

УДК 622.34:622.273

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧИ НА КОЧКАРСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ



К. И. СТРУКОВ,
президент компании,
канд. техн. наук,
information@ugold.ru,
ООО «УК ЮГК»,
Челябинск, Россия

Введение

На предприятиях АО «Южуралзолото Группы Компаний» (АО «ЮГК») — одной из крупнейших российских компаний по добыче золота, непрерывно ведутся работы по совершенствованию технологических процессов, модернизации горно-добычного оборудования. Это связано с постоянным ростом объемов добычи, вызванным расширением производства, снижением среднего содержания золота на осваиваемых месторождениях, необходимостью выполнения жестких экологических требований.

Геологические условия разработки Кочкарского жильного золоторудного месторождения характеризуются как сложные, оно отнесено к удароопасным [1, 2].

Месторождение осваивается с 1860-х годов, в настоящее время работы ведутся на горизонтах 600–750 м.

Добычные работы

Наибольшие технические, а также экономические сложности возникают при освоении запасов глубоких горизонтов: растут частота и интенсивность динамических форм проявления горного давления, снижается содержание золота. В связи с этим проведен большой объем работ по модернизации технологических процессов подземной добычи руд [3].

До повышения стоимости золота на Кочкарском месторождении объектом разработки являлись только рудные жилы, разрабатываемые по системам разработки «подэтажные штреки» (рис. 1), а по некоторым из них освоение осуществлялось с нулевой рентабельностью. Поэтому горные работы вели с использованием переносного оборудования, о повышении уровня технической оснащенности технологических процессов добычи не могло быть и речи.

Рост цен на золото, их достаточно стабильный уровень позволили кардинально изменить подходы к

Изложены основные направления совершенствования технологии добычи подземным способом, обеспечивающие существенное повышение производственной мощности предприятия и производительности труда, снижение себестоимости продукции. Показана возможность использования на верхних горизонтах ранее пройденных выработок для подготовки и нарезки блоков.

Ключевые слова: рудные жилы, зоны минерализации, самоходное оборудование, камерные системы разработки, восходящий порядок, хвосты обогащения, закладка пустот.

DOI: 10.17580/gzh.2017.09.04

технологии добычи, оценке обеспеченности запасами предприятия на будущие периоды.

Так, проведенные геологические изыскания на Кочкарском месторождении выявили наличие зон минерализации вмещающих пород, освоение которых в данных экономических условиях вполне рентабельно. Изучение закономерностей распределения вкрапленного золота [4] во вмещающих породах — плагиогриитах показало, что содержание золота в породах подчиняется логарифмической зависимости, а размеры зон минерализации превышают мощность рудных жил в несколько раз (рис. 2). Это существенно расширяет сырьевую базу (см. таблицу), позволяет перейти на новые высокопроизводительные системы разработки с использованием мощной самоходной техники на проходке и очистной выемке [4–6].

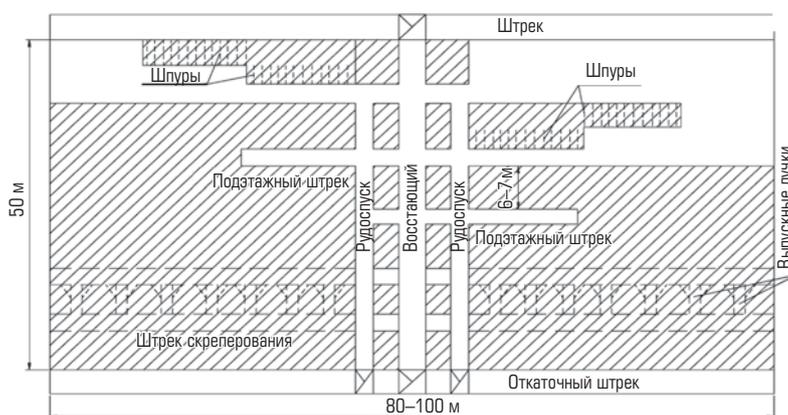


Рис. 1. Система разработки «подэтажные штреки»

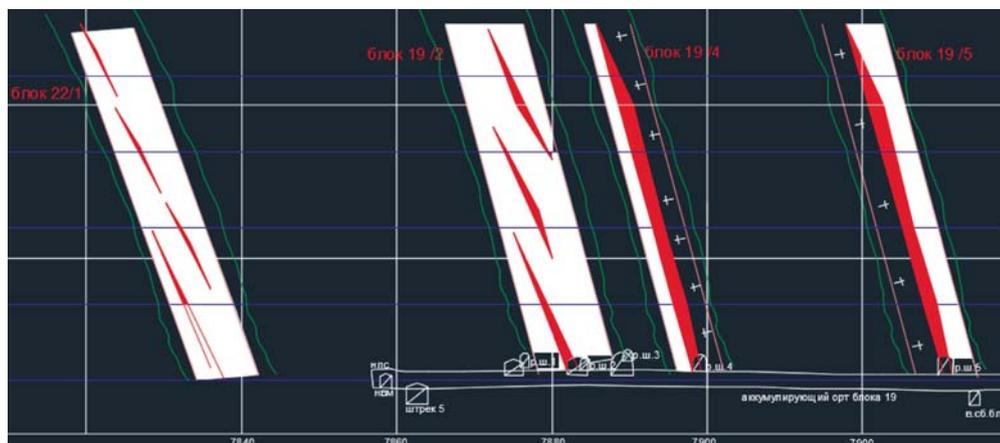


Рис. 2. Геологический разрез в крест простирания по жилам Южная Воскресенская 1, 2, Северная Воскресенская, Нефтяная и минерализованным породам

Запасы золота в прокварцованных гранитах

Показатель	Категория запасов		
	В	C ₁	C ₂
Руда, тыс. т	94,74	1784,16	1828,07
Золото, кг	282	5352	5484

Предварительная оценка перспектив развития рудников на основе запасов Кочкарского месторождения позволяет прогнозировать объемы добычи на уровне 4–5 млн т в год против текущих 1,2 млн т в год.

Направления совершенствования технологии добычи

Масштабное изменение объемов добычи выдвигает ряд серьезных технических и финансовых проблем, таких, как модернизация системы вскрытия месторождений, техническое переоснащение добычных работ, обоснование возможности безопасного извлечения запасов, находящихся под г. Пласт, вовлечение в эксплуатацию запасов верхних погашенных горизонтов, разработка ударобезопасных технологий.

Учитывая сложность стоящих перед Компанией проблем был проведен комплекс исследовательских и опытно-промышленных

работ по конструированию новых систем разработки и геомеханическому обоснованию их геометрических параметров; изысканию способов утилизации цианированных хвостов обогащения в складочных смесях; инвентаризации и оценке состояния горных выработок на верхних горизонтах; проектированию и реализации на перспективных участках работ схем вскрытия; подготовки и освоения запасов блоков с использованием самоходного оборудования [7–13].

Проработка вариантов валовой и селективной выемки запасов рудных жил и минерализованных зон позволила выявить закономерности изменения прогнозного содержания золота в добываемой рудной массе (рис. 3), подтвердить целесообразность вовлечения в освоение минерализованных пород.

Результаты опытно-промышленных испытаний камерной системы разработки с подэтажной отбойкой скважинными зарядами, принятой для отработки минерализованных зон, показали ее высокую эффективность. Порядок отработки по этой системе опытного блока № 1 показан на рис. 4. С использованием данной технологии были отработаны еще несколько блоков.

Внедрение камерной системы разработки с увеличенной выемочной мощностью и скважинной отбойкой позволило снизить себестоимость добычи в 1,6 раза, повысить производительность очистного забоя в 3 раза по сравнению с традиционной технологией добычи.

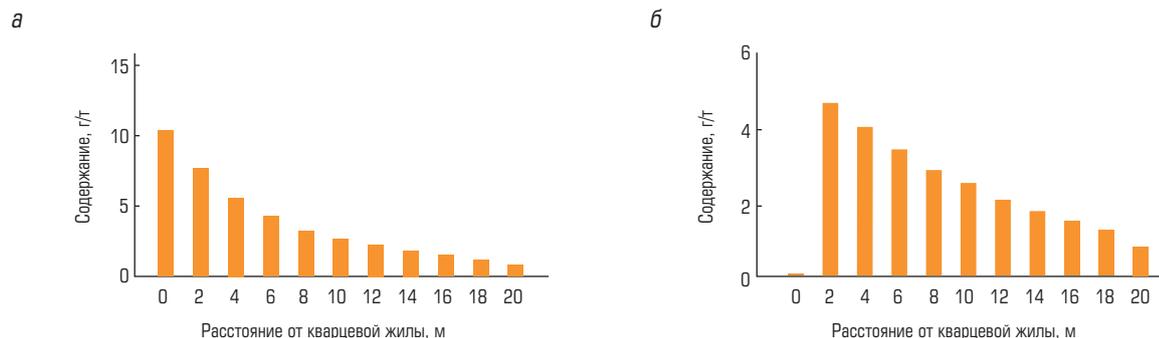


Рис. 3. Изменение среднего прогнозного содержания полезного компонента в рудной массе от мощности отработки в условиях, когда запасы кварцевой жилы не отработаны (а) и отработаны (б)

Специфика рудной базы шахт «Центральная» и «Восточная», эксплуатирующих Кочкарское золоторудное месторождение, состоит в том, что значительная часть запасов располагается под г. Пласт, что существенно осложняет ведение добычных работ, предопределяет использование высокотратных технологий с закладкой, обеспечивающих сохранность подрабатываемых территорий и объектов. Применение таких способов выемки позволяет решить еще одну важную проблему – утилизации цианированных хвостов обогащения в связи с нехваткой площадей для размещения хвостохранилищ.

Совместно с Магнитогорским государственным техническим университетом им. Г. И. Носова выполнены исследования по обезвреживанию цианированных хвостов обогащения, их гущению и удалению глинистых частиц для последующего использования при приготовлении гидравлических и твердеющих закладочных смесей.

Вывод цианидов из текущих хвостов обогащения для обеспечения норм ПДК для подземных выработок технологическими методами позволяет существенно повысить эффективность мер нейтрализации.

Оценено влияние цианида, поступающего в малых концентрациях с закладочной смесью, на атмосферу и водную среду подземного рудника. Экспериментальными исследованиями установлена высокая поглощающая способность закладочного массива.

Расчеты по определению степени влияния хвостов цианирования на загрязнение шахтных вод за счет дренажа из искусственного твердеющего массива избыточной воды показали, что при существующем шахтном водоотливе концентрация поступающих в него цианидов в связи с разбавлением подземными водами будет незначительной, находится существенно ниже норм ПДК и составляет 0,0022 мг/л.

Применяемые и проектируемые к внедрению камерные системы разработки характеризуются достаточно большими объемами подготовительно-нарезных работ [14, 15]. Обеспечить своевременную подготовку блоков к очистной выемке с использованием существующего переносного оборудования при резко увеличенных объемах добычи проблематично. Поэтому начато внедрение высокопроизводительной самоходной техники.

Процесс перехода на мобильное самоходное оборудование осложняется малым сечением существующих выработок, отсутствием съездов, необходимостью модернизации шахтной системы вентиляции, корректировки схемы вскрытия. В настоящее время на основе технико-экономических расчетов выбраны оптимальные размеры самоходных машин, определены участки для организации горных работ с применением этого оборудования, начаты предпроектные проработки вариантов освоения новых технологий. С этой целью было принято решение о проведения наклонного съезда шахты «Южная» сечением 23,9 м² для вскрытия южного фланга месторождения (рис. 5), служащего для перемещения самоходного оборудования, вентиляции, в качестве запасного выхода. Планируется также проведение наклонного съезда на шахте «Восточная».

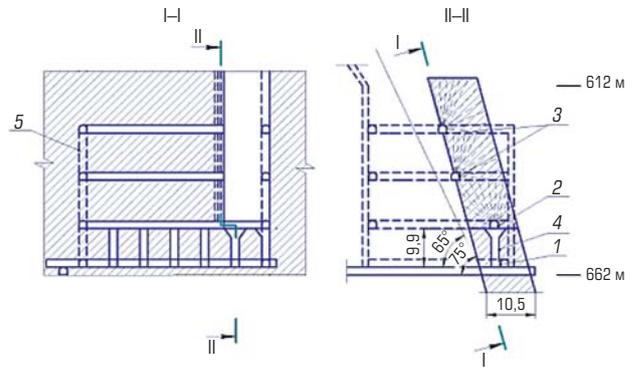


Рис. 4. Схема опытно-промышленной отработки запасов минерализованной зоны (блок № 1) с использованием камерной системы разработки со скважинной отбойкой: 1 – скреперный штрек; 2 – штрек подсежки; 3 – буровой штрек; 4 – дучка; 5 – вентиляционно-ходовая восстающая № 1



Рис. 5. Общий вид наклонного съезда шахты «Южная»

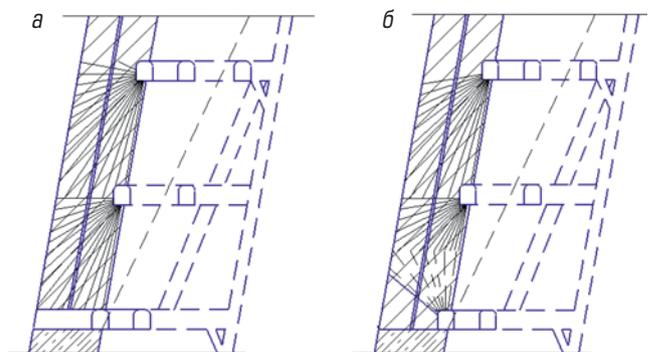


Рис. 6. Варианты восходящего порядка отработки минерализованных зон по камерной системе разработки с закладкой твердеющими смесями с плоским (а) и траншейным (б) днищем

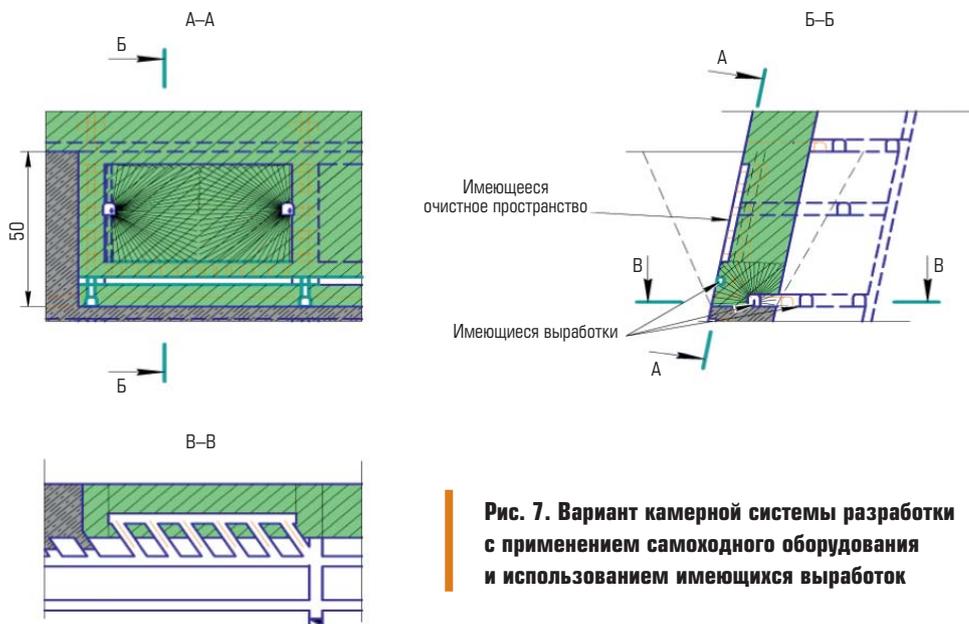


Рис. 7. Вариант камерной системы разработки с применением самоходного оборудования и использованием имеющихся выработок

В результате оценки технических возможностей оборудования, получившего распространение на рудниках, рекомендованы для отработки рудных жил комплексы механизации для проходческих работ [16] – ПДМ PFL 8 компании PAUS с ковшем вместимостью 0,8 м³ и буровые установки Boomer Tid, а для очистных (селективная выемка) – ПДМ JINCHUAN JCCY-2 с ковшем 2 м³, буровые установки НТ-2, самосвал ТН-320. Для отработки минерализованных зон предложено использовать большегрузное погрузочное и транспортное оборудование фирм Sandvik, Atlas Copco.

Использование закладочных смесей для погашения выработанных пространств привело к изменению порядка отработки запасов этажей. Для снижения затрат на формирование искусственных массивов, создаваемых при нисходящем порядке отработки, проработаны варианты восходящей выемки [17]. На рис. 6 показаны варианты систем разработки с закладкой, рекомендованные для валовой выемки рудных жил и зон минерализации при восходящем порядке освоения запасов. Применение данной технологии позволяет утилизировать хвосты обогащения, существенно снизить прочность массива, уменьшить потери полезного ископаемого.

Особенность варианта камерной системы разработки (см. рис. 6, а) состоит в разделении горизонтов бурения и выпуска рудной массы, возможности крепления горизонтальных обнажений руды, а также выравнивания почвы для работы самоходного оборудования на возведенном искусственном массиве путем подсыпки породой и дополнительной дозакладки упрочненными составами. Данный вариант системы разработки с плоским дном предполагает использование самоходного оборудования с дистанционным управлением. Также проработаны конструкции с траншейным дном (см. рис. 6, б), внедрение которых позволяет отказаться от дорогостоящего оборудования с дистанционным управлением. Направле-

ние бурения в этом случае возможно принять восходящим, что, по мнению специалистов, является более предпочтительным.

С целью повышения эффективности подземных работ и перехода на вышележащие погашенные горизонты изучена возможность частичного использования имеющихся выработок, для чего проведены их обследование и оценка состояния. Установлено, что такая возможность имеется. На рис. 7 показан вариант отработки блока, где возможно задействовать имеющиеся выработки после их восстановления.

Выводы

Экономическая оценка освоения минерализованных пород свидетельствует об эффективности их вовлечения в отработку при среднем содержании золота 1 г/т. Использование камерных систем разработки с самоходным оборудованием существенно повышает производительность труда, позволяет увеличить производственную мощность предприятия в несколько раз.

Использование обезвреженных хвостов обогащения в составах закладочных смесей при восходящем порядке отработки уменьшает площади земель, отторгаемых для размещения хвостохранилищ.

Библиографический список

1. Положение по безопасному ведению горных работ на месторождениях, склонных и опасных по горным ударам : приказ об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности от 02.12.2013 № 576. URL: <http://docs.cntd.ru/document/499086982> (дата обращения: 15.04.2017).
2. Указания по безопасному ведению горных работ на месторождении, склонном и опасном по горным ударам (Кочкарское золоторудное месторождение, ОАО «Южуралзолото»). – Магнитогорск, 2014. – 63 с.
3. Айнбиндер И. И. Модернизация подземной добычи руд на больших глубинах // Горный журнал. 2016. № 12. С. 51–55. DOI: 10.17580/gzh.2016.12.11
4. Liu J., Liu C., Corranza E. J. M., Li Y., Mao Z. et al. Geological characteristics and ore-forming process of the gold deposits in the western Qinling region, China // Journal of Asian Earth Sciences. 2015. Vol. 103. P. 40–69.
5. Калмыков В. Н., Слащилин И. Т., Сураев В. С., Струков К. И. Опыт и перспективы разработки сложно-структурных жил Кочкарского золоторудного месторождения // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2000. № 11. С. 87–89.
6. Бергер Р. В., Казиков П. В., Калмыков В. Н., Кульсаитов Р. В., Гозотин А. А. О возможности вовлечения перспективных участков Кочкарского золоторудного месторождения в повторную отработку // Комбинированная геотехнология: устойчивое и экологически

- сбалансированное освоение недр : матер. междунар. науч.-техн. конф. – Магнитогорск : Изд-во Магнитогорского государственного технического ун-та, 2015. С. 116–117.
7. Пат. 1454970 СССР. Способ повторной разработки залежей / В. И. Борщ-Компониц, А. Б. Макаров, В. С. Мякишев, Э. В. Файдель, В. Г. Яковенко ; заявл. 25.03.87 ; опубл. 30.01.89, Бюл. № 4.
 8. *Cavalcante P. R. B., Palkovits F.* Paste fill – a safety solution for pillar mining // *Past 2013: proceedings of the 16th International Seminar on Paste and Thickened Tailings.* – Perth : Australian Centre for Geomechanics, 2013. P. 443–456.
 9. *Thrybom L., Neander J., Hansen E., Landemas K.* Future Challenges of Positioning in Underground Mines // *IFAC-PapersOnLine.* 2015. Vol. 48. Iss. 10. P. 222–226.
 10. *Hammer F., Pichler M., Fenzl H., Gebhard A., Hesch C.* An acoustic position estimation prototype system for underground mining safety // *Applied Acoustics.* 2015. Vol. 92. P. 61–74.
 11. *Гоготин А. А., Кульсаитов Р. В., Исламов А. З.* Обоснование конструктивных элементов систем разработки при повторном освоении Кочкарского золоторудного месторождения с применением существующей сети выработок // *Проблемы и перспективы комплексного освоения недр и сохранения земных недр* : сб. тр. конф. – М. : ИПКОН РАН, 2014. С. 194–197.
 12. *Калмыков В. Н., Кульсаитов Р. В.* Разработка технологии повторного освоения жильных золоторудных месторождений (на примере верхних горизонтов Кочкарского месторождения) // *Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр* : сб. тр. конф. – М. : ИПКОН РАН, 2016. С. 208–211.
 13. *Калмыков В. Н., Струков К. И., Константинов Г. П., Кульсаитов Р. В.* Разработка технологии повторного освоения запасов верхних горизонтов Кочкарского золоторудного месторождения // *Вестник Магнитогорского государственного технического университета.* 2016. № 3. С. 13–20.
 14. *Каплунов Д. Р.* Развитие производственной мощности подземных рудников при техническом перевооружении. – М. : Наука, 1989. – 263 с.
 15. *Ветров С. В.* Допустимые размеры обнажений горных пород при подземной разработке руд. – М. : Наука, 1975. – 232 с.
 16. *Zienkiewicz O. C., Taylor R. L., Zhu J. Z.* The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals. – 7th ed. – Butterworth-Heinemann, 2013. – 756 p.
 17. *Мещеряков Э. Ю., Валеев А. С., Аллабердин А. Б.* Обоснование параметров комбинированного закладочного массива при восходящем порядке отработки месторождений // *Вестник Магнитогорского государственного технического университета.* 2014. № 4. С. 10–13. 

«GORNYI ZHURNAL», 2017, № 9, pp. 21–25
DOI: 10.17580/gzh.2017.09.04

Improvement of underground mining technology at Kochkar deposit

Information about author

K. I. Strukov¹, Founder and President, Candidate of Engineering Sciences, information@ugold.ru
¹ UGC Management Company, Chelyabinsk, Russia

Abstract

The article presents the main trends of improvement of underground mining technology, ensuring considerable growth of production output and productivity of labor, as well as cost saving. These trends include transition to open stoping, replacement of portable equipment by self-propelled heavy-duty machines of high unit capacity, development of crushed veins and non-profitable ore reserves at the depleted upper horizons and under the town of Plast, withdrawal of the conventional descending method for the benefit of the ascending mining system. The possibility of earlier mined-out tunnels at the upper levels to be used for preparation and development of new blocks is illustrated.

The implementation of the technology improvements allows an increase in production output to 4–5 Mt yearly, higher productivity of labor by 2–3 times, cost saving by 1.5 times and reduction in land withdrawal for tailings storage.

Keywords: ore lodes, mineralization zones, self-propelled equipment, stoping, ascending mining, tailings, backfilling.

References

1. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/499086982> (accessed: 15.04.2017).
2. Regulations for safe mining at the rock bump liable deposit (Kochkarskoe gold ore deposit, JSC «Yuzhuralzoloto»). Magnitogorsk, 2014. 63 p.
3. Aynbinder I. I. Improvement of deep-level ore mining. *Gornyi Zhurnal.* 2016. No. 12. pp. 51–55. DOI: 10.17580/gzh.2016.12.11
4. Liu J., Liu C., Corranza E. J. M., Li Y., Mao Z. et al. Geological characteristics and ore-forming process of the gold deposits in the western Qinling region, China. *Journal of Asian Earth Sciences.* 2015. Vol. 103. pp. 40–69.
5. Kalmykov V. N., Slashchilin I. T., Surava V. S., Strukov K. I. Experience and prospects of mining of

complex-structured veins of Kochkarskoe gold ore deposit. *Gornyi informatsionno-analiticheskiy byulleten.* 2000. No. 11. pp. 87–89.

6. Berger R. V., Kazilov P. V., Kalmykov V. N., Kulsaitov R. V., Gogotin A. A. About the possibility of involvement of prospecting sites of Kochkarskoe gold ore deposit in redevelopment. *Combined geotechnology: stable and ecologically balanced mastering of soils : materials of International scientific-technical conference.* Magnitogorsk : MG TU, 2015. pp. 116–117.
7. V. I. Borshch-Komponiets, A. B. Makarov, V. S. Myakishev, E. V. Faydel, V. G. Yakovenko. Method of re-mining. Patent USSR 1454970. Applied: 25.03.87. Published: 30.01.89. Bulletin No. 4.
8. Cavalcante P. R. B., Palkovits F. Paste fill – a safety solution for pillar mining. *Past 2013: proceedings of the 16th International Seminar on Paste and Thickened Tailings.* Perth : Australian Centre for Geomechanics, 2013. pp. 443–456.
9. Thrybom L., Neander J., Hansen E., Landemas K. Future Challenges of Positioning in Underground Mines. *IFAC-PapersOnLine.* 2015. Vol. 48, Iss. 10. pp. 222–226.
10. Hammer F., Pichler M., Fenzl H., Gebhard A., Hesch C. An acoustic position estimation prototype system for underground mining safety. *Applied Acoustics.* 2015. Vol. 92. pp. 61–74.
11. Gogotin A. A., Kulsaitov R. V., Islamov A. Z. Substantiation of structural components of mining systems during the secondary mastering of Kochkarskoe gold ore deposit with application of existing excavations. *Problems and prospects of complex mastering of soils and saving of Earth soils : materials of International scientific-technical conference.* Moscow : IPKON RAN, 2014. pp. 194–197.
12. Kalmykov V. N., Kulsaitov R. V. Development of reopening technology for vein gold ore deposits (on the example of the higher levels of Kochkarskoe deposit). *Problems and prospects of complex mastering and saving of Earth soils : collection of proceedings of conference.* Moscow : IPKON RAN, 2016. pp. 208–211.
13. Kalmykov V. N., Strukov K. I., Konstantinov G. P., Kulsaitov R. V. Developing a reworking process for the upper levels of the Kochkarskoye gold mine. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta imeni G. I. Nosova.* 2016. Vol. 4, No. 3. pp. 13–20.
14. Kaplunov D. R. Development of production capacity of underground mines during the technical re-equipment. Moscow : Nauka, 1989. 263 p. ISBN 5-02-005912-9
15. Vetrov S. V. Permissible rate of rocks opening during the underground ores mining. Moscow : Nauka, 1975. 232 p.
16. Zienkiewicz O. C., Taylor R. L., Zhu J. Z. The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals. 7th ed. Butterworth-Heinemann, 2013. 756 p.
17. Meshcheryakov E. Yu., Valeev A. S., Allaberdin A. B. Rationale for parameters of a combined filling mass in ascending exploitation mining. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta imeni G. I. Nosova.* 2014. No. 4. pp. 10–13.