

УДК 622.273.2

ПРОЕКТНЫЕ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПЕРВОМАЙСКОЕ С ЗАКЛАДКОЙ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА



М. М. АЙМБЕТОВ,
начальник отдела,
Murzatay.Aimbetov@erg.kz



А. И. АНАНИН,
зам. директора
в области горного
дела и обогащения,
канд. техн. наук



В. Н. ЧИРКОВ,
главный инженер
проекта отдела
проектирования
и освоения рудных
месторождений



О. М. ОТАРБАЕВ,
начальник бюро
перспективного
развития

Восточный научно-исследовательский горно-металлургический институт цветных металлов (ВНИИцветмет) – филиал республиканского государственного предприятия «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан», Усть-Каменогорск, Казахстан

Технический отдел,
Донской горно-обогатительный комбинат –
филиал АО «ТНК «Казхром», Хромтау, Казахстан

Введение

В XXI веке ни одна отрасль промышленности не может существовать без качественной стали, производство которой, в свою очередь, невозможно без применения феррохрома. Мировые ресурсы хромовой руды оцениваются в 15 млрд т. Первое место по запасам хромита занимает ЮАР (76 % разведанных запасов), второе – Казахстан (9 %). Однако по качеству руд казахстанские Южно-Кемпирсайские месторождения не имеют аналогов в мире: массовая доля добываемого оксида хрома составляет здесь 50–52 % [1]. Эти месторождения обрабатываются Донским горно-обогатительным комбинатом двумя шахтами и карьером.

Шахта имени 10-летия независимости Казахстана комбината является самой крупной в мире по добыче хромовых руд, ее годовая производительность по руде составляет около 2,5 млн т. В перспективе проектом предусмотрено доведение добычи до 6 млн т. Для достижения заданной производительности необходимо наращивание производственных мощностей за счет строительства II очереди этой шахты и подключение к очистной выем-

Рассмотрен проект отработки месторождения по системе с закладкой выработанного пространства.

Ключевые слова: хромовая руда, Донской ГОК, шахта, закладка выработанного пространства, искусственное перекрытие, очистная выемка, приготовление закладочных смесей.

DOI: 10.17580/gzh.2018.05.03

ке запасов в этаже горизонтов от –400 до –640 м по месторождениям Алмаз–Жемчужина и Миллионное. Для отработки основных запасов в настоящее время применяют системы разработки этажного управляемого самообрушения, которые хорошо зарекомендовали себя в данных горнотехнических условиях.

Однако системы с обрушением руды обладают рядом недостатков, самыми важными из которых являются большие потери и значительное разубоживание руды. Снижение разубоживания даже на 10–15 % позволит уменьшить затраты на обогащение рудной массы или вовсе исключить этот процесс. Также системы с обрушением не могут применяться для отработки запасов руды в охранных и предохранительных целиках ответственных сооружений и водных объектов, не допускают подработку вышерасположенных рудных тел. С увеличением глубины разработки все больше возрастают затраты на проходку, крепление и ремонт выработок горизонтов выпуска руды (требуется перекрепка из расчета 100 п. м выработок на каждые 100 тыс. т добываемой руды).

Большое горное давление, возникающее при добыче руд на глубоких горизонтах II очереди указанной выше шахты, где при системах с обрушением давление на крепь скреперных выработок достигает предельных значений, и она порой не выдерживает и обуславливает поиски новых инновационных решений в области горного производства. Одним из них стало применение новой для предприятия системы разработки с закладкой выработанного пространства. Для ее освоения и наращивания производственных мощностей по добыче в будущем специалистами Донского ГОКа было принято решение провести экспериментальную отработку опытно-промышленных блоков месторождения Первомайское в этаже +300/+160 м. Еще одним из факторов проверки данной системы разработки именно здесь является залегание определенной части запасов в предохранительном целике действующей промплощадки шахты «10-летия независимости Казахстана» и цеха автотранспорта и механизмов.

Средние показатели потерь и разубоживания по системе с закладкой выработанного пространства составляют 5 и 8 % соответственно, в то время как при действующих системах с этажным

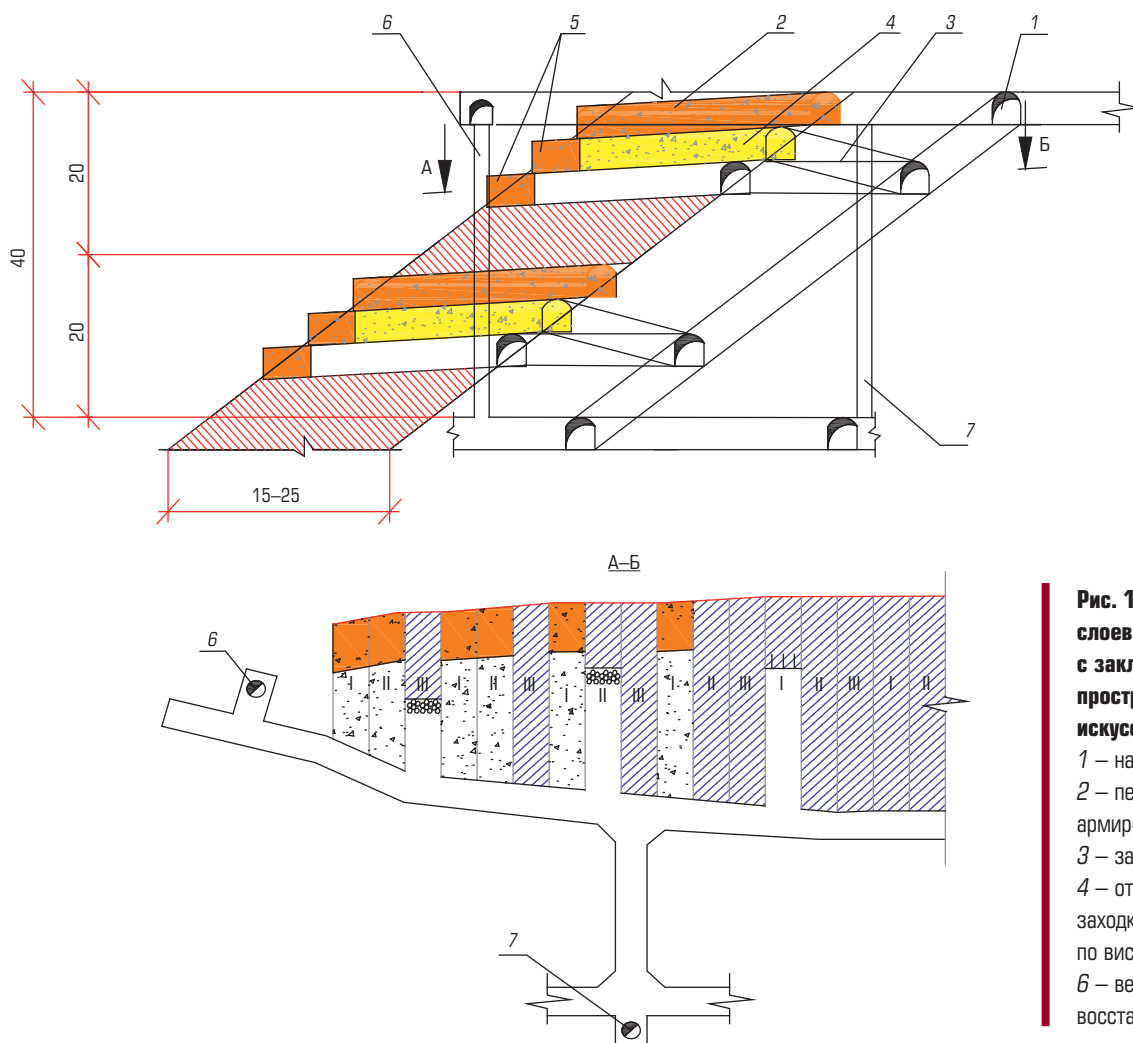


Рис. 1. Нисходящая слоевая система разработки с закладкой выработанного пространства под прикрытием искусственного перекрытия:

- 1 – наклонный съезд;
- 2 – перекрытие (бетон, армированный арками СВП);
- 3 – заезд на слой;
- 4 – отработанная и заложённая заходка; 5 – перекрытие по висячему боку рудного тела;
- 6 – вентиляционно-ходовой восстающий; 7 – рудоспуск

и подэтажным обрушением потери составляют 16 %, а разубоживание 19 %. По системе с закладкой в перспективе будут добывать до 25 % общего объема руды по комбинату.

В результате анализа мирового опыта совершенствования технологии подземной разработки рудных месторождений [2–21] установлено, что начинают все шире применять комбинированную схему, при которой создают искусственную потолочину, под защитой которой запасы отработывают по камерной системе с закладкой выработанного пространства.

Технология горных работ

Для отработки технологии горных работ с закладкой выработанного пространства в составе месторождения Первомайское определен участок опытно-промышленных работ: гор. +240 ... +160 м.

Генпроектировщиком выступил ВНИИцветмет, который составил рабочий проект на отработку месторождения Первомайское производительностью 300 тыс. т руды в год [22]. В качестве приоритетной выбрана нисходящая слоевая система разработки с закладкой выработанного пространства под защитой искусственного перекрытия (рис. 1).

Подготовка блока включает проходку штреков, наклонного съезда, заездов на каждый слой, рудоспуска и вентиляционно-закладочного восстающего. Запасы блока отработывают слоями в нисходящем порядке. Выемку руды в слоях осуществляют заходками сечением 4×4 м. Им придают для полноты закладки выра-



Рис. 2. Армирование искусственного перекрытия

Технологическая карта составов закладочной смеси

Назначение	Расход компонентов, кг/м ³				
	Цемент	Вода	Песок	Отсев	Хвосты
Несущий слой; прочность в 90-суточном возрасте твердения $R = 3,5 \div 4$ МПа	250	420	450	900	–
	250	420	1000	500	–
	250	400	450	–	1000
Дозаливка; прочность в 7-суточном возрасте твердения $R = 0,7 \div 1$ МПа	130	410	470	980	–
	150	420	1000	500	–
	130	410	500	–	1050

ботанного пространства угол наклона в 2–3° (на 1–2° больше угла растекания закладочной смеси).

Очистные работы можно вести одновременно на двух-трех подэтажах. При этом расстояние по вертикали между одновременно обрабатываемыми слоями в смежных подэтажах должно быть не менее 20 м. Работы на каждом подэтаже начинают с создания искусственного перекрытия путем отработки и закладки верхнего слоя. При весьма неустойчивой руде отработка заходок ведется с применением проколов и арочной крепи из спецпрофиля. Армирование защитного перекрытия осуществляют арматурой и металлической сеткой (рис. 2).

Развитие работ в слое начинают с проходки из заезда на слой разрезной слоевой выработки со следующими вариантами ее расположения: в крест простирания при горизонтальной мощности рудного тела до 15 м; по простиранию со стороны висячего или лежачего бока при горизонтальной мощности рудного тела

15–30 м; по простиранию в середине рудного тела при его мощности более 30 м. При таком расположении разрезной выработки обеспечивается оптимальная длина заходки и сокращается число двусторонних сопряжений.

При двустороннем расположении очистных заходок в разрезной выработке их оси должны быть смещены на половину ширины выработки. Длину заходки рекомендуется устанавливать с учетом следующих факторов: времени стояния заходки без закладки (чем больше срок, тем менее устойчивой становится кровля); необходимости установления промежуточных закладочных перемычек; обеспечения необходимого фронта очистных работ (количества одновременно обрабатываемых заходок в блоке).

Заходки в слое обрабатывают в три очереди или в прирезку. При отработке в три очереди между заходками первой очереди оставляют рудные целики. Заходки второй очереди с одной

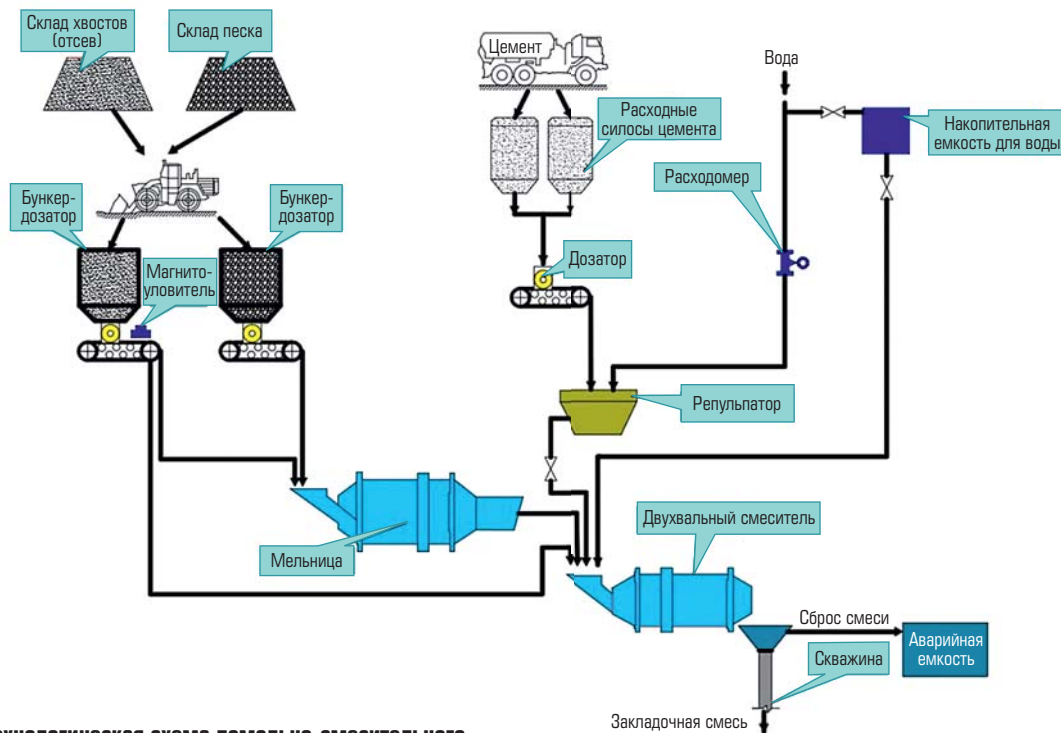


Рис. 3. Технологическая схема помольно-смесительного отделения бетонозакладочного комплекса



Рис. 4. Бетонозакладочный комплекс месторождения Первомайское



Рис. 5. Мельница МШР-2,7×2,1



Рис. 6. Смеситель СУ-1

стороны примыкают к закладочному, а с другой – к рудному массиву. Заходки третьей очереди вынимают между заложеными заходками. Между одновременно обрабатываемыми заходками должен быть 8-метровый рудный, закладочный или рудно-закладочный массив. При этом прочность закладочного массива должна быть не менее 0,7 МПа. При отработке заходок в прирезку с одной стороны обрабатываемой заходки находится жесткий рудный массив, что положительно сказывается на ее устойчивости. Заходки на смежных по высоте слоях рекомендуется располагать параллельно друг другу со смещением на половину сечения. Очистные заходки закладывают твердеющими смесями с формированием несущего слоя и слоя пониженной прочности. Нормативная прочность несущего слоя определяется пролетом подработки, его толщиной, наличием слоистости и армировки, а также порядком отработки заходок в нижележащем слое. При пролете обнажения 4 м, высоте несущего слоя 1,5 м прочность на момент подработки должна быть не менее 4 МПа, если слой не армирован, и 3,5 МПа – при наличии армировки. Прочность искусственного массива в слое пониженной прочности (слой доливки) определяется устойчивостью вертикальных обнажений, и при их высоте от 3,5 до 6 м она должна быть, соответственно, от 0,7 до 1 МПа.

Потери и разубоживание руды, по расчетам, не должны превысить 5 %.

Технология приготовления закладочных смесей

Концепция развития закладочных работ на Донском ГОКе включает в себя не только применение прогрессивных технологий

закладочных работ, но и утилизацию отходов горно-обогатительного производства, с решением экологических проблем. Такие отходы изучены для их применения в качестве инертных заполнителей. Разработаны цементно-шлаковые вяжущие и вяжущие на основе серпентинитов. Определены оптимальные составы закладочных смесей с использованием отсева этих пород и хвостов обогащения (см. **таблицу**).

Разработана мельнично-смесительная технология приготовления закладочных смесей с возможностью оперативного трансформирования технологического процесса в зависимости от типа вяжущего (цементное или цементно-шлаковое) и заполнителя (порода, хвосты, отсев или песок) и требуемой производительности (**рис. 3**).

Бетонозакладочный комплекс производительностью 19 м³/ч построен на промплощадке шахтного ствола «Вспомогательный» по проекту ВНИИцветмета и введен в эксплуатацию в 2017 г. (**рис. 4–6**).

Заключение

В мае 2017 г. подрядной организацией «БШПУ-Казахстан» выдана первая руда с месторождения Первомайское. Сегодня ведется опытно-промышленная добыча руды по нисходящей слоевой системе разработки с закладкой выработанного пространства под защитой искусственного перекрытия.

Благодаря положительному результату опытно-промышленных работ, внедрению инновационных технологий добычи и обогащения рудного сырья Донской ГОК обеспечивает первоклассным сырьем отечественные ферросплавные заводы.

Библиографический список

1. Тиль В. В., Бекеев М. М. Донской ГОК на мировом рынке хромитов: история и перспективы развития // Горный журнал. 2013. № 5. С. 8–17.
2. Закладочные работы в шахтах: справочник / под ред. Д. М. Бронникова, М. Н. Цыгалова. – М.: Недра, 1989. – 400 с.
3. Трубецкой К. Н., Галченко Ю. П. Геоэкология освоения недр Земли и экогетехнологии разработки месторождений. – М.: Научтехлитиздат, 2015. – 359 с.
4. Калмыков В. Н., Петрова О. В., Янтурина Ю. Д. Обоснование резервов устойчивого развития горнотехнической системы при подземной разработке рудных месторождений // Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр: сб. докл. Междунар. науч. школы академика К. Н. Трубецкого. – М.: Изд-во ИПКОН РАН, 2014. С. 222–225.
5. Каплунов Д. Р., Рыльникова М. В. Комбинированная разработка рудных месторождений. – М.: Горная книга, 2012. – 344 с.
6. Айнбиндер И. И., Родионов Ю. И., Пачкевич П. Г. Новые подходы к подземной разработке месторождений полезных ископаемых // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2008. № 5. С. 89–97.
7. Битимбаев М. Ж., Крупник Л. А., Шапошник Ю. А. Теория и практика закладочных работ при разработке месторождений полезных ископаемых // Горный журнал Казахстана. 2012. № 5. С. 19–25.
8. Кравченко В. Т., Смелянский Е. С., Палий В. Д., Трофимов И. М. Руководство по определению нормативной прочности твердеющей закладки на рудниках цветной металлургии. – СПб.: ВНИИМ, 1993. – 38 с.
9. Эдилбаев А. И., Музгина В. С. Комплексное использование твердых отходов и местных материалов в технологии закладочных работ. – Алматы, 2002. – 145 с.
10. Крупник Л. А., Юсупов Х. А., Кабетенев Т. К., Мырзахметов С. С. Технология и механизация закладочных работ при разработке сближенных залежей // Горный журнал Казахстана. 2013. № 11. С. 8–11.
11. Азельханов А. Ж., Алибаев Ж. О., Затева С. М., Алибаев А. О. Технология закладочных работ на руднике «Суздальский» // Горный журнал Казахстана. 2012. № 7. С. 20–22.
12. Ляхов Д. П., Волков Е. П. Технология приготовления литой твердеющей закладки из отходов производства // Проспект Свободный-2015: сб. матер. междунар. конф. – Красноярск: Изд-во Сибирского федерального ун-та, 2015. С. 34–36.
13. Вильчинский В. Б., Трофимов А. В., Корейво А. Б., Галаев Р. Б., Марысок В. П. Обоснование целесообразности применения твердеющих закладочных смесей на рудниках Талнаха // Цветные металлы. 2014. № 9. С. 23–28.
14. Сараскин А. В., Гоготин А. А. Технология закладки выработанного пространства смесями на основе отходов обогащения руд // Горный журнал. 2017. № 9. С. 41–45. DOI: 10.17580/gzh.2017.09.08
15. Chadwick J. Hoist by technology // International Mining. 2010. No. 1. P. 38–44.
16. Emad M. Z., Vennes I., Mitri H., Kelly C. Backfill Practices for Sublevel Stopping System // Mine Planning and Equipment Selection: Proceedings of the 22nd MPES Conference. – Cham: Springer, 2014. Vol. 1. P. 391–402.
17. O'Sullivan D., Newman A. Extraction and Backfill Scheduling in a Complex Underground Mine // Interfaces. 2014. Vol. 44. Iss. 2. P. 204–221.
18. Sheshpari M. A Review of Underground Mine Backfilling Methods with Emphasis on Cemented Paste Backfill // Electronic Journal of Geotechnical Engineering. 2015. Vol. 20. No. 13. P. 5183–5208.
19. Neumann D.-I. K., Berg D.-I. J., Möllemann G., Nienhaus K. Collision Avoidance System for the underground mining industry // Application of Computers and Operations Research in the Mineral Industry: Proceedings of the 37th International Symposium (APCOM 2015). – Englewood: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, 2015. P. 60–65.
20. Espinoza R. D., Rojo J. Towards sustainable mining (Part I): Valuing investment opportunities in the mining sector // Resources Policy. 2017. Vol. 52. P. 7–18.
21. Bonsu J., van Dyk W., Franzidis J.-P., Petersen F., Isafade A. A systemic study of mining accident causality: an analysis of 91 mining accidents from a platinum mine in South Africa // The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy. 2017. Vol. 117. No. 1. P. 59–66.
22. Ананин А. И., Ковтун Е. Н. Ресурсосберегающая технология закладочных работ на Первомайском месторождении Донского ГОКа // Труды ВНИИцветмета: сб. науч. тр. – Усть-Каменогорск, 2014. С. 20–22. **ТЖ**

«GORNYI ZHURNAL», 2018, № 5, pp. 27–33
DOI: 10.17580/gzh.2018.05.03

Design choices and production decisions in mining with backfilling at Pervomaiskoe deposit

Information about authors

M. M. Aimbetov¹, Head of Engineering Department, Murzatay.Aimbetov@erg.kz

A. I. Ananin², Deputy Director, Candidate of Engineering Sciences, vmnauka@mail.east.telecom.kz

V. N. Chirkov², Chief Project Engineer

O. M. Otambaev¹, Head of Long-Term Development Bureau

¹ Donskoy Ore Mining and Processing Plant – Division of TNK Kazchrome, Khromtau, Kazakhstan

² Eastern Research Mining and Metallurgical Institute of Nonferrous Metals (VNIITsvetmet) – Division of the National Center on Complex Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

Abstract

Having analyzed the international experience gained in the improvement of underground mining technologies, it is proposed to apply the cut-fill method of stoping with cemented backfill in a chromite mine of Donskoy Ore Mining and Processing Plant (Republic of Kazakhstan). The design choices and production decisions elaborated during testing of the proposed method at a pilot site of the mine are expounded.

The 10 Years of Independence of Kazakhstan Mine of the Plant is the world's largest producer of chrome ore with the annual output of round 2.5 Mt. In the long view, it is envisaged to reach the ore output to 6 Mt per year.

The backfilling concept at Donskoy OMPPP includes both advanced technologies and also mining and processing waste management to handle ecological problems. Waste materials are studied with a view to applying them in the capacity of inert aggregate. Cement-slag and serpentine-based binders are developed. The optimal compositions of backfill mixtures using screenings of serpentine rocks and

tailings are determined. The constructed plant for backfill preparation based on mining and processing waste is described.

Owing to the positive results of the pilot tests and due to introduction of innovative technologies of mining and processing, Donskoy OMPPP supplies the domestic ferroalloy plants with the first-class primary products.

Keywords: chrome ore, Donskoy OMPPP, mine, backfilling, artificial canopy, stoping, backfill preparation.

References

1. Til V. V., Bekeev M. M. Donskoy Ore-Dressing and Processing Enterprise in the world market of chromites: history and development prospects. *Gornyy Zhurnal*. 2013. No. 5. pp. 8–17.
2. Backfilling in mines. Handbook. Eds.: Bronnikov D. M., Tsygalov M. N. Moscow: Nedra, 1989. 400 p.
3. Trubetsky K. N., Galchenko Yu. P. Earth soils mastering geocology and deposit mining ecogetechologies. Moscow: Nauchtekhizdat, 2015. 359 p.
4. Kalmykov V. N., Petrova O. V., Yanturina Yu. D. Substantiation of stable development of miningtechnical system at underground mining of ore deposits. *Problems and prospects of complex mastering and saving of Earth soils: collection of reports of K. N. Trubetsky International scientific school*. Moscow: Izdatelstvo IPKON RAN, 2014. pp. 222–225.
5. Kaplunov D. R., Rylnikova M. V. Combined ore deposit mining. Moscow: Gornaya kniga, 2012. 344 p.
6. Ainbinder I. I., Rodionov Yu. I., Patskevich P. G. New underground mineral mining approaches. *Journal of Mining Science*. 2008. Vol. 44. No. 5. pp. 504–511.
7. Bitimbaev M. Zh., Krupnik L. A., Shaposhnik Yu. A. Theory and practice of stowing operations during mineral deposits mining. *Gornyy zhurnal Kazakhstan*. 2012. No. 5. pp. 19–25.
8. Kravchenko V. T., Smelyanskiy E. S., Paliy V. D., Trofimov I. M. Guidance for definition of characteristic strength of solid stowing on non-ferrous metal mines. Saint Petersburg: VNIIM, 1993. 38 p.
9. Edilbaev A. I., Muzgina V. S. Complex use of solid wastes and local materials in stowing technology. *Almaty*, 2002. 145 p.
10. Krupnik L. A., Yusupov Kh. A., Kabetenov T. K., Myrzhakmetov S. S. Technology and mechanization of stowing operations during the inclined deposits mining. *Gornyy zhurnal Kazakhstan*. 2013. No. 11. pp. 8–11.

11. Azelkhanov A. Zh., Alibaev Zh. O., Zateeva S. M., Alibaev A. O. Technology of stowing operations on the "Suzdalskiy" mine. *Gornyy zhurnal Kazakhstana*. 2012. No. 7. pp. 20–22.
12. Lyakhov D. P. Technology of cast solid stowing manufacturing from production wastes. *Svobodny Avenue-2015: materials of International scientific conference*. Krasnoyarsk: Sibirskiy federalnyy universitet, 2015. pp. 34–36.
13. Vilchinskiy V. B., Trofimov A. V., Koreyvo A. B., Galaov R. B., Marysyuk V. P. Substantiation of reasonability of application of stowing mining systems at Talnakh mines. *Tsvetnye Metally*. 2014. No. 9. pp. 23–28.
14. Saraskin A. V., Gogotin A. A. Technology of backfilling with tailings. *Gornyy Zhurnal*. 2017. No. 9. pp. 41–45. DOI: 10.17580/gzh.2017.09.08
15. Chadwick J. Hoist by technology. *International Mining*. 2010. No. 1. pp. 38–44.
16. Emad M. Z., Vennes I., Mitri H., Kelly C. Backfill Practices for Sublevel Stopping System. *Mine Planning and Equipment Selection: Proceedings of the 22nd MPES Conference*. Cham: Springer, 2014. Vol. 1. pp. 391–402.
17. O'Sullivan D., Newman A. Extraction and Backfill Scheduling in a Complex Underground Mine. *Interfaces*. 2014. Vol. 44, Iss. 2. pp. 204–221.
18. Sheshpari M. A Review of Underground Mine Backfilling Methods with Emphasis on Cemented Paste Backfill. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*. 2015. Vol. 20, No. 13. pp. 5183–5208.
19. Neumann D.-I. K., Berg D.-I. J., Möllemann G., Nienhaus K. Collision Avoidance System for the underground mining industry. *Application of Computers and Operations Research in the Mineral Industry: Proceedings of the 37th International Symposium (APCOM 2015)*. Englewood: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, 2015. pp. 60–65.
20. Espinoza R. D., Rojo J. Towards sustainable mining (Part I): Valuing investment opportunities in the mining sector. *Resources Policy*. 2017. Vol. 52. pp. 7–18.
21. Bonsu J., van Dyk W., Franzidis J.-P., Petersen F., Isafiade A. A systemic study of mining accident causality: an analysis of 91 mining accidents from a platinum mine in South Africa. *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. 2017. Vol. 117, No. 1. pp. 59–66.
22. Ananin A. I., Kovtun E. N. Resource-saving technology of backfilling at the Pervomaiskoe deposit of Donskoy Ore Mining and Processing Plant. *VNIItsvetmet collection of scientific papers*. Ust-Kamenogorsk, 2014. pp. 20–22.

