

13. Jarvie-Eggart M. E. Responsible Mining: Case Studies in Managing Social & Environmental Risks in the Developed World. Englewood, Colorado: Society for Mining, Metallurgy and Exploration, 2015. 804 p.
14. Kaplunov D. R., Rylnikova M. V., Radchenko D. N. Implementing the concept of sustainable development of mountain territories – expansion basis of mineral resources sector of the Russian Rederation. *Ustoychivoe razvitie gornyykh territoriy*. 2015. No. 3(25). pp. 46–50.
15. Galchenko Yu. P., Sabyanin G. V. Problems of geotechnology of vein deposits. Moscow : Nauchtekhlitizdat, 2011. 367 p.
16. Kalmykov V. N., Rylnikova M. V., Petrova O. V., Plesovskikh T. P. Technique of an estimation of ekologo-economic efficiency of development of a site of bowels. *Marksheyderskiy vestnik*. 2012. No. 1. pp. 59–64.
17. Trubetskoy K. N., Zakharov V. N., Kaplunov D. R., Rylnikova M. V. Efficient technologies for mineral waste use – The basis of the environmental safety of subsoil development. *Gornyy Zhurnal*. 2016. No. 5. pp. 34–40. DOI: 10.17580/gzh.2016.05.03
18. Tuazon D., Corder G., Powell M., Ziemski M. A practical and rigorous approach for the integration of sustainability principles into the decision-making processes at minerals processing operations. *Minerals Engineering*. 2012. Vol. 29. pp. 65–71.
19. Moran C., Lodhia S., Kunz N., Huisingh D. Sustainability in mining, minerals and energy: new processes, pathways and human interactions for a cautiously optimistic future. *Journal of Cleaner Production*. 2014. Vol. 84. pp. 1–15.

УДК 622.342.1

ТЕХНОЛОГИЯ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АО «ЮЖУРАЛЗОЛОТО ГРУППА КОМПАНИЙ»



К. И. СТРУКОВ,
президент,
канд. техн. наук,
ООО «УК ЮГК», Челябинск, Россия



Р. В. БЕРГЕР,
управляющий директор,
ugold@ugold.ru,
АО «ЮГК», Пласт, Россия

Рассмотрены применяемые на предприятиях АО «Южуралзолото Группа Компаний» технологии добычи и переработки золото-содержащих руд в плане развития и совершенствования. Показано, что рациональное сочетание ресурсосберегающих и экологически сбалансированных геотехнологий способствует наиболее полному извлечению золота из недр.

Ключевые слова: золоторудные месторождения, АО «Южуралзолото Группа Компаний», геотехнология, запасы, ресурсосбережение, производительность, безопасность, экология.

DOI: 10.17580/gzh.2017.09.02

Введение

В настоящее время производственная ситуация на золоторудных месторождениях, обрабатываемых АО «Южуралзолото Группа Компаний» (АО «ЮГК»), характеризуется усложнением горно-геологических и геомеханических условий добычи руд, дальнейшим углублением горных работ, снижением содержания золота в эксплуатируемых запасах. Техногенная нарушенность породного массива существенно влияет на эффективность разработки месторождений. С глубиной возрастают частота и интенсивность горного давления, так как руды и вмещающие породы характеризуются высокой прочностью, склонностью к накоплению упругой энергии.

Вышеперечисленные негативные обстоятельства предопределяют необходимость поиска технологических решений, способствующих снижению эксплуатационных затрат, увеличению интенсивности отработки запасов, росту производственной мощности рудников и нейтрализации факторов, усложняющих геомеханическую обстановку на месторождениях [1–4]. Для этого с учетом современных тенденций развития и совершенствования тех-

нологии добычи и переработки золотосодержащих руд был проведен анализ изменившейся горнотехнической и геомеханической ситуации, современного состояния сырьевой базы, накопленных экологических проблем.

Опробование окolorудноносных зон и вмещающих пород показало наличие в них золота. Мощность оруденений колеблется от 3 до 15 м при относительно невысоком среднем содержании золота до 0,3 г/т. В связи с ростом цен на золото выемка таких запасов стала экономически целесообразной.

Из всех существующих ныне способов разработки, применяемых в мире, на горных предприятиях АО «ЮГК» наибольшее распространение получили открытый, подземный, комбинированный с сочетанием открытых, подземных и физико-химических геотехнологий, кучное выщелачивание. В настоящее время рассматривается возможность применения подземного блокового выщелачивания бедных руд на больших глубинах, что обусловлено стремлением к сокращению затрат и улучшению условий труда, обеспечению безопасности горных работ.

На основе анализа опыта отработки месторождений [5–7] и по результатам выполненных научно-исследовательских работ определены основные технологические решения, направленные на обеспечение устойчивого функционирования предприятий, входящих в АО «ЮГК». Этому способствует освоение запасов минерализованных зон, повышение производительности труда, утилизация хвостов обогащения. Проведены опытно-промышленные испытания по внедрению камерной системы разработки со скважинной отбойкой и применением самоходного оборудования. Изучается вопрос о повторной разработке месторождений с закладкой выработанного пространства отходами обогащения руд [8–10]. Исчерпание резерва свободных площадей для дальнейшего размещения хвостов обогащения на поверхности способствует поиску альтернативных способов их складирования, а именно – в выработанном пространстве в качестве компонента твердеющих закладочных смесей или использования гидрозакладки в качестве монокомпонента [11, 12].

Ниже рассматриваются наиболее крупные и сложные по условиям освоения минеральные и производственные объекты АО «ЮГК».

Месторождения Урала

Кочкарское месторождение представлено жильными зонами золотокварцевых малосульфидных руд. Внутреннее строение рудных жил осложняется наличием практически в каждой из них пространственно обособленных линз. Мощность жил чаще всего составляет 0,5–1 м, угол падения – 80–90°.

Месторождение отработывают подземным способом с 1867 г. В настоящее время горные работы на Центральном рудном поле ведут в шахтах «Центральная» и «Восточная» по 18 жилам (из 117 разведанных) на горизонтах 470, 550, 600, 662, 650, 700 и 750 м. Производительность каждой шахты по горной массе достигает 130 тыс. м³, по руде – 320 тыс. т в год. Запасы месторождения оценены в 50 т золота. Обеспеченность разведанными запасами составляет около 15 лет. Месторождение планируется разрабатывать до глубины 750 м от поверхности.

Разнообразие горно-геологических условий залегания жил Кочкарского месторождения обусловило за время его эксплуатации применение различных систем разработки: с магазинированием руды; подэтажных штреков, вертикальными прирезками с комплексом машин на монорельсе КОВ-25; горизонтальными слоями с гидравлической закладкой; слоевым обрушением; прорабатывались варианты этажно-камерной системы разработки с закладкой твердеющими смесями или инертными материалами. Наибольшее распространение в последние годы получила система разработки с подэтажными штреками, что объясняется требованием роста объемов производства при снижении содержания золота в добываемых рудах.

Использование закладки выработанных пространств приводит к изменению порядка отработки запасов этажей. С целью сниже-

ния затрат на формирование искусственных массивов в настоящее время прорабатывается вариант перехода на восходящую выемку.

В свою очередь, применение гидравлической закладки выработанных пространств с утилизацией цианированных хвостов обогащения позволяет существенно снизить риск обрушения пород в горные выработки, сократить потери полезного ископаемого, стабилизировать геомеханическую ситуацию под подрабатываемыми горными работами объектами преимущественно промышленного назначения [13–19].

Добытую руду месторождения перерабатывают в г. Пласт на фабрике законченного цикла обработки (ФЗЦО) им. Артема производительностью 600 тыс. т в год. Среднегодовой выпуск золота на ФЗЦО составляет 1–1,2 т. Бедные руды перерабатывают на золотоизвлекательной фабрике (ЗИФ). Из-за увеличенного объема переработки руды в 2011 г. закончена реконструкция ЗИФ производительностью до 4 млн т руды в год и с технологией сорбционного выщелачивания золота на активированный уголь; в 2012 г. начато строительство III очереди хвостохранилища ЗИФ. Общим в технологической схеме обогащения руд является прямое цианирование всей рудной массы с некоторыми различиями в технологии осаждения золота. На ФЗЦО в начале процесса свободное золото в количестве около 30 % извлекается в гравиконцентрат, который после доизмельчения направляется в общую схему обогащения. После сгущения пульпа поступает на ЗИФ в отделение сорбции, где золото выщелачивается по схеме «уголь в пульпе».

Светлинское – наиболее крупное в Челябинской области золоторудное месторождение. В пределах месторождения выделены пять рудных зон, различающихся по степени выветривания и сульфидности, разделенных безрудными прослоями. Месторождение разрабатывается открытым способом с 1992 г. Доля этого объекта в золотодобыче на месторождениях АО «ЮГК» Челябинской области достигает 40 %. В настоящее время глубина существующего карьера составляет 180 м от поверхности, проектная – 312 м. Запасы золота промышленных категорий в контуре проектного карьера оцениваются в 30 т (срок отработки – 8 лет); разведанных запасов с глубины от 312 до 600 м – 30 т, до глубины 800 м – еще около 20 т. В настоящее время прорабатывается вариант реконструкции карьера с переходом на циклично-поточную технологию с крутонаклонными конвейерами и доставкой руды на Светлинскую обогатительную фабрику. Проектная глубина карьера при этом будет 580 м.

Для переработки руд данного месторождения в 2015 г. была запущена Светлинская ЗИФ, строительство которой было начато в 2012 г. Фабрика, оснащенная самым современным оборудованием, рассчитана на переработку рекордных для отрасли 8 млн т руды в год с содержанием золота до 0,3 г/т. Благодаря строительству ЗИФ увеличились объемы переработки ранее экономически невыгодных запасов бедных руд, повысилась эффективность и снизились транспортные расходы на перевозку руды с карьерного склада до фабрики.

В 2017 г. плановые ежемесячные задания по добыче горной массы на месторождении составляют около 1,5 млн м³; годовое задание – 18 млн м³, в том числе 7 млн 416 тыс. т руды.

Березняковское месторождение представлено маломощными сложнопостроенными линзами и жилами сплошных и вкрапленных золотосульфидных руд со средними содержаниями золота 3–10 г/т. Длина рудных тел по простиранию варьирует от 60 до 480 м (средняя 220 м), по падению – от 55 до 450 м (средняя 170 м); мощность также изменяется в широких пределах – от 1 до 35 м, в среднем составляя 13 м. Кроме того, для рудных тел объекта характерно почти закономерное чередование через 40–100 м бедных рудных зон (до 2–3 г/т) и богатых рудных пересечений (10–60 г/т).

Разработка месторождения предусмотрена открытым способом. В настоящее время обрабатывается только центральная его часть; глубина карьера составляет 120 м (проектная – 140 м). Сейчас проходит завершающий этап геологического изучения объекта. После переоценки запасов планируется развитие карьера до глубины 500 м с прогнозными запасами 32 т (срок отработки – 15 лет).

Проведенные исследования показали, что из существующих технологий переработки упорных руд месторождения самым подходящим является метод автоклавного выщелачивания. Руководством АО «ЮГК» было принято решение о строительстве новой ЗИФ. Закладка фундамента состоялась 6 октября 2010 г. Менее трех лет потребовалось строителям и специалистам для того, чтобы этот масштабный инвестиционный проект закончить. Производительность фабрики составляет 1 млн т руды в год, а среднегодовое производство золота – 1,5–1,8 т.

Месторождение Южный Курасан. Всего на месторождении разведано девять рудных тел (со средними содержаниями золота 5–7 г/т), которые располагаются кулисообразно в виде субвертикальных линз и залежей размером 37–220 м по простиранию, 60–260 м по падению при мощности рудных тел 1–35 м.

Месторождение разрабатывали карьером в 1977–1987 гг. до глубины 110 м от поверхности. В настоящее время АО «ЮГК» ведет вскрышные работы по разному бортов карьера «Южный Курасан» до проектного контура глубиной 190 м.

Месторождение Западный Курасан, открытое также в 1951 г., представлено вкрапленными золотосульфидными рудными телами штокообразной формы со средним содержанием золота 3–4 г/т. Всего на объекте разведано 31 рудное тело. Месторождение начали разрабатывать карьером в 1992–1994 гг. до глубины 12 м от поверхности. Открытые работы были возобновлены в 2007 г., и в настоящее время фактическая глубина карьера составляет 100 м.

Переработка руды Курасанской группы месторождений осуществляется на опытно-промышленной установке кучного выщелачивания производительностью 1 млн т руды в год. Общие запасы промышленных категорий на обоих месторождениях составляют 15 т золота, прогнозные – 37 т.



Установка кучного выщелачивания

Производственные объекты Сибири

ПАО «Коммунарковский рудник» в Республике Хакасия ведет добычу золотосодержащих руд открытым и подземным способами на двух месторождениях – *Коммунарковском* и *Тургаул*. Строение Коммунарковского месторождения сложное, мелкоблоковое, по вертикали оруденение имеет размах до 870 м, в плане образует полосу 2,5×0,7 км. На месторождении выделяются жильные зоны, штокверки, скарновые линзы и сульфидные залежи. Свободное золото распределено крайне неравномерно. Начало добычи золота на объекте относится к 1833 г.

С 2001 г. предприятие входит в структуру АО «ЮГК». В результате проведенной в последующий период большой аналитической работы были определены приоритетные направления развития горных работ. Это, во-первых, вскрытие и отработка глубоких горизонтов месторождения ниже уровня последнего штольнего горизонта на 120 м; вскрытие запасов было осуществлено нетрадиционным для рудника способом – наклонным спиральным съездом с помощью высокопроизводительной самоходной техники – погрузочно-доставочных машин и подземных самосвалов. Во-вторых, – это увеличение объемов добычи руды открытым способом на базе имеющихся и пересчитанных по более низким условиям запасов.

Весной 2016 г. вступила в очередной этап реконструкция ЗИФ рудника с выходом на годовой объем переработки руды в 1 млн т. Реконструкция предусматривает строительство и техническое оснащение новых производственных корпусов для дробильной и измельчительной стадий обработки руды, а также переоборудование последующих переделов – сгущения, цианирования, сорбции, десорбции угля, его кислотной обработки и термической реактивации на существующих площадях. Полная модернизация ЗИФ позволит увеличить производственную мощность предприятия в два раза и выпускать 1,2–1,5 т золота в год. Кроме того, начато строительство хвостохранилища III очереди для складирования отходов переработки руды на ближайшие 30 лет.

Сегодня Коммунарковский рудник – современное горнодобывающее предприятие, занимающее в регионе первое место по

золотодобыче. Достигнута годовая производственная мощность предприятия – 690 тыс. т рудной массы в год; программой 2017 г. предусмотрено 850 тыс. т.

ООО «Дарасунский рудник» в Забайкальском крае вошел в структуру АО «ЮГК» с октября 2007 г. и имеет лицензию на право пользования недрами *Дарасунского* и *Талатуйского* месторождений.

Дарасунское месторождение золотосульфидной формации является жильным. Количество жил с балансовыми и забалансовыми запасами достигает 180, количество подсчетных блоков – около 8700. По сложности геологического строения объект относится к 3-й группе. Месторождение было открыто в 1902 г., в 1916 г. была начата его отработка подземным способом. Месторождение вскрыто пятью стволами и семью штольнями. В настоящее время действует только шахта «Юго-Западная». Глубина вскрытия запасов на ней – 817 м, высота эксплуатационных горизонтов – 50 м. В рудах, кроме золота, содержатся попутные компоненты – серебро, медь, висмут, сера. Вредной примесью является мышьяк. Разработку ведут по системе с магазинированием руды. Переработка руд осуществляется на Дарасунской ЗИФ с извлечением золота и серебра; шламы складировать в спецотвал.

Талатуйское месторождение открыто в 1965–1968 гг. В 1979 г. было проведено уточнение запасов категории С₁ по рудным зонам № 2 и 3, для чего были пробурены восстающие буровые скважины по сетке 30×40 м. С 2008 г. разработку месторождения ведут открытым способом. Проектная производительность карьера была достигнута в 2015 г. – 200 тыс. т руды; из нее извлечено 375,3 кг золота. В целях перспективного развития месторождения разработано и утверждено в ГКЗ РФ ТЭО постоянных разведочных кондиций и осуществлен перерасчет запасов по объекту.

ООО «Соврудник», расположенный в Северо-Енисейском районе Красноярского края, вошел в состав АО «ЮГК» в 2015 г. По состоянию на начало 2017 г. добычу открытым способом ведут на трех месторождениях: *Эльдорадо*, *Ишмурат* и

Доброве; общий ресурсный потенциал их составляет 100 т золота. Добываемые руды классифицируются как малосульфидные, золотокварцевые. Переработка их и производство золота осуществляется на ЗИФ «Советская», расположенной в пос. Северо-Енисейский, по технологии гравитационно-флотационного обогащения с последующим сорбционным выщелачиванием концентрата и переработкой продуктивных растворов с использованием ионообменных смол. Продуктивные растворы, получаемые на установке кучного выщелачивания месторождения Эльдорадо, перерабатываются по технологии угольной сорбции. С целью увеличения производительности фабрика в 2009–2015 гг. была последовательно подвергнута коренной реконструкции, что позволило по итогам 2016 г. переработать за год 4 млн т руды.

Заключение

В силу объективных обстоятельств для АО «ЮГК» актуальной задачей является изыскание комплексных технологий, позволяющих обеспечить экономическую эффективность недропользования, ресурсосбережение и энергоэффективность горных работ, безопасное освоение запасов полезных ископаемых и минимизация негативного воздействия на окружающую природную среду горнодобывающего региона.

Для решения этой задачи на предприятиях АО «ЮГК» в последнее десятилетие успешно внедряют физико-технические (подземные, открытые) и физико-химические (выщелачивание) способы добычи и переработки золотосодержащих руд. Применяются комбинированные системы разработки жильных месторождений со шпуровой и скважинной отбойкой, созданы комплексные схемы управления качеством рудопотоков с переработкой добываемого сырья на полигонах кучного выщелачивания либо комбинированным методом на обогатительной фабрике. В целом на предприятиях АО «ЮГК» достигнуто ежегодное увеличение объемов добычи и производства золота, повышена производительность труда, сокращаются площади отторгаемых земель для размещения отходов обогащения.


Библиографический список

1. Трубецкой К. Н., Каплунов Д. Р., Рыльникова М. В. Принципы обоснования параметров устойчивого и экологически сбалансированного освоения месторождений твердых полезных ископаемых // Условия устойчивого функционирования минерально-сырьевого комплекса России. 2014. Вып. 2. № 12. С. 3–10.
2. Галченко Ю. П., Сабянин Г. В. Проблемы геотехнологии жильных месторождений. – М.: Научтехлитиздат, 2011. – 367 с.
3. Trubetskoy K. N., Galchenko Y. P. Methodology for estimating promising development paradigm for mineral mining and processing industry / Journal of Mining Science. 2015. Vol. 51. No. 2. P. 407–415.
4. Trubetskoy K. N., Kaplunov D. R., Rylnikova M. V., Radchenko D. N. New approaches to designing resource-reproducing technologies for comprehensive extraction of ores // Journal of Mining Science. 2011. Vol. 47. No. 3. P. 317–323.
5. Развитие ресурсосберегающих и ресурсовоспроизводящих геотехнологий комплексного освоения месторождений полезных ископаемых / под ред. К. Н. Трубецкого. – М.: ИПКОН РАН, 2012. – 205 с.
6. Каплунов Д. Р. Развитие производственной мощности подземных рудников при техническом перевооружении. – М.: Наука, 1989. – 263 с.
7. Kalabin G. V. Integrated development of mineral mining and processing regions – real mechanism of stagewise transition to ecological-and-economic model of social modernization // Journal of Mining Science. 2015. Vol. 51. No. 2. P. 416–422.
8. 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 им. Г. И. Носова. 2016. Т. 4. № 3. С. 13–20.
9. Бергер Р. В., Казилев П. В., Калмыков В. Н., Кульсаитов Р. В., Гоготин 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: МГТУ, 2015. С. 116–117.
10. Гоготин А. А., Кульсаитов Р. В., Исламов А. З. Обоснование конструктивных элементов систем разработки при повторном освоении Кочкарского золоторудного место-

рождения с применением существующей сети выработок // Проблемы и перспективы комплексного освоения недр и сохранения земных недр : матер. междунар. науч.-техн. конф. – М. : ИПКОН РАН, 2014. С. 194–197.

11. Дик Ю. А., Манин А. А., Егоров М. А., Рахматуллина К. Ж. Использование хвостов обогащения для закладки выработанного пространства подземных рудников // Глобус: геология и бизнес. 2013. № 5. С. 50–54.
12. Туркин И. С., Рылникова М. В., Ангелов В. А. Обоснование технологической схемы и комплекса оборудования для утилизации текущих хвостов обогащения в выработанном подземном пространстве // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. № 9. С. 62–69.
13. Трубецкой К. Н., Галченко Ю. П., Бурцев Л. И. Экологические проблемы освоения недр при устойчивом развитии природы и общества. – М. : Научтехлитиздат, 2003. – 262 с.
14. Рылникова М. В., Радченко Д. Н. Создание в России научного центра по изучению

экологически сбалансированного цикла комплексного освоения месторождений твердых полезных ископаемых // Горный журнал. 2014. № 12. С. 4–7.

15. Packey D. J. Multiproduct mine output and the case of mining waste utilization // Resour. Policy. 2012. Vol. 37. No. 1. P. 104–108.
16. Chapman N., Hooper A. The disposal of radioactive wastes underground // Proceedings of the geologists association. 2012. Vol. 123. No. 1. P. 46–63.
17. Thrybom L., Neander J., Hansen E., Landemas K. Future Challenges of Positioning in Underground Mines // IFAC-PapersOnLine. 2015. Vol. 48. No. 10. P. 222–226.
18. Jarvie-Eggart M. E. Responsible Mining: Case Studies in Managing Social & Environmental Risks in the Developed World. – Colorado : Society for Mining, Metallurgy and Exploration, 2015. – 804 p.
19. Costanza R. A theory of socio-ecological system change // Journal of Bioeconomics. 2014. Vol. 16(1). P. 39–44. 

«GORNYI ZHURNAL», 2017, № 9, pp. 11–15

DOI: 10.17580/gzh.2017.09.02

Mining-and-processing technology at UGC Gold Mining Company

Information about authors

K. I. Strukov¹, Founder and President, Candidate of Engineering Sciences

R. V. Berger², Managing Director, ugold@ugold.ru

¹ UGC Management Company, Chelyabinsk, Russia

² UGC Gold Mining Company, Plast, Russia

Abstract

Transition to deeper level mining at lode gold deposits is accompanied by the reduced gold content of ore, complication of geomechanical situation and appreciation of gold ore production and haulage. The analysis of the performance of mines of UGC Gold Mining Company shows that considerable ore reserves remain left as non-commercial reserves in the course of mining as their extraction was assumed unprofitable at the moment.

Under such circumstances, it is important to improve efficiency of subsoil use at operating and new deposits and to minimize gold ore loss during mining upon conditions of built-up production output and rate and maximized safety of mining.

It is shown that the sound combination of geotechnologies at UGC, at high completeness and quality of ore production and gold extraction based on the effectual mineral quality control in the course of energy-efficient formation, navigation of conversion of mineral flows is the guarantee of sustainable growth of production capacity of the Holding as of today.

Keywords: gold, ore deposit, UGC Gold Mining Company, geotechnology, reserves, resource saving, production, safety, ecology.

References

1. Trubetskoy K. N., Kaplunov D. R., Rylnikova M. V. The principles of parameters justification of sustainable and ecologically balanced exploitation of solid mineral resources. *Usloviya ustoychivogo funktsionirovaniya mineralno-syrevogo kompleksa Rossii*. Moscow : Gornaya kniga, 2014. Iss. 2. pp. 3–10.
2. Galchenko Yu. P., Sabyanin G. V. Problems of geotechnology of vein deposits. Moscow : Nauchtekhlitizdat, 2011. 367 p.
3. Trubetskoy K. N., Galchenko Y. P. Methodology for estimating promising development paradigm for mineral mining and processing industry. *Journal of Mining Science*. 2015. Vol. 51, No. 2. pp. 407–415.
4. Trubetskoy K. N., Kaplunov D. R., Rylnikova M. V., Radchenko D. N. New approaches to designing resource-reproducing technologies for comprehensive extraction of ores. *Journal of Mining*

Science. 2011. Vol. 47, No. 3. pp. 317–323.

5. Development of resource-saving and resource-reproduction geotechnologies of complex mastering of mineral deposits. Ed.: K. N. Trubetskoy. Moscow : IPKON RAN, 2012. 205 p.
6. 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.
7. Kalabin G. V. Integrated development of mineral mining and processing regions – real mechanism of stagewise transition to ecological and economic model of social modernization. *Journal of Mining Science*. 2015. Vol. 51, No. 2. pp. 416–422.
8. 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.
9. Berger R. V., Kazilov P. V., Kalmykov V. N., Kulsaitov R. V., Gogotin A. A. About the possibility of involvement of prospecting sites of Kochkarskoye gold ore deposit in redevelopment. *Combined geotechnology: stable and ecologically balanced mastering of soils : materials of International scientific-technical conference*. Magnitogorsk : MGU, 2015. pp. 116–117.
10. Gogotin A. A., Kulsaitov R. V., Islamov A. Z. Substantiation of structural components of mining systems during the secondary mastering of Kochkarskoye 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.
11. Dik Yu. A., Manin A. A., Egorov M. A., Rakhmatullina K. Zh. Mine refuses use for goaf stowing of underground mines. *Globus: geologiya i biznes*. 2013. No. 5. pp. 50–54.
12. Turkin I. S., Rylnikova M. V., Angelov V. A. Basic process scheme and the complex equipment for recycling current tailings in a depleted underground space. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten*. 2014. No. 9. pp. 62–69.
13. Trubetskoy K. N., Galchenko Yu. P., Burtsev L. I. Ecological problems of soil mastering during the stable development of nature and society. Moscow : Nauchtekhlitizdat, 2003. 262 p.
14. Rylnikova M. V., Radchenko D. N. Creating research center for the environmentally sound and comprehensive utilization of hard minerals in Russia. *Gornyy Zhurnal*. 2014. No. 12. pp. 4–7.
15. Packey D. J. Multiproduct mine output and the case of mining waste utilization. *Resource Policy*. 2012. Vol. 37, No. 1. pp. 104–108.
16. Chapman N., Hooper A. The disposal of radioactive wastes underground. *Proceedings of the geologists association*. 2012. Vol. 123, No. 1. pp. 46–63.
17. Thrybom L., Neander J., Hansen E., Landemas K. Future Challenges of Positioning in Underground Mines. *IFAC-PapersOnLine*. 2015. Vol. 48, No. 10. pp. 222–226.
18. Jarvie-Eggart M. E. Responsible Mining: Case Studies in Managing Social & Environmental Risks in the Developed World. Colorado : Society for Mining, Metallurgy and Exploration, 2015. 804 p.
19. Costanza R. A theory of socio-ecological system change. *Journal of Bioeconomics*. 2014. Vol. 16(1). pp. 39–44. 