvo i ego osvoenie* [Underground space and its development]. Moscow: Nauka. 1992. 195 p. [In Russ]

7. Liu F., Li S. Discussion on the new development and utilization of underground space resources of transitional coal mines. *Meitan Xuebao/Journal of the China Coal Society*, 2017, Vol. 42, no. 9, pp. 2205–2213. DOI:10.13225/j.cnki.jccs.2017.0911.

8. Xie H., Zhao J.W., Zhou H.W., Ren S.H., Zhang R.X. Secondary utilizations and perspectives of mined underground space. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 2020, Vol 96, e103129. DOI:10.1016/j.tust.2019.103129.

9. Myaskov A.V., Popov E.M., Popov S.M. Prospects for the use of mines in east donbass as underground gas storage facilities in the integral gas-supply system of southern Russia. *Gornyj zhurnal.* 2018. no. 3. pp. 33–36. DOI:10.17580/gzh.2018.03.05 [In Russ]

10. Li W., Wang D., Li H. Environmental Engineering Issues Induced by Abandoned Coal Mine Hidden Disasters at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019, Vol. 237, no. 2, e022039.

11. Zerhouny M., Fadil A., & Hakdaoui M. Underground space utilization in the urban land-use planning of casablanca (morocco). *Land*, 2018, no. 7(4), pp. doi:10.3390/land7040143.

12. Qiao Y., Peng F., Sabri S., Rajabifard A. Socio-environmental costs of underground space use for urban sustainability. *Sustainable Cities and Society*, 2019, Vol. 51, e101757. DOI:10.1016/j.scs.2019.101757.

13. Xiao W., Fu Y., Wang T., Lv X. Effects of land use transitions due to underground coal mining on ecosystem services in high groundwater table areas: A case study in the Yanzhou coalfield. *Land Use Policy*, 2018, no. 71, pp. 213–221.

14. Tatarinov V.N., Morozov V.N., Batugin A.S. An underground research laboratory: New opportunities in the study of the stress-strain state and dynamics of rock mass destruction. *Russian Journal of Earth Sciences*, 2019, Vol. 19 no. 2. DOI:10.2205/2019ES000659.

15. *Prognoz i predotvrashchenie gornyh udarov na rudnikah* [Forecast and prevention of rock burst in ore mines]. Moscow: Izdatel'stvo AGN, 1997, 376 p. [In Russ]

16. Eremenko A.A., Darbinyan T.N., Aynbinder I.I., Konurin A.I. Geomechanical assessment of rock mass in the Talnakh and Oktyabrsky deposits. *Gornyj zhurnal.* 2020. no. 1. pp. 52–54. [In Russ]

17. Batugin A. Critically stressed areas of earth's crust as medium for man-caused hazards. Paper presented at the E3S Web of Conferences, 2018, Vol. 56. DOI:10.1051/e3sconf/20185602007.

18. Skopintseva O.V., Ganova S.D., Demin N.V., Papichev V.I. Integrated method of dust and gas hazard reduction in coal mines. *Gornyy zhurnal*. 2018, no. 11, pp. 97 – 100. DOI: 10.17580/gzh.2018.11.18. [In Russ].

19. Batugin A., Musina V., Golovko I. Analysis of geodynamical conditions of region of burning coal dumps location. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2017, 95, 042023. DOI :10.1088/1755 – 1315/95/4/042023.

20. Kaledina N., Malashkina V. Preliminary and post-working degassing for effective and safe mining. Paper presented at the 23rd Annual International Pittsburgh Coal Conference, PCC Coal-Energy, Environment and Sustainable Development, 2006, e70278.

21. Kulikova E.Y., Ivannikov A.L. The terms of soils removal from the defects of the underground structures' lining at the IOP Conf. Series Journal of Physics, 2020, 1425, 012062; doi:10.1088/1742 – 6596/1425/1/012062.

22. Slastunov S.V., Kolikov K.S., Ermak G.P., Yutyaev E.P. Safety of coal mining in long-run development. *Gornyy zhurnal*. 2015. no. 4. pp. 46 – 49. DOI: 10.17580/gzh.2015.04.08 [In Russ]

23. Kolikov K.S., Manevich A.I., Mazina I.E. Stress-strain analysis in coal and rock mass under traditional mining with full caving and in technology with backfilling. *Eurasian Mining*, 2018, no. 2, pp.15 – 17. DOI:10.17580/em.2018.02.04.

24. Chmykhalova S. Quality of mineral wealth as a factor affecting the formation of refuse of ore mining and processing enterprises. VII International Scientific Conference «Problems of Complex Development of Georesources»/ E3S Web of Conference 2018, Vol. 56, 04018, 6 p.

25. Balovtsev S.V. Aerological risk assessment in working areas of gas and dust explosion-hazardous coal mines. *Gornyy Zhurnal*. 2015, no. 5, pp. 91 – 93. DOI: 10.17580/gzh.2015.05.19. [In Russ].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Лучко Ирина Андреевна*¹ – аспирантка кафедры геологии и маркшейдерского дела, e-mail: inominat@mail.ru;

*Аржаткина Мария Сергеевна*¹ – кандидат экономических наук, старший преподаватель кафедры государственного и муниципального управления в промышленных регионах и математики;

Стельмахов Андрей Анатольевич – доцент кафедры безопасности и экологии горного производства;

¹ Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Ленинский пр., 4, Москва, 119049.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*Luchko I.A.*¹, Graduate student of the department «Geology and *mine surveying*», e-mail: inominat@mail.ru;

*Arzhatkina M.S.*¹, Cand. Sci. (Eng.), the senior lecture of the Department «Mathematicians and public-municipal administration in industrial regions»;

*Stelmakhov A.A.*¹, ass. prof. of the Department «Mine safety and Ecology»;

¹ National university of science and technology «MISIS», Russia.

Получена редакцией 11.03.2020; получена после рецензии 14.04.2020; принята к печати 20.05.2020.

Received by the editors 11.03.2020; received after the review 14.04.2020; accepted for printing 20.05.2020.