

Оценка технологий оставления породы от проходки в выработанном пространстве шахты «Обуховская»

Казанин О. И.^{1*}, Сидоренко С. А.¹, Евсюкова А. А.¹

¹ Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, г. Санкт-Петербург, Россия
*e-mail: kazanin_oi@pers.spmi.ru

Реферат

Введение. В статье, для условий шахты «Обуховская», рассмотрены возможности оставления в шахте породы, образуемой при проходке выемочных выработок. Показано, что при проведении выработок сплошным забоем по тонким пластам в поле шахты объемы породы, извлекаемой на поверхность в составе горной массы, могут превышать 700 тыс. т/год. На основе анализа мирового опыта сформулированы требования к технологиям оставления породы в шахте и определены технологии, которые могут быть использованы в условиях шахты. Рассмотрены варианты развития ситуации при сохранении существующей технологии и при внедрении технологий оставления породы в шахте.

Методика проведения исследования включает анализ и обобщение мирового опыта и результатов ранее проведенных исследований по оставлению породы в шахте, оценку применимости различных технологий в условиях шахты «Обуховская», стоимостную оценку внедрения технологий на шахте.

Результаты исследования и их анализ. Определены возможные в условиях шахты технологии, предусматривающие оставление породы от проходки в шахте. Предложены варианты размещения породы в выработанном пространстве за очистным забоем с формированием породной полосы над конвейерным штреком, а также с проведением спаренных выработок с выемкой целика между ними для размещения там породы. Показано, что несмотря на существенные первоначальные затраты, в средне- и долгосрочной перспективе внедрение технологий оставления породы в шахте становится экономически целесообразным наряду с социальным эффектом от улучшения экологической обстановки на земельном отводе шахты.

Выводы, область применения результатов. Снижение негативного воздействия подземной угледобычи на окружающую среду возможно при оставлении породы от проведения выработок по тонким пластам в выработанном пространстве. При этом выработанное пространство используется как отдельный георесурс при освоении месторождений. Предложенные в работе технологии могут быть реализованы как в условиях шахты «Обуховская», так и на других шахтах, обрабатывающих тонкие пласты.

Ключевые слова: угольная шахта; тонкие пласты; проходка; выемочные выработки; оставление пород в шахте; закладка; технологии; эффективность.

Введение. Требования минимизации воздействия производства и потребления угля на окружающую среду отмечаются в ряде документов по развитию угольной отрасли промышленности [1]. Многие компании угольного сектора пытаются адаптироваться к ESG-требованиям и внедрять более экологичные технологии (ESG – стратегия ведения бизнеса, подразумевающая бережное отношение к природе, работникам и обществу) [2–4]. Одним из направлений реализации таких технологий является оставление в шахте породы, твердых отходов, как получаемых во время текущей деятельности, так и из ранее сформированных отвалов на поверхности [5, 6]. На территории Ростовской области сформировано 452 отвала

пород шахт и обогатительных фабрик. Объем складированных в них отходов оценивается ориентировочно в 600 млн м³ [7]. Кроме того, ежегодно только из шахты «Обуховская» выдается более 40 тыс. м³ породы как от проходки, так и после ремонта выработок (подрывка почвы). Таким образом, актуальность решения вопросов утилизации таких отходов не вызывает сомнений в настоящее время и, с течением времени, будет возрастать [8–10].

Для решения вопросов оставления породы в шахте необходимо оценить объемы формируемых в результате развития горных работ выработанного пространства и получаемой породы, выбрать технологии подготовки породы к закладке, доставки и размещения в выработанном пространстве, определить ожидаемые затраты на реализацию технологий в сравнении с затратами на извлечение породы, транспортирование на поверхности и размещение в отвалы. Главным условием успешного внедрения технологий является, прежде всего, экономическая целесообразность.

Объектом исследований являются технологии оставления породы в шахте при отработке тонких пологих угольных пластов.

Методика проведения исследований включает анализ и обобщение мирового опыта и результатов ранее проведенных исследований по оставлению породы в шахте, оценку применимости различных технологий в условиях шахты «Обуховская», стоимостную оценку внедрения технологий на шахте.

Горно-геологические условия и применяемые технологии горных работ. Шахта «Обуховская» входит в состав АО «Шахтоуправление «Обуховская», отрабатывает пологий пласт k_2 мощностью 1,1 м на глубине 690–800 м. В шахте одновременно работают 2 лавы. Объемы добычи составили в 2021 г. – 2,1 млн т; в 2022 г. – 1,1 млн т; план на 2023 г. – 1,8 млн т/год и на 2024 г. – 2,4 млн т. Согласно анализу планов горных работ и планируемых производственных показателей, в 2024 г. подвигание очистных забоев составит по пласту k_2 2154 м. Планируемые объемы проходки по пласту k_2 в 2024 г. – 4047 м. Выработки проводятся сечением трапециевидной формы в проходке 16,3 м² сплошным забоем буровзрывным способом с присечкой почвы пласта (65 % от общей площади поперечного сечения, рис. 1). При принятых на шахте технологиях проведения выработок объемы присекаемой в процессе проходки и извлекаемой на поверхность породы в 2024 г. составят 43 тыс. м³.

На шахте применяются бесцеликовые схемы подготовки выемочных участков, т. е. по мере подвигания очистного забоя вентиляционный штрек погашается, а конвейерный сохраняется для повторного использования при отработке смежного выемочного участка. Технологические решения в области проведения, поддержания и охраны выработок не предусматривают оставления породы в шахте. Подготовительные выработки проводятся с помощью буровзрывных работ (БВР) с присечкой пород почвы, охрана подготовительных выработок за лавой обеспечивается применением ряда из дорожных пластиковых буферов (БДБ), кустами из руд стоек и двумя рядами органной крепи. Управление кровлей в очистных забоях осуществляется полным обрушением, выработанное пространство выемочных участков и погашаемых выработок для оставления породы не используется. При этом объемы формируемого выработанного пространства по пласту k_2 можно оценить следующим образом: 28 тыс. м³ – погашаемые выработки и 474 тыс. м³ – выработанное пространство после очистной выемки.

Анализ технологий оставления породы в шахте. Наиболее распространенный способ оставления породы в шахте – использование ее в качестве закладочного материала при отработке пластов. Технологии отработки пластов с закладкой выработанного пространства применялись на угольных шахтах, главным

проведения выработок в пределах 2,4–5,0 м/сут или 70–150 м/мес, что не позволяет обеспечить своевременное воспроизводство фронта очистных работ на современных шахтах.

В настоящее время на действующих шахтах РФ технологии отработки пластов с закладкой выработанного пространства, так же как и проведения выработок широким ходом, не применяются, поскольку не обеспечивают конкурентоспособность угледобычи по сравнению с отработкой с полным обрушением и проведением выработок сплошным узким забоем.

Отработка пологих пластов с полной закладкой применяется на шахтах КНР как одна из составных частей концепции «Зеленая шахта». Разработаны механизированные комплексы, позволяющие отрабатывать угольные пласты длинными забоями и возводить закладочный массив механическим способом с использованием скребкового конвейера специальной конструкции и трамбовочного устройства (рис. 3, а). Для размещения закладки в погашаемых выработках предлагается использовать самопередвижной ленточный перегружатель (рис. 3, б) со скоростью ленты до 7 м/с и возможностью изменения длины, а также положения места разгрузки в вертикальной и горизонтальной плоскостях является простым и эффективным инструментом для закладки, не требует специальной подготовки породы перед использованием в качестве закладочного материала.

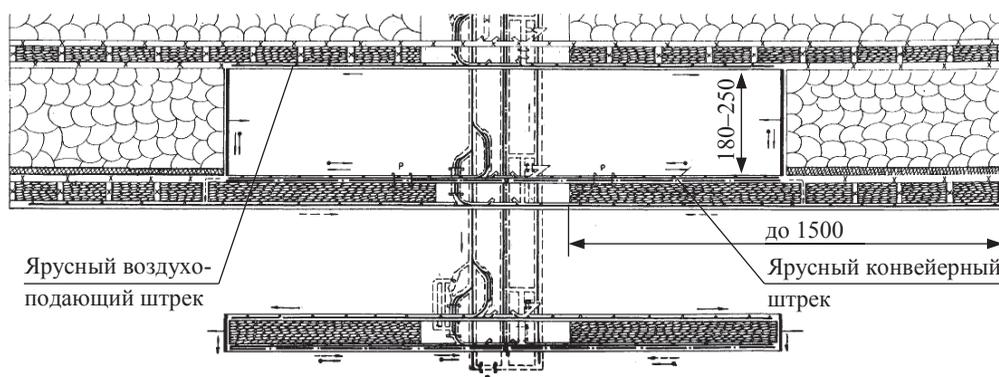


Рисунок 2. Технологическая схема разработки тонких и средней мощности пологих пластов с проведением выемочных выработок широким ходом

Figure 2. Process flow scheme for the thin and medium thickness flat coal seam mining with slab entries

Выбор технологий для шахты «Обуховская». Проведенный анализ возможных способов оставления породы в шахте показал, что применительно к условиям шахты «Обуховская» наиболее простая технология размещения породы от проходки в погашаемых выработках с использованием в качестве закладочной машины самопередвижных ленточных перегружателей не может быть использована, поскольку объем погашаемых выработок существенно меньше объема получаемой породы. К рассмотрению можно принять следующие технологии.

Технология 1. Размещение породы от проходки в выработанном пространстве над конвейерным штреком, сохраняемым за лавой, с использованием закладочного комплекса «Титан-1».

Технология 2. Проведение спаренных выработок с выемкой угольного пласта между ними и закладкой породы от проходки в выработанное пространство между выработками.

При этом применяемые технологии должны обеспечивать:

– скорость проходки выработок, обеспечивающую своевременное воспроизводство фронта очистных работ;

- минимальные дополнительные затраты;
- минимальные изменения (отсутствие изменений) применяемых на шахте технологий очистных и проходческих работ.

Технология 1 предполагает изменения технологии проходки в части организации раздельной выемки и погрузки угля и породы, требует организации транспортирования закладочного материала к месту закладки, а также подготовки закладочного материала к закладке (дробление). Кроме того, для реализации технологии потребуются устройства для обеспечения перегрузки породы с ленточного конвейера в уклоне на ленточный конвейер в конвейерном штреке.

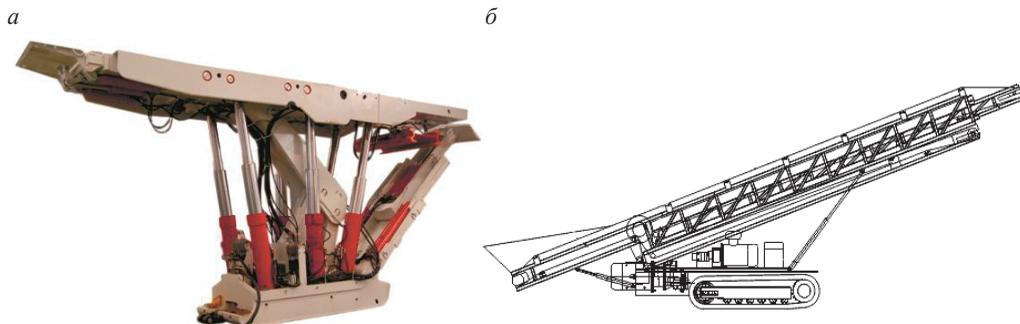


Рисунок 3. Оборудование для возведения закладочного массива (КНР): *а* – в выработанном пространстве за очистным забоем; *б* – в погашаемых выработках
Figure 3. Equipment for the backfilling (China): *a* – into the gob behind longwall; *b* – into the filled entries

Анализ планов горных работ по пласту k_2 показал, что для применения технологии 1 необходимо разделение грузопотоков из проходческого и очистного забоев. Это возможно при проведении выработок со стороны фланга, противоположного направлению транспортирования угля из очистного забоя. Кроме того, для обеспечения раздельной выемки угля и породы при проходке представляется целесообразным переход от буровзрывной к комбайновой выемке. В условиях шахты для проходки выработок по пласту k_2 возможно применение комбайнов КП-330 или КСП-35, которые способны проходить выработки по углю и породам прочностью на одноосное сжатие до 130 МПа. Также в состав оборудования для реализации технологии необходимо включить пневмозакладочный комплекс «Титан-1».

Технология 2 не предполагает транспортирование закладочного материала за пределы рабочего пространства, но требует модернизации технологии проходки выработок, выемки угольного пласта между ними, возведения закладочного массива. При этом применение спаренных выработок вместо одинарных расширяет возможности технологической схемы очистных работ. Для реализации технологии 2 возможно применение разных технологических схем с разным набором оборудования. Для обеспечения требуемой скорости проведения выработок и раздельной выемки угля и породы возможны следующие варианты.

Вариант 1. Выемку угля в пределах контура выработок и между выработками производить с помощью оборудования для длинных забоев; выемку породной части сечения выработок – с помощью двух проходческих комбайнов КП-330 или КСП-35; для закладки породы – два пневмозакладочных комплекса «Титан-1»;

Вариант 2. Выемку угля в пределах контура выработок и между выработками производить с помощью комплекта короткозабойного оборудования; выемку по-

родной части сечения выработок – с помощью проходческого комбайна КП-330 или КСП-35 (или зарубежного аналога), работающего по схеме place-change; для закладки породы – два пневмозакладочных комплекса «Титан-1».

Стоимостная оценка технологий. Для оценки эффективности внедрения рассмотренных вариантов технологий использована методика экономической оценки реализации организационно-технических мероприятий по совершенствованию горного производства. Оценка эффективности альтернативных технологий оставления породы в выработанном пространстве шахты произведена на основе расчета и анализа основных экономических показателей: чистого дисконтированного дохода (ЧДД), срока окупаемости инвестиций ($T_{ок}$), индекса доходности (ИД), внутренней нормы доходности (ВНД) [15]:

$$\text{ЧДД} = \sum_{i=1}^T (P_i + A_i - Z_i - K_i) \frac{1}{(1 + E)^{t-1}},$$

где T – временной период, за который производится расчет; P_i – выручка от внедрения технологии, р.; A_i – величина амортизационных отчислений, р.; Z_i – текущие затраты, р.; K_i – капитальные вложения в приобретение техники для реализации предлагаемой технологии, р.; t – текущий год периода оценки; E – норма дисконта.

Таблица 1. Сравнение показателей экономической эффективности по вариантам технологии
Table 1. Comparison of the economic efficiency indicators by technology options

Показатель	Технология 1	Технология 2	
		Вариант 1	Вариант 2
Чистый дисконтированный доход (ЧДД), млн р.	146	136	106
Срок окупаемости инвестиций $T_{ок}$, год	2,5	2,7	3,2
Индекс доходности (ИД), д. е.	1,73	1,65	1,44
Внутренняя норма доходности (ВНД), %	39,0	36,0	28,5

Были рассмотрены три варианта технологий оставления породы в выработанном пространстве, предусматривающие различные виды техники и, соответственно, разные капитальные вложения. При этом при реализации технологий в качестве положительного эффекта прогнозируется снижение издержек производства, связанных с транспортированием, подъемом и размещением на поверхности породы от проходки, что по укрупненной оценке составит 120 млн р. ежегодно. Оценка вариантов произведена на 5 лет, исходя из нормативного срока работы оборудования. Результаты расчетов представлены в табл. 1 и на рис. 4.

Как видно из рис. 1, несмотря на существенный объем инвестиций, внедрение технологий оставления породы в шахте позволит получить экономический эффект через 2,5–3 года. Кроме того, без применения таких технологий прирост породы в отвалах на поверхности за период с 2023 по 2030 г. составит более 700 тыс. т.

Результаты. Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

Возрастающие требования к снижению воздействия подземной угледобычи на окружающую среду делают актуальными исследования в области поиска эффективных технологий оставления породы в шахтах.

Анализ мирового опыта отработки угольных пластов с оставлением породы в шахте показал, что технологии отработки пластов с полной закладкой выработанного пространства (порода используется в качестве закладочного материала)

в странах с рыночным ценообразованием практически не применяются вследствие дополнительных затрат на содержание закладочного хозяйства и, соответственно, снижения конкурентоспособности по сравнению с технологиями отработки пластов с полным обрушением.

Из применяемых ранее на шахтах СССР технологий отработки с закладкой в условиях шахты «Обуховская» для оставления породы от проходки возможно оставление породы в выработанном пространстве очистного забоя (выкладка породной полосы над конвейерным штреком) или проведение спаренных выработок широким ходом с выемкой целика между выработками и размещением там породы.

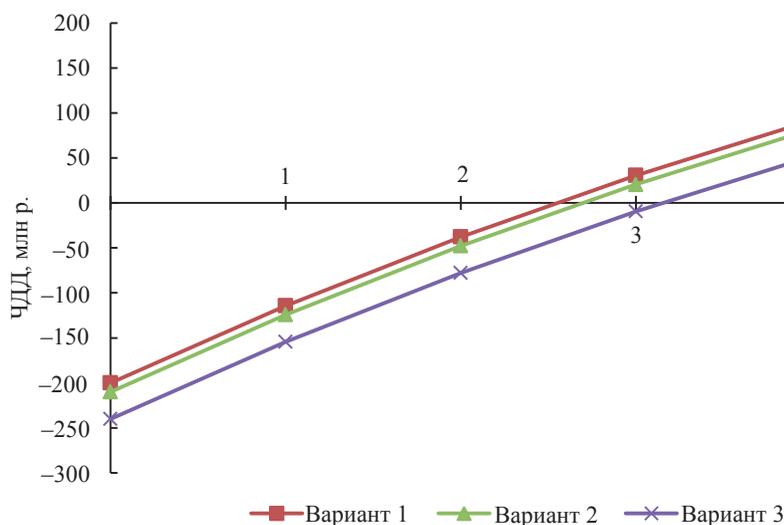


Рисунок 4. Оценка эффективности вариантов технологии оставления породы в выработанном пространстве

Figure 4. Efficiency assessment for various technologies of leaving the rock in the gob

Оценка технических возможностей данных технологий показала, что необходима их модернизация для обеспечения скорости проходки, необходимой для своевременного воспроизводства фронта очистных работ, т. е. дополнительные инвестиции в приобретение необходимого современного проходческого, транспортного и закладочного оборудования.

Укрупненная стоимостная оценка внедрения технологий оставления породы от проходки в шахте показала экономическую целесообразность их реализации, а также социальный эффект от снижения объемов породы, размещаемых в отвалах на поверхности.

Детальная проработка технологических схем и обоснование параметров технологии в условиях шахты являются задачами дальнейших исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Долгосрочная программа развития угольной промышленности России на период до 2030 года. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1846> (дата обращения: 14.10.2023).
2. Зубов В. П., Куанг Ф. Л. Разработка ресурсосберегающей технологии выемки пологих угольных пластов с труднообрушающимися породами кровли (на примере шахт Куанггиньского угольного бассейна) // Записки Горного института. 2022. Т. 257. С. 795–806. DOI: 10.31897/PMI.2022.72
3. Зубов В. П., Антонов А. А., Луговской Ю. Н., Морозов М. Д., Михайленко О. В. Повышение полноты закладки выработанных пространств при слоевых системах разработки Яковлевской залежи // Записки Горного института. 2010. Т. 185. С. 25–30.

4. Куок В. К., Зубов В. П. Перспективы совершенствования технологий подземной разработки угольных пластов на шахтах Вьетнама // Записки Горного института. 2014. Т. 207. С. 46–49.
5. Пашкевич М. А., Алексеенко А. В., Нуреев Р. Р. Формирование экологического ущерба при складировании сульфидсодержащих отходов обогащения полезных ископаемых // Записки Горного института. 2023. № 260. С. 155–167. DOI: 10.31897/PMI.2023.32
6. Каплунов В. Ю., Попов М. С. О проблеме принятия эколого-экономических решений по использованию отвалов и террикоников в угольной отрасли России // ГИАБ. 2010. № 7. С. 241–244.
7. Коломенский Г. Ю., Гипич Л. В., Коломенская В. Г., Михалев С. А., Седлецкий В. И. Экологические последствия ликвидации шахт Восточного Донбасса и необходимость совершенствования системы экомониторинга // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2006. № 2. С. 79–82.
8. Сидоренко А. А., Сидоренко С. А. Повышение эффективности подземной угледобычи в сложных горно-геологических условиях // Записки Горного института. 2014. Т. 208. С. 181–184.
9. Кокин А. В., Котов С. А., Иванкова Е. А. Новые взгляды на состояние и проблемы воспроизводства ресурсов окружающей природной среды в ЮФО и Ростовской области // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. 2007. № 1. С. 129–138.
10. Ивантова Н. П. Твердые отходы угольного производства Восточного Донбасса и их использование // Шахты: ЮРО ЛПИ РФ. 2006. 158 с.
11. Беликов В. В., Чавкин А. И. Проблемы и пути повышения эффективности проведения подготовительных выработок на угольных шахтах России // Уголь. 2009. № 3. С. 31–34.
12. Cui F. Experimental study on the effect of advancing speed and stoping time on the energy release of overburden in an upward mining coal working face with a hard roof // Sustainability. 2019. No. 12. Iss. 1. P. 37. DOI: 10.3390/su12010037
13. Bai X., Ding H., Lian J., Ma D., Yang X., Sun N., Xue W., Chang Y. Coal production in China: past, present, and future projections // International Geology Review. 2020. No. 60(5). P. 1–13. DOI: 10.1080/00206814.2017.1301226
14. Зайденварг В. Е., Соболев В. В., Сныткин И. И. Технологические схемы разработки пластов на угольных шахтах. М.: ИГД им. А. А. Скочинского, 1991. 127 с.
15. Моссаковский Я. В. Экономика горной промышленности. М.: Горная книга (МГТУ), 2017. 525 с.

Поступила в редакцию 12 декабря 2023 года

Сведения об авторах:

Казанин Олег Иванович – доктор технических наук, профессор РАН, доцент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых Санкт-Петербургского горного университета. E-mail: kazanin_oi@pers.spmi.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9663-6713>

Сидоренко Сергей Александрович – кандидат технических наук, доцент, заместитель декана экономического факультета Санкт-Петербургского горного университета. E-mail: sidorenko_sa@pers.spmi.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8969-2482>

Евсюкова Алина Анатольевна – аспирант Санкт-Петербургского горного университета. E-mail: alinka_evsyukova@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3513-7587>

DOI: 10.21440/0536-1028-2024-2-32-41

Assessment of technologies for leaving the rock from entries development in the gob of the Obukhovskaya mine

Oleg I. Kazanin¹, Sergey A. Sidorenko¹, Alina A. Evsiukova¹

¹ St. Petersburg Mining University, St. Petersburg, Russia.

Abstract

Introduction. In the article, for the conditions of the Obukhovskaya mine, the possibilities of leaving the rock formed during entries development in the mine are considered. It is shown that when developing entries on thin coal seams in the mine field, the volumes of rock extracted to the surface as part of the rock mass can exceed 700 thousand tons per year. Based on the analysis of world experience, the requirements for technologies for leaving rock in the mine are formulated, technologies that can be used in mine conditions are identified. The options for the development of the situation while maintaining the existing technology and introducing technologies for leaving rock in the mine are considered.

Methods of research include the analysis and generalization of world experience and the results of previous studies on leaving rock in the mine, an assessment of the applicability of various technologies in the conditions of the Obukhovskaya mine, and a cost assessment of the introduction of technologies at the mine.

Research results and analysis. The technologies acceptable in the conditions of the mine, providing for leaving the rock from entries development in the mine, have been determined. The options for placing the rock in the gob of the longwall panel with the formation of a rock strip above the conveyor entry, as well as with paired entries with the excavation of the coal seam between them to place the rock there. It is shown that despite significant initial costs, in the medium and long term, the implementation of technologies for leaving rock in the mine becomes economically feasible along with the social effect of improving the environmental situation on the land allotment of the mine.

Conclusions and application of research results. Reducing the negative impact of underground coal mining on the environment is possible if the rock from entries development on thin coal seams is left in the gob. At the same time, the gob is used as a separate geo-resource during the development of deposits. The technologies proposed in the article can be implemented both in the conditions of the Obukhovskaya mine and in other mines working out thin coal seams.

Keywords: coal mine; thin seams; entries development; mine workings; leaving rock in the mine; backfill; technologies; efficiency.

REFERENCES

1. Long-term program of Russian coal industry development for the period up to 2030. (In Russ.) Available from: <https://minenergo.gov.ru/node/1846> [Accessed 14 October 2023].
2. Zubov V. P., Quang F. L. Development of resource-saving technology of excavation of hollow coal seams with hard-to-collapse roof rocks (by the example of mines of Quang Ninh coal basin). *Zapiski Gornogo instituta = Journal of Mining Institute*. 2022; 257: 795–806. (In Russ.) Available from: doi: 10.31897/PMI.2022.72
3. Zubov V. P., Antonov A. A., Lugovskoi Y. N., Morozov M. D., Mikhailenko O. V. Increasing the completeness of backfilling of excavated spaces at layer systems of development of the Iakovlevskaia deposit. *Zapiski Gornogo instituta = Journal of Mining Institute*. 2010; 185: 25–30. (In Russ.)
4. Quoc V. K., Zubov V. P. Prospects for improving the technology of underground coal seam mining at mines in Vietnam. *Zapiski Gornogo instituta = Journal of Mining Institute*. 2014; 207: 46–49. (In Russ.)
5. Pashkevich M. A., Alekseenko A. V., Nureev R. R. Formation of ecological damage during the storage of sulfide-containing wastes of mineral processing. *Zapiski Gornogo instituta = Journal of Mining Institute*. 2023; 260: 155–167. (In Russ.) Available from: doi: 10.31897/PMI.2023.32
6. Kaplunov V. Iu., Popov M. S. On the problem of making environmental and economic decisions on the use of dumps and slag heaps in the coal industry of Russia. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (nauchno-tehnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2010; 7: 241–244. (In Russ.)
7. Kolomenskii G. Iu., Gipich L. V., Kolomenskaia V. G., Mikhalev S. A., Sedletskii V. I. Ecological consequences of the liquidation of mines in Eastern Donbass and the need to improve the system of ecomonitoring. *Izvestiia vuzov. Severo-Kavkazskii region. Estestvennye nauki = Bulletin of Higher Education Institutes. North Caucasus Region. Natural Sciences*. 2006; 2: 79–82. (In Russ.)
8. Sidorenko A. A., Sidorenko S. A. Increasing the efficiency of underground coal mining in difficult mining and geological conditions. *Zapiski Gornogo instituta = Journal of Mining Institute*. 2014; 208: 181–184. (In Russ.)
9. Kokin A. V., Kotov S. A., Ivankova E. A. New views on the state and problems of reproduction of environmental resources in the Southern Federal District and Rostov region. *Gosudarstvennoe i munitsipalnoe upravlenie. Uchenye zapiski = State and Municipal Management. Scholar notes*. 2007; 1: 129–138. (In Russ.)
10. Ivatanova N. P. *Solid wastes of coal production in Eastern Donbass and their utilization*. Shakhty: YURO AGN RF Publishing; 2006. (In Russ.)
11. Belikov V. V., Chavkin A. I. Problems and ways to increase the efficiency of preparatory workings at the coal mines of Russia. *Ugol = Coal*. 2009; 3: 31–34. (In Russ.)
12. Cui F. Experimental study on the effect of advancing speed and stoping time on the energy release of overburden in an upward mining coal working face with a hard roof. *Sustainability*. 2019; 12(1): 37. Available from: doi:10.3390/su12010037
13. Bai X., Ding H., Lian J., Ma D., Yang X., Sun N., Xue W., Chang Y. Coal production in China: past, present, and future projections. *International Geology Review*. 2020; 60(5): 1–13. Available from: doi: 10.1080/00206814.2017.1301226

14. Zaidenvarg V. E., Sobolev V. V., Snytkin I. I. *Technological schemes of reservoir development in coal mines*. Moscow: Skochinsky Institute of Mining Publishing; 1991. (In Russ.)

15. Mossakovskii Ia. V. *Economics of mining industry*. Moscow: Gornaia kniga (MSTU) Publishing; 2017. (In Russ.)

Received 12 December 2023

Information about the authors:

Oleg I. Kazanin – DSc (Engineering), Professor RAS, associate professor of the Department of Mining, Saint Petersburg Mining University. E-mail: kazanin_oi@pers.spmi.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9663-6713>

Sergei A. Sidorenko – PhD (Engineering), Associate Professor, Vice-Dean of the Faculty of Economics, Saint Petersburg Mining University. E-mail: sidorenko_sa@pers.spmi.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8969-2482>

Alina A. Evsiukova – PhD student, Saint Petersburg Mining University. E-mail: alinka_evsiukova@mail.ru

Для цитирования: Казанин О. И., Сидоренко С. А., Евсюкова А. А. Оценка технологий оставления породы от проходки в выработанном пространстве шахты «Обуховская» // Известия вузов. Горный журнал. 2024. № 2. С. 32–41. DOI: 10.21440/0536-1028-2024-2-32-41

For citation: Kazanin O. I., Sidorenko S. A., Evsiukova A. A. Assessment of technologies for leaving the rock from entries development in the gob of the Obukhovskaya mine. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = Minerals and Mining Engineering*. 2024; 2: 32–41 (In Russ.). DOI: 10.21440/0536-1028-2024-2-32-41