

УДК: 622.013.364

Рожков Артём Андреевич
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
лаборатории подземной геотехнологии,
Институт горного дела УрО РАН,
620075 г. Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, 58
e-mail: 69artem@bk.ru

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ РУДНОЙ МЕЛОЧИ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ*

Аннотация:

Статья посвящена проблеме потерь минерального сырья при подземной разработке месторождений в результате переизмельчения руды. В соответствии с основным принципом рационального природопользования полнота извлечения запасов из недр, значительные потери переизмельченной неметаллической и металлической руды являются неприемлемыми. В рамках решения данной проблемы необходимо выполнить комплекс задач, в числе которых обобщение существующих способов снижения потерь рудной мелочи и выявления условий и факторов, определяющих эффективность их применения. В результате проведенного анализа выделены и охарактеризованы основные способы снижения потерь рудной мелочи, установлены основные и специфические условия и факторы. Разработана систематизация данных способов, учитывающая порядок реализации их относительно очистной выемки и состояние выработанного пространства.

Классифицирующим признаком в предлагаемой систематизации является класс применяемой системы разработки, определяющий состояние очистного пространства в процессе и по окончании выемки основных запасов блока. В качестве группирующего признака предлагается последовательность осуществления способов снижения потерь относительно очистной выемки. Конкретные способы в рамках систематизации являются частными вариантами.

Разработка соответствующего методологического аппарата на основе использования предложенной систематизации позволяет наиболее полно учесть и выделить перспективные направления совершенствования технологий и способов снижения ущерба от образования мелких фракций при подземной добыче полезных ископаемых.

Ключевые слова: подземная геотехнология, рудная мелочь, потери, класс систем разработки, способы снижения потерь, систематизация, порядок осуществления, очистная выемка.

DOI: 10.25635/2313-1586.2021.03.016

Rozhkov Artem A.
Candidate of Technical Sciences,
Senior Researcher,
Laboratory of underground geotechnology,
Institute of Mining, Ural Branch of RAS,
620075 Ekaterinburg,
58 Mamina-Sibiryaka Str.
e-mail: 69artem@bk.ru

SYSTEMATIZATION OF METHODS TO REDUCE LOSSES OF FINE ORE DURING UNDERGROUND MINING

Abstract:

The article is concerned with the problem of losses of mineral raw materials during underground mining because of ore overgrinding. In accordance with the principles of rational nature management and extraction completeness of reserves from the subsoil, significant losses because of overgrinding of non-metallic and metallic ores are unacceptable. In the furtherance of this goal, it is necessary to perform a set of tasks, including a generalization of existing methods to reduce the loss of fine ore and the identification of specific factors determining the efficiency of their application.

After analysis we identified and characterized the main methods of reducing the loss of ore fines, established the main and specific conditions and factors acting during their application. We offer a systematization of these methods, which takes into account the class of the applied mining system, determining the state of the stopping.

The classifying feature in the proposed systematization is the class of the used development system, which determines the state of the sloping space during and after the excavation of the main reserves of the block. As a grouping feature, we propose the sequence of implementation of methods for reducing losses relative to the cleaning excavation. Specific methods within the framework of systematization are private options.

The development of an appropriate methodological apparatus based on the use of the proposed systematization will reveal promising directions in the creation of technologies and methods for reducing damage from fine fractions during underground mining, which will further facilitate the adoption of strategic decisions at the design stage of the mining system.

Key words: underground geotechnology, ore fines, losses, class of mining systems, loss reducing methods, systematization, sequence of implementation, stopping.

* Исследования выполнены в рамках Госзадания № 075-00581-19-00, тема № 0405-2019-0005.

Введение

При подземной разработке месторождений остро стоит проблема потерь обогащенной рудной мелочи в результате переизмельчения руды при ее извлечении. В зависимости от условий конкретного горнодобывающего предприятия под определение рудной мелочи попадают фракции размером до 100 мм [1, 2]. Основными причинами переизмельчения (процесса образования рудной мелочи) являются бризантное действие взрыва при отбойке руды и механическое взаимодействие кусков руды между собой и с конструктивными элементами применяемой системы разработки [3]. В зависимости от типа добываемых руд, применяемых технологий, параметров и условий ведения очистных работ объем данного вида потерь обуславливается различными факторами, основными из которых являются требования технологии обогащения к минимальной кондиционной крупности куска (или структурной сохранности) и концентрационно-сегрегационные процессы при выпуске, доставке и транспортировании руды.

Основным требованием по рациональному использованию и охране недр при добыче минерального сырья является обеспечение наиболее полного и комплексного извлечения природных ресурсов (Закон РФ «О недрах»). Соответственно, значительные потери переизмельченной неметаллической рудной мелочи (до 20 – 25 % и более) с уникальными свойствами и обогащенной металлической (5 – 10 % и более) с высоким содержанием являются неприемлемыми. Также неоднозначными вопросами являются безопасность, технологичность и эффективность мероприятий по дополнительному извлечению мелких фракций.

Исходя из вышесказанного, очевидно, что разработка решений, направленных на снижение такого вида потерь является актуальной научно-технической проблемой. В рамках решения данной проблемы необходимо выполнить обобщение существующих способов снижения потерь рудной мелочи и выявление основных и специфических факторов, влияющих на эффективность их применения. Принимая во внимание многообразие способов и отсутствие в настоящий момент их детальной систематизации в соответствии с каким-либо руководящим принципом, представляется целесообразным создание такой систематизации, позволяющей объективно обосновать и выбрать наиболее рациональный и универсальный способ, а также определить перспективные направления в разработке новых технических решений.

Основные способы снижения потерь рудной мелочи

Под способом снижения потерь рудной мелочи нами понимается осуществление отдельных мероприятий, технических решений или их совокупности, направленных на предотвращение, ликвидацию или минимизацию негативных последствий переизмельчения полезного ископаемого в результате ведения очистных работ при его добыче.

Для определения классифицирующих признаков и дальнейшей систематизации способов снижения потерь рудной мелочи по группам и вариантам следует рассмотреть и охарактеризовать основные из них, применяемые и предлагаемые к применению в условиях подземной разработки месторождений.

Анализ научно-технической литературы позволил выделить следующие способы [4 – 34].

Селективный способ, заключающийся в применении технологии селективной очистной выемки с применением различных настилов или жестких перекрытий (металлических, бетонных, резиновых, деревянных и т.д.), препятствующих проникновению мелочи в закладочный материал [4, 5] или замагазинированную породу [6].

Буровзрывной способ, заключающийся в ведении буровзрывных работ на очистной выемке щадящими и ресурсосберегающими способами, направленными на снижение выхода переизмельченных фракций – с применением низкобризантных взрывчатых веществ (ВВ) [7, 8], рассредоточенной конструкции зарядов ВВ [9-11], за-

рядов ВВ с водяным кольцевым зазором [12], опережающего щелеобразования по плоскости расположения зарядов [13, 14] и др.

Конструктивный способ, заключающийся в создании условий самотечного выпуска мелких фракций руды, например, формировании поверхности лежачего бока с низким классом шероховатости и крутым углом откоса для предотвращения скапливания мелочи [15].

Селективно-буровзрывной способ заключается в придании контрастного гранулометрического состава руде (более крупного) и породе (более мелкого) с их отдельной отбойкой, что позволяет минимизировать проникновение руды в породную закладку и качественно отделить их при выпуске или дальнейших технологических процессах друг от друга [16].

Конструктивно-буровзрывной способ заключается в создании условий самотечного выпуска мелких фракций руды совместно с минимизацией их выхода в результате взрывной отбойки ресурсосберегающими способами.

Ручной способ, осуществляющийся рабочими, находящимися в очистном пространстве при помощи различных приспособлений (щеток, метел и т.п.).

Гидрозащитка – с использованием для смыва и перемещения мелких фракций с лежачего бока очистного пространства энергии напорного (гидравлического) [17], слабонапорного [18] или безнапорного (шахтный сель) водного потока [19].

Вакуумный способ, основанный на использовании для сбора мелкофракционного материала (до 50 мм) вакуумных установок [20], иногда с применением специальных реагентов, предотвращающих смерзание рудной мелочи [21].

Пневматический способ заключается в использовании для перемещения рудной мелочи энергии сжатого воздуха [22].

Механический способ, включающий множество разновидностей, основанных на применении механических устройств, таких как погрузо-доставочные машины, скреперные установки, металлические ерши, бульдозеры (в том числе с дистанционным управлением) и др. [23, 24].

Взрывной способ, представляющий собой зачистку лежачего бока ударно-воздушной волной от взрыва заряда ВВ, размещаемого на лежачем боку очистного пространства в специальной таре [25] или сброс рудной мелочи сотрясательным взрыванием зарядов ВВ, располагаемых в скважинах, пробуренных на некотором удалении в породах параллельно плоскости пород лежачего бока очистного пространства [26].

Кинетический способ заключается в зачистке лежачего бока путем сообщения скоплениям мелких фракций руды энергии движения сбрасыванием на них твердого вещества (например, более крупных кусков руды) [27].

Гидромеханический способ заключается в том, что рудная мелочь перемещается под воздействием воды в зону работы механических средств зачистки (скрепер, погрузочно-доставочная машина с дистанционным управлением и т.п.) [28]. Другой разновидностью данного способа является применение механических устройств, оборудованных водопитающим шлангом и распределительными насадками, перемещаемых в очистном пространстве при помощи лебедки [29].

Вакуумно-механический способ состоит в использовании вакуумных установок в комплексе с механическими устройствами, предварительно разрыхляющими запрессованную, слежавшуюся или смерзшуюся рудную мелочь [30].

Пневмомеханический способ, заключающийся в применении устройств, оборудованных средствами для механического разупрочнения слоя зависшей рудной мелочи и ее последующего перемещения струей сжатого воздуха [31].

Конструктивный с гидрозащиткой осуществляется предварительной проходкой специальной выработки-русла с «гладкой» поверхностью (свойство придается путем цементирования) и последующей его зачисткой от руды и рудной мелочи

водным потоком [32] или формированием на поверхности лежащего бока желобов, повышающих эффективность гидрозачистки выемочных блоков [33].

Буровзрывной с гидрозачисткой заключается в целенаправленном применении способов взрывной отбойки с параметрами, обеспечивающими наиболее эффективное использование гидрозачистки поверхности очистного пространства по критерию гранулометрического состава рудной массы [34].

Данные способы приняты для дальнейшего рассмотрения как технически рациональные и прошедшие апробирование в реальных условиях.

*Выявление основных и специфических факторов,
влияющих на способы снижения потерь рудной мелочи*

На выбор основных параметров геотехнологии в наибольшей степени влияют такие горно-геологические условия, как угол падения, мощность и сложность строения рудных тел, устойчивость руд и вмещающих пород и напряженно-деформированное состояние массива (геомеханические условия разработки месторождения). Все перечисленное следует считать основными факторами. С точки зрения образования потерь рудной мелочи наиболее важным из них можно назвать угол падения рудного тела, поскольку, как известно, чем он меньше, тем менее благоприятны условия зачистки лежащего бока выработанного пространства [35] и хуже условия для эффективного выпуска руды в целом [36]. Выделяя отдельно сильное влияние угла падения рудного тела и принимая во внимание большое количество возможных комбинаций горно-геологических условий и главенствующую роль отработки основных запасов выемочной единицы (блока), в качестве основного классифицирующего фактора, влияющего на выбор и эффективность способов снижения потерь рудной мелочи, нами выделен класс применяемой системы разработки. Принятая для отработки основных запасов блока технология и параметры ее конструктивных элементов в полной мере учитывают основные горно-геологические и геомеханические условия, что позволяет отказаться от излишне подробной и громоздкой систематизации данных факторов, характеризующих условия.

К специфическим условиям, определяющим в конечном итоге рациональный и эффективный способ снижения потерь рудной мелочи, относятся следующие факторы. Весьма важную роль играет и тип добываемых руд – металлические (полезный компонент представлен одним или несколькими металлами) и неметаллические (полезным компонентом являются минералы или их соединения, не содержащие металлы) [37]. В первом случае речь идет о рудах благородных, цветных и других металлов (золото, вольфрам, никель, олово, уран и др.) с достаточно низкими содержаниями (менее 0,5 - 1 %), для которых характерен эффект повышенной концентрации рудных минералов в мелких классах руды [17, 38 – 40]. Извлекаемый из очистного пространства объем такой «обогащенной» рудной мелочи потерями не является и поступает в дальнейшую переработку. Однако, вследствие сегрегационных процессов, вызванных движением рудной массы при выпуске, мелкие фракции в значительных количествах скапливаются на поверхностях и неровностях выработанного пространства. Часть мелочи, если это технически осуществимо, при помощи дополнительных технологических мероприятий извлекается, однако, как показывает практика, в большинстве случаев попросту теряется. Во втором случае речь идет, как правило, о неметаллических рудах, весь извлекаемый объем которых крупностью меньше определенного значения или с нарушенной структурой (кварц, магнезит, алмазы и др.) [41 – 44] является прямыми потерями (некондиционным сырьем). Однако встречаются исключения – например, при подземной добыче ангидрита [23].

В качестве следующего специфического фактора следует выделить пространственные условия залегания рудных тел – обособленное, сближенное и рассредоточенное. Под обособленным нами понимается рудное тело, являющееся единственным в шахт-

ном поле или находящееся в полной независимости от ведения горных работ по отработке других рудных тел. Под сближенным залеганием понимается прямое влияние горных работ на условия отработки соседних рудных тел или их совместная выемка. Под рассредоточенным – залегание, при котором очистная выемка оказывает частичное влияние на условия отработки других рудных тел, например, необходимость увязки порядка отработки с поддержанием производственной мощности, развитием зон сдвижения от очистных работ, с численностью штата рабочих и оборудования [45].

Также в качестве самостоятельного фактора, хоть и в значительной мере перекликающегося с предыдущим, выделена интенсивность и концентрация очистных работ [46]. Высокая интенсивность не позволяет проводить мероприятия по извлечению потерь после выемки основных запасов блока. Умеренная – при условии поддержания производительности по добыче руды – допускает частичное проведение дополнительных мероприятий по снижению потерь рудной мелочи. Низкая – способствует проведению дополнительных мероприятий.

В качестве последнего значимого фактора приняты геокриологические условия ведения добычных работ. Помимо смерзания и образования зон «наморозки» рудной мелочи [47], они определяют возможность применения способов снижения потерь, основанных на использовании энергии водного потока [48].

Систематизация способов снижения потерь рудной мелочи

В соответствии с основным выделенным фактором классифицирующим признаком в предлагаемой систематизации способов является класс применяемой системы разработки, определяющий состояние очистного пространства в процессе и по окончании выемки основных запасов блока. В качестве группирующего признака для систематизации предлагается последовательность осуществления способов снижения потерь относительно очистной выемки. Конкретные способы снижения потерь рудной мелочи в рамках систематизации являются частными вариантами.

Способы, осуществляемые на стадии до начала очистных работ в блоке или во время отделения руды от массива, предлагается охарактеризовать как *превентивные*. Способы, осуществляемые после отделения руды от массива в процессе очистной выемки или по ее окончанию, служат реакцией на фактически сложившееся положение – характеризуются как *реактивные*. Способы, при которых на стадии до начала очистных работ в блоке или во время отделения руды от массива проводится целенаправленное создание благоприятных условий для более эффективного применения реактивных способов, относятся к группе *комбинированных*. В группы, помимо самостоятельных способов, входят также и их сочетания между собой.

В предлагаемой систематизации основные и специфические условия и факторы учитываются и управляются на определенных иерархических уровнях. Основные условия отработки рудных тел – при разделении на классы; специфические условия и целесообразный порядок применения способов снижения потерь рудной мелочи – при разделении на группы; практическая возможность осуществления конкретного способа в зависимости от состояния очистного пространства и специфических факторов – при разделении на варианты (табл.).

Предложенная систематизация, отличающаяся введением при группировке способов хронологического признака – последовательности осуществления относительно очистной выемки основных запасов блока – позволит усовершенствовать существующие методологические подходы к обоснованию технологий, направленных на снижение потерь рудной мелочи в зависимости от конкретных условий разработки месторождения.

Таблица

Систематизация способов снижения потерь рудной мелочи

Класс	Группа	Вариант
Система разработки	Последовательность относительно выемки запасов блока	Способ снижения потерь
I. С естественным поддержанием очистного пространства II. С обрушением руды и вмещающих пород III. С искусственным поддержанием очистного пространства IV. Комбинированная	1. Превентивные	1.1. Селективный 1.2. Буровзрывной 1.3. Конструктивный 1.4. Селективно-буровзрывной 1.5. Конструктивно-буровзрывной
	2. Реактивные	2.1. Ручной 2.2. Гидрозащитка 2.3. Вакуумный 2.4. Пневматический 2.5. Механический 2.6. Взрывной 2.7. Кинетический 2.8. Гидромеханический 2.9. Вакуумно-механический 2.10. Пневмомеханический
	3. Комбинированные	3.1. Конструктивный с гидрозащиткой 3.2. Буровзрывной с гидрозащиткой

Заключение

Ущерб, наносимый минерально-сырьевому комплексу в результате снижения эффективности геотехнологий из-за дополнительных технологических операций, трудозатрат и приобретения специальных средств и оборудования для доизвлечения мелочи, а в большинстве случаев от безвозвратных потерь ценного компонента руд, весьма значителен. Предложенная систематизация является основой для разработки и выбора способов при обосновании технологий, обеспечивающих снижение ущерба от образования мелких фракций при подземной добыче полезных ископаемых.

Оценку эффективности способов, зависящих от основных и специфических факторов, следует производить по комплексному критерию, включающему экономические показатели (затраты на осуществление способа, извлекаемая ценность, учитывающая потери рудной мелочи, потенциальный экономический эффект), безопасность их реализации (простота и эффективность осуществления способа, роль человека в процессе) и ресурсный потенциал горнодобывающего предприятия (оборудование, материальные и энергетические ресурсы).

Разработка соответствующего методологического аппарата, позволяющего закладывать на этапе проектирования горнотехнической системы данный вид потерь и наиболее эффективные мероприятия по борьбе с ним, является актуальным направлением дальнейших исследований.

Список литературы

1. Багазеев В.К., Валиев Н.Г., Кокарев К.В., 2015. *Основы подземной геотехнологии*. Екатеринбург, УГГУ, 198 с.
2. Silva J, Worsey T., Lusk B., 2019. Practical assessment of rock damage due to blasting. *International Journal of Mining Science and Technology*, vol. 29, Iss. 3, pp. 379 - 385. DOI: 10.1016/j.ijmst.2018.11.003.

3. Sellers E.J., Salmi E.F., 2020. Breaking new ground: challenges and opportunities for maximizing value from underground blasting. *UMT 2020: Proceedings of the Second International Conference on Underground Mining Technology, Australian Centre for Geomechanics, Perth*, pp. 47 – 76. DOI: 10.36487/ACGrepo/20350.03.
4. Рогизный В.Ф., Хромов В.М., Карпухина М.В., 2020. Технологии селективной выемки маломощных рудных тел с применением малогабаритного самоходного оборудования. *Горная промышленность*, № 1, С. 34 – 41.
5. Валиев Н.Г., Беркович В.Х., Пропп В.Д., Боровиков Е.В., 2020. Практика совершенствования системы разработки горизонтальными слоями с гидрозакладкой при отработке крутопадающего жильного месторождения. *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле*, № 1, С. 171 – 182. DOI 10.46689/2218-5194-2020-1-1-171-182.
6. Глотов В.В., 2007. Технология разработки мелких жильных месторождений с изменчивой мощностью. *Горный информационно-аналитический бюллетень*, № S4, С. 70 – 74.
7. Галченко Ю.П., 2016. Экспериментальные исследования физических процессов, определяющих качественные показатели разработки жильных месторождений. *Инженерная физика*, № 6, С. 75 – 81.
8. Викторов С.Д., Галченко Ю.П., 2018. Теоретические и экспериментальные исследования характера распределения энергии в массиве горных пород при взрыве технологических зарядов. *Инженерная физика*, № 7, С. 43 – 50.
9. Sokolov I.V., Smirnov A.A., Rozhkov A.A., 2019. Technology of blasting of strong valuable ores with ring borehole pattern. *Journal of Mining Institute*, Vol. 237. pp. 285-291. DOI: 10.31897/PMI.2019.3.285.
10. Jhanwar J.C., 2011. Theory and practice of airdeck blasting in mines and surface excavation: A review. *Geotechnical and Geological Engineering*. vol. 29, pp. 651-663. DOI: 10.1007/s10706-011-9425-x.
11. Saqib S., Tariq S.M., Ali Z., 2015. Improving Rock Fragmentation Using Airdeck Blasting Technique. *Pakistan Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 17, pp. 46 – 52.
12. Кульминский А.С., Калмыков В.Н., Котик М.В., Петрова О.В., 2019. Моделирование и опытно-промышленные испытания взрывной отбойки зарядами с водяным кольцевым зазором. *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле*, № 3, С. 225 – 237.
13. Смирнов А.А., Барановский К.В., Рожков А.А., 2020. Применение принципов ресурсосбережения при отбойке крепких трещиноватых руд веерами скважинных зарядов. *Горный информационно-аналитический бюллетень*, № 3 - 1, С. 300 – 312. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-31-0-300-312.
14. Лизункин В.М., Шурыгин С.В., Лизункин М.В., 2015. Результаты испытаний отбойки руды параллельно-сближенными зарядами при отработке урановых руд Стрельцовского месторождения. *Горный информационно-аналитический бюллетень*, № 4, С. 41 – 50.
15. Wu J., 2020. Research on sublevel open stoping recovery processes of inclined medium thick ore body on the basis of physical simulation experiments. *PLoS ONE*, vol. 15(5), e0232640. DOI: 10.1371/journal.pone.0232640.
16. Патент KZ (C) (11) 3603. Способ отбойки крутопадающих тонких жил. Адилов К.Н., Раскильдинов Б.У., Бахарев В.Е., Рудаков С.П., Кононов В.Н., Нурлыбаев Ж.А., Юсупов Х.А. Бюл. № 2, 10.06.1996.
17. Ерзиков Г.С., 1964. Гидравлическая зачистка рудной мелочи – эффективный путь снижения потерь руды. *Цветная металлургия*, № 23, С. 7 – 9.
18. Патент № 2504655 Российская Федерация. Устройство для зачистки отбитой руды с лежачего бока отработанного блока. Ю.П. Требуш; заявитель Федераль-

ное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет». № 2012132851/03; заявл. 31.07.2012; опубл. 20.01.2014.

19. Байтов Ж.К., Волков А.П., Буктуков Н.С., Шамганова Л.С., 2019. Обоснование технологии и параметров обработки наклонных рудных залежей малой и средней мощности с селективной отбитой руды. *Маркшейдерия и недропользование*, № 6 (104), С. 35 – 39.

20. Ломоносов Г.Г., Шангин С.С., Юсимов Б.В., 2013. Повышение извлечения мелких фракций золотосодержащих руд при подземной разработке маломощных месторождений. *Горный информационно-аналитический бюллетень*, № S27, С. 12 – 18.

21. Павлов А.М., Семенов Ю.М., 2007. Применение вакуумной технологии при зачистке руды в условиях криолитозоны рудника «Ирокинда». *Горный информационно-аналитический бюллетень*, № 11. С. 24 – 29.

22. Ситников Р.В., 2010. Гидромеханическая зачистка рудной мелочи – эффективный путь снижения потерь руды. *Вестник Читинского государственного университета*, № 2 (59), С. 18 – 22.

23. Вохмин С.А., Курчин Г.С., Майоров Е.С., 2009. Оценка мест образования потерь ангидрита при камерно-столбовой системе разработки. *Известия вузов. Горный журнал*, № 5, С. 4 – 10.

24. Патент на полезную модель № 135718 Российская Федерация. *Устройство для зачистки рудной мелочи с почвы камеры*. Ю.П. Требуш, И.В. Тарасов, И.В. Стаканов; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет». № 2013126839/03; заявл. 11.06.2013; опубл. 20.12.2013.

25. Патент № 2520986 Российская Федерация. *Способ зачистки отбитой руды при разборке крутопадающих месторождений*. Ю.П. Требуш; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет». № 2013111128/03; заявл. 12.03.2013; опубл. 27.06.2014.

26. Авторское свидетельство № 840364 СССР. *Способ зачистки отработанных блоков*. В.М. Лизункин, Е.С. Волков, Е.А. Баранов; заявитель Всесоюзный научно-исследовательский проектный и конструкторский институт горного дела и цветной металлургии, Читинский филиал. № 2805697; заявл. 11.07.1979; опубл. 23.06.1981.

27. Патент на полезную модель № 124734 Российская Федерация. *Устройство для зачистки рудной мелочи с лежачего бока отработанного блока*. Г.С. Курчин, Е.В. Зайцева, Е.П. Волков, А.К. Кирсанов; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет». № 2012121830/03; заявл. 25.05.2012; опубл. 10.02.2013.

28. Лизункин М.В., Лизункин В.М., Ситников Р.В., 2020. Исследование гидромеханического способа зачистки обогащенной рудной мелочи с почвы выработанного пространства. *Инженерная физика*, № 11, С. 54-60. DOI 10.25791/infizik.11.2020.1177.

29. Патент на полезную модель № 90127 Российская Федерация. *Устройство для зачистки отбитой рудной мелочи с лежачего бока отработанного блока*. Ю.П. Требуш; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет». № 2009132862/22; заявл. 31.08.2009; опубл. 27.12.2009.

30. Павлов А.М., 2006. *Обоснование эффективной технологии подземной разработки золоторудных жил малой мощности наклонного залегания (на примере Ирокиндского месторождения)*. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Иркутский государственный технический университет, Иркутск, 24 с.

31. Авторское свидетельство № 1270339 СССР. *Устройство для зачистки рудной мелочи*. Г.А. Курсакин, Ф.Ф. Локинский; заявитель Всесоюзный научно-исследовательский институт золота и редких металлов «ВНИИ-1». № 3943725; заявл. 08.08.1985; опубл. 15.11.1986.
32. Камаев В.Д., 2000. Камерная выемка наклонных рудных тел с доставкой руды водным потоком. *Горный информационно-аналитический бюллетень*, № 12, С. 152 - 154.
33. Глотов В.В., Пахалуев Б.Г., 2016. Оптимизация расстояния между стенками желобов при гидрозащитке выемочных блоков. *Вестник Забайкальского государственного университета*, Т. 22, № 4, С. 4 - 9.
34. Латышев М.З., Самойлов О.В., Самойлова Н.М., 1972. Повышение качества товарной руды при разработке весьма тонких жил. *Кольма*, № 6., С. 30 – 31.
35. Белобрицкий В.М., Гуров Е.Е., Разуванов М.Н., 1964. Зачистка отработанных блоков на руднике Центральный. *Цветная металлургия*, № 23, С.5–7.
36. Соколов И.В., Антипин Ю.Г., Рожков А.А., 2020. Модернизация системы разработки маломощного месторождения богатых медноколчеданных руд. *Устойчивое развитие горных территорий*, Т. 12, № 3(45), С. 444 - 453. DOI: 10.21177/1998-4502-2020-12-3-444-453.
37. Еремин Н.И., 2007. *Неметаллические полезные ископаемые. Изд. 2-е, испр. и доп.* Москва: Изд-во Моск. ун-та: Академкнига, 458 с.
38. Ломоносов Г.Г., Туртыгина Н.А., 2014. Явление сегрегации рудной массы и его влияние на формирование качества продукции горнорудного производства. *Горный информационно-аналитический бюллетень*, № 6, С. 37 – 40.
39. Ломоносов Г.Г., Туртыгина Н.А., 2015. Влияние класса крупности медно-никелевого рудного сырья и его изменчивости на показатели обогащения. *Горный информационно-аналитический бюллетень*, № 3, С. 104 – 107.
40. Бейдин А.В., Овсейчук В.А., Морозов А.А., 2017. Исследования выщелачиваемости руд, добытых камерными системами, в зависимости от горно-геологических и технологических факторов. *Вестник Забайкальского государственного университета*, Т. 23, № 9, С. 4 – 11. DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-9-4-11.
41. Sokolov I.V., Rozhkov A.A., 2019. Investigating the parameters of dispersion in the plane system of charges at granular quartz deep mining. *Известия вузов. Горный журнал*, № 6, С. 5 – 13. DOI: 10.21440/0536-1028-2019-6-5-13.
42. Турчин М.Ю., Смирнов А.Н., Сысоев В.И., 2017. Комплексное использование магнезиального сырья, обеспечивающее современные требования к металлургическим агрегатам и качеству получаемого металла. *Сталь*, № 3, С. 67 – 69.
43. Бондаренко И.Ф., Жариков С.Н., Зырянов И.В., Шеменёв В.Г., 2017. *Буровзрывные работы на кимберлитовых карьерах Якутии*. Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 172 с.
44. Воронов Е.Т., Авдеев П.Б., Бондарь И.А., 2017. Минералосберегающая геотехнология добычи ценного самоцветного минерального сырья. *Безопасность жизнедеятельности*, № 12(204), С. 28 – 33.
45. Соколов И.В., Смирнов А.А., Антипин Ю.Г. и др., 2018. Особенности подземной разработки Ветренского золоторудного месторождения. *Известия вузов. Горный журнал*, № 4, С. 12 – 22. DOI: 10.21440/0536-1028-2018-4-12-22.
46. Фугзан М.Д., Каплунов Д.Р., Пазынич В.И., 1980. *Интенсивность подземной эксплуатации рудных месторождений*. Москва: Наука, 141 с.
47. Каймонов М.В., Хохолов Ю.А., Курилко А.С., 2010. Исследование влияния температуры и влагосодержания воздуха на процессы конденсации влаги и смерзания отбитой руды в очистных блоках рудников. *Горный информационно-аналитический бюллетень*, № 10, С. 314 – 324.

48. Шангин С.С., Юсимов Б.В., 2013. Апробация технологии вакуумного сбора и транспортирования рудной мелочи на золотодобывающем руднике Каральвеем. *Недропользование XXI век*, № 3(40), С. 24 – 27.

References

1. Bagazeev V.K., Valiev N.G., Kokarev K.V., 2015. *Osnovy podzemnoi geotekhnologii* [Fundamentals of underground geotechnology]. Ekaterinburg, UGGU, 198 p.
2. Silva J, Worsey T., Lusk B., 2019. Practical assessment of rock damage due to blasting. *International Journal of Mining Science and Technology*, vol. 29, Iss. 3, pp. 379 - 385. DOI: 10.1016/j.ijmst.2018.11.003.
3. Sellers E.J., Salmi E.F., 2020. Breaking new ground: challenges and opportunities for maximizing value from underground blasting. *UMT 2020: Proceedings of the Second International Conference on Underground Mining Technology, Australian Centre for Geomechanics, Perth*, pp. 47 – 76. DOI: 10.36487/ACGrepo/20350.03.
4. Rogiznyi V.F., Khromov V.M., Karpukhina M.V., 2020. *Tekhnologii selektivnoi vyemki malomoshchnykh rudnykh tel s primeneniem malogabaritnogo samokhodnogo oborudovaniya* [Technologies of selective excavation of low-power ore bodies using small-sized self-propelled equipment]. *Gornaya promyshlennost'*, № 1, P. 34 – 41.
5. Valiev N.G., Berkovich V.Kh., Propp V.D., Borovikov E.V., 2020. *Praktika sovershenstvovaniya sistemy razrabotki gorizontalmymi sloyami s gidrozakladkoi pri otrabotke krutopadayushchego zhil'nogo mestorozhdeniya* [Practice of improving the development system by horizontal layers with hydraulic lining during the development of a steeply falling vein deposit]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle*, № 1, P. 171 - 182. DOI 10.46689/2218-5194-2020-1-1-171-182.
6. Glotov V.V., 2007. *Tekhnologiya razrabotki melkikh zhil'nykh mestorozhdenii s izmenchivoi moshchnost'yu* [Technology for the development of small vein deposits with variable capacity]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'*, № S4, P. 70 – 74.
7. Galchenko Yu.P., 2016. *Eksperimental'nye issledovaniya fizicheskikh protses-sov, opredelyayushchikh kachestvennye pokazateli razrabotki zhil'nykh mestorozhdenii* [Experimental studies of physical processes determining the qualitative indicators of the development of vein structures]. *Inzhenernaya fizika*, № 6, P. 75 – 81.
8. Viktorov S.D., Galchenko Yu.P., 2018. *Teoreticheskie i eksperimental'nye issledovaniya kharaktera raspredeleniya energii v massive gornykh porod pri vzryve tekhnologicheskikh zaryadov* [Theoretical and experimental studies of the nature of energy distribution in a rock mass during the explosion of technological charges]. *Inzhenernaya fizika*, № 7, P. 43 – 50.
9. Sokolov I.V., Smirnov A.A., Rozhkov A.A., 2019. Technology of blasting of strong valuable ores with ring borehole pattern. *Journal of Mining Institute*, Vol. 237. pp. 285-291. DOI: 10.31897/PMI.2019.3.285.
10. Jhanwar J.C., 2011. Theory and practice of airdeck blasting in mines and surface excavation: A review. *Geotechnical and Geological Engineering*. vol. 29, pp. 651-663. DOI: 10.1007/s10706-011-9425-x.
11. Saqib S., Tariq S.M., Ali Z., 2015. Improving Rock Fragmentation Using Airdeck Blasting Technique. *Pakistan Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 17, pp. 46 – 52.
12. Kul'minskii A.S., Kalmykov V.N., Kotik M.V., Petrova O.V., 2019. *Modelirovaniye i opytno-promyshlennyye ispytaniya vzryvnoi otboiki zaryadami s vodyanym kol'tsevym zazorom* [Modeling and pilot tests of explosive rebound charges with a water ring gap]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle*, № 3, P. 225 – 237.
13. Smirnov A.A., Baranovskii K.V., Rozhkov A.A., 2020. *Primeneniye printsipov resursoberezheniya pri otboike krepkikh treshchinovatykh rud veerami skvazhinnykh zaryadov* [Application of the principles of resource conservation in the breaking of strong fractured ores]

by means of drill-ring borehole charges]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'*, № 3 - 1, P. 300 – 312. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-31-0-300-312.

14. Lizunkin V.M., Shurygin S.V., Lizunkin M.V., 2015. *Rezultaty ispytaniy otboiki rudy parallel'no-sblizhennymi zaryadami pri otrabotke uranovykh rud Strel'tsovskogo mestorozhdeniya* [Tests results of ore breaking with parallel-converged charges during the development of uranium ores of the Strel'tsovsky deposit]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'*, № 4, P. 41 – 50.

15. Wu J., 2020. Research on sublevel open stoping recovery processes of inclined medium thick ore body on the basis of physical simulation experiments. *PLoS ONE*, vol. 15(5), e0232640. DOI: 10.1371/journal.pone.0232640.

16. Patent KZ (C) (11) 3603. *Sposob otboiki krutopadayushchikh tonkikh zhil* [Patent KZ (C) (11) 3603. The method of rebounding steeply falling thin veins]. Adilov K.N., Raskil'dinov B.U., Bakharev V.E., Rudakov S.P., Kononov V.N., Nurlybaev Zh.A., Yusupov Kh.A. *Byul. № 2*, 10.06.1996.

17. Erzikov G.S., 1964. *Gidravlicheskaya zachistka rudnoi melochi – effektivnyi put' snizheniya poter' rudy* [Hydraulic stripping of ore fines as an effective way to reduce ore losses]. *Tsvetnaya metallurgiya*, № 23, P. 7 – 9.

18. Patent № 2504655 Rossiiskaya Federatsiya. *Ustroistvo dlya zachistki otbi-toi rudy s lezhachego boka otrabotannogo bloka* [Patent No. 2504655 Russian Federation. Device for cleaning the beaten ore from the recumbent side of the spent block]. Yu.P. Trebush; *zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Sibirskii federal'nyi universitet'*. № 2012132851/03; *zayavl. 31.07.2012; opubl. 20.01.2014*.

19. Baitov Zh.K., Volkov A.P., Buktukov N.S., Shamganova L.S., 2019. *Obosnovanie tekhnologii i parametrov otrabotki naklonnykh rudnykh zalezhei maloi i srednei moshchnosti s seledostavkoi otbitoi rudy* [Substantiation of technology and parameters of mining of inclined ore deposits with small and medium capacity with delivery of broken ore]. *Marksheideriya i nedropol'zovanie*, № 6 (104), P. 35 – 39.

20. Lomonosov G.G., Shangin S.S., Yusimov B.V., 2013. *Povyshenie izvlecheniya melkikh fraktsii zolotosoderzhashchikh rud pri podzemnoi razrabotke malomoshchnykh mestorozhdenii* [Increase of the production of small fractions of gold-bearing ores during the underground development of low-power deposits]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'*, № S27, P. 12 – 18.

21. Pavlov A.M., Semenov Yu.M., 2007. *Primenenie vakuumnoi tekhnologii pri zachistke rudy v usloviyakh kriolitozony rudnika "Irokinda"* [Application of vacuum technology for ore cleaning in the cryolithozone of the Irokinda mine]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'*, № 11. P. 24 – 29.

22. Sitnikov R.V., 2010. *Gidromekhanicheskaya zachistka rudnoi melochi – effektivnyi put' snizheniya poter' rudy* [Hydro-mechanical cleaning of ore fines as an effective way to reduce ore losses]. *Vestnik Chitinskogo gosudarstvennogo universiteta*, № 2 (59), P. 18 - 22.

23. Vokhmin S.A., Kurchin G.S., Maiorov E.S., 2009. *Otsenka mest obrazovaniya poter' anhidrita pri kamerno-stolbovoi sisteme razrabotki* [Assessment of the places of anhydrite losses formation in the chamber-pillar development system]. *Izvestiya vuzov. Gornyi zhurnal*, № 5, P. 4 – 10.

24. Patent na poleznuyu model' № 135718 Rossiiskaya Federatsiya. *Ustroistvo dlya zachistki rudnoi melochi s pochvy kamery* [Utility Model Patent No. 135718 Russian Federation. Device for cleaning ore fines from the soil of the chamber]. Yu.P. Trebush, I.V. Tarasov, I.V. Stakanov; *zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Sibirskii federal'nyi universitet'*. № 2013126839/03; *zayavl. 11.06.2013; opubl. 20.12.2013*.

25. Patent № 2520986 Rossiiskaya Federatsiya. *Sposob zachistki otbitoi rudy pri razborke krutopadayushchikh mestorozhdenii* [Patent No. 2520986 Russian Federation. Method of cleaning of the selected ore during disassembly of steep-falling deposits]. Yu.P. Trebush; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Sibirskii federal'nyi universitet". № 2013111128/03; zayavl. 12.03.2013; opubl. 27.06.2014.

26. Avtorskoe svidetel'stvo № 840364 SSSR. *Sposob zachistki otrabotannykh blokov* [Copyright certificate No. 840364 of the USSR. The method of cleaning the processed blocks]. V.M. Lizunkin, E.S. Volkov, E.A. Baranov; zayavitel' Vsesoyuznyi nauchno-issledovatel'skii proektnyi i konstruktorskii institut gornogo dela i tsvetnoi metallurgii, Chitinskii filial. № 2805697; zayavl. 11.07.1979; opubl. 23.06.1981.

27. Patent na poleznuyu model' № 124734 Rossiiskaya Federatsiya. *Ustroistvo dlya zachistki rudnoi melochi s lezhachego boka otrabotannogo bloka* [Utility Model Patent No. 124734 Russian Federation. Device for stripping ore fines from the recumbent side of the spent block]. G.S. Kurchin, E.V. Zaitseva, E.P. Volkov, A.K. Kirsanov; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Si-birskii federal'nyi universitet". № 2012121830/03; zayavl. 25.05.2012; opubl. 10.02.2013.

28. Lizunkin M.V., Lizunkin V.M., Sitnikov R.V., 2020. *Issledovanie gidromekhanicheskogo sposoba zachistki obogashchennoi rudnoi melochi s pochvy vyrabotannogo prostranstva* [Study of the hydraulic-mechanical method of cleaning up enriched ore fines from the soil of the worked-out space]. *Inzhenernaya fizika*, № 11, S. 54-60. DOI 10.25791/infizik.11.2020.1177.

29. Patent na poleznuyu model' № 90127 Rossiiskaya Federatsiya. *Ustroistvo dlya zachistki otbitoi rudnoi melochi s lezhachego boka otrabotannogo bloka* [Utility model patent No. 90127 Russian Federation. Device for cleaning broken ore fines from the recumbent side of the processed block]. Yu.P. Trebush; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Sibirskii federal'nyi universitet". № 2009132862/22; zayavl. 31.08.2009; opubl. 27.12.2009.

30. Pavlov A.M., 2006. *Obosnovanie effektivnoi tekhnologii podzemnoi razrabotki zolotorudnykh zhil maloi moshchnosti naklonnogo zaleganiya (na primere Irokindinskogo mestorozhdeniya)* [Substantiation of the effective technology of subsurface mining of low-power inclined gold veins (on the example of the Irokindinsky deposit)]. Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Irkutskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, Irkutsk, 24 p.

31. Avtorskoe svidetel'stvo № 1270339 SSSR. *Ustroistvo dlya zachistki rudnoi melochi* [Copyright certificate No. 1270339 of the USSR. Device for cleaning ore fines]. G.A. Kursakin, F.F. Lokinskii; zayavitel' Vsesoyuznyi nauchno-issledovatel'skii institut zolota i redkikh metallov "VNII-1". № 3943725; zayavl. 08.08.1985; opubl. 15.11.1986.

32. Kamaev V.D., 2000. *Kamernaya vyemka naklonnykh rudnykh tel s dostavkoi rudy vodnym potokom* [Chamber excavation of inclined ore bodies with ore delivering by water flow]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'*, № 12, P. 152 – 154.

33. Glotov V.V., Pakhaluev B.G., 2016. *Optimizatsiya rasstoyaniya mezhdu stenkami zhelobov pri gidrozachistke vyemochnykh blokov* [Optimization of the distance between the walls of the gutters during hydraulic cleaning of the excavation blocks]. *Vestnik Zabaikal'skogo gosudarstvennogo universiteta*, VOL. 22, № 4, P. 4 - 9.

34. Latyshev M.Z., Samoilo O.V., Samoilova N.M., 1972. *Povyshenie kachestva tovarnoi rudy pri razrabotke ves'ma tonkikh zhil* [Improving the quality of commercial ore in the development of very thin veins]. *Kolyma*, № 6., P. 30 – 31.

35. Belobritskii V.M., Gurov E.E., Razuvanov M.N., 1964. *Zachistka otrabotannykh blokov na rudnike Tsentral'nyi* [Cleaning of the unworked blocks at the Tsentralny mine]. *Tsvetnaya metallurgiya*, № 23, P.5-7.

36. Sokolov I.V., Antipin Yu.G., Rozhkov A.A., 2020. *Modernizatsiya sistemy razrabotki malomoshchnogo mestorozhdeniya bogatykh mednokolchedannykh rud* [Moderniza-

tion of the development system of a low-power deposit of rich copper ores]. *Ustoichivoe razvitie gornyx territorii*, Vol. 12, № 3(45), P. 444 - 453. DOI: 10.21177/1998-4502-2020-12-3-444-453.

37. Eremin N.I., 2007. *Nemetallicheskie poleznye iskopaemye*. Izd. 2-e, ispr. i dop. [Non-metallic minerals. 2nd ed., red. and add]. Moscow: Izd-vo Mosk. un-ta: Akademkniga, 458 p.

38. Lomonosov G.G., Turtygina N.A., 2014. *Yavlenie segregatsii rudnoi massy i ego vliyanie na formirovanie kachestva produktsii gornorudnogo proizvodstva* [The phenomenon of ore mass segregation and its influence on the formation of the quality of mining products]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'*, № 6, P. 37 – 40.

39. Lomonosov G.G., Turtygina N.A., 2015. *Vliyanie klassa krupnosti medno-nikelevogo rudnogo syr'ya i ego izmenchivosti na pokazateli obogashcheniya* [Influence of the size class of copper-nickel ore raw materials and its variability on the enrichment indicators]. *Gornyi in-formatsionno-analiticheskii byulleten'*, № 3, P. 104 – 107.

40. Beidin A.V., Ovseichuk V.A., Morozov A.A., 2017. *Issledovaniya vyshchelachivaemosti rud, dobytykh kamernymi sistemami, v zavisimosti ot gorno-geologicheskikh i tekhnologicheskikh faktorov* [Studies of the leachability of ores extracted by chamber systems, depending on mining, geological and technological factors]. *Vestnik Zabaikal'skogo gosudarstvennogo universiteta*, Vol. 23, № 9, S. 4 – 11. DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-9-4-11.

41. Sokolov I.V., Rozhkov A.A., 2019. *Investigating the parameters of dispersion in the plane system of charges at granular quartz deep mining*. *Izvestiya vuzov. Gornyi zhurnal*, № 6, S. 5 – 13. DOI: 10.21440/0536-1028-2019-6-5-13.

42. Turchin M.Yu., Smirnov A.N., Sysoev V.I., 2017. *Kompleksnoe ispol'zovanie magnezial'nogo syr'ia, obespechivaiushchee sovremennye trebovaniya k metallurgicheskim agregatam i kachestvu poluchaemogo metalla*. *Stal'* [Integrated use of magnesia raw materials, providing modern requirements for metallurgical aggregates and for quality of the resulting metal], № 3, P. 67 – 69.

43. Bondarenko I.F., Zharikov S.N., Zyryanov I.V., Shemenev V.G., 2017. *Burovzryvnye raboty na kimberlitovykh kar'erakh Yakutii* [Drilling and blasting operations at the kimberlite quarries of Yakutia]. Ekaterinburg: IGD UrO RAN, 172 p.

44. Voronov E.T., Avdeev P.B., Bondar' I.A., 2017. *Mineralosberegaiushchaya geotekhnologiya dobychi tsennogo samotsvetnogo mineral'nogo syr'ya* [Mineral conservation geotechnology for the extraction of valuable semi-precious mineral raw materials]. *Bezopasnost' zhizne-deyatel'nosti*, № 12(204), P. 28 – 33.

45. Sokolov I.V., Smirnov A.A., Antipin Iu.G. i dr., 2018. *Osobennosti podzemnoi razrabotki Vetrenskogo zolotorudnogo mestorozhdeniya* [Special aspects of the underground development of the Vetrensky gold deposit]. *Izvestiya vuzov. Gornyi zhurnal*, № 4, P. 12 - 22. DOI: 10.21440/0536-1028-2018-4-12-22.

46. Fugzan M.D., Kaplunov D.R., Pazynich V.I., 1980. *Intensivnost' podzemnoi ekspluatatsii rudnykh mestorozhdenii* [Intensity of underground exploitation of ore deposits]. Moscow: Nauka, 141 p.

47. Kaimonov M.V., Khokholov Iu.A., Kurilko A.S., 2010. *Issledovanie vliyaniya temperatury i vlagosoderzhaniya vozdukha na protsessy kondensatsii vlagi i smerzaniya otbitoi rudy v ochistnykh blokakh rudnikov* [Study of the influence of temperature and moisture content of air on the processes of condensation of moisture and freezing of beaten ore in the treatment blocks of mines]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'*, № 10, P. 314 - 324.

48. Shangin S.S., Iusimov B.V., 2013. *Aprobatsiya tekhnologii vakuumnogo sbora i transportirovaniya rudnoi melochi na zolotodobyvaiushchem rudnike Karal'veem* [Testing of the technology of vacuum collection and transportation of ore fines at the Karalveyem gold mine]. *Nedropol'zovanie XXI vek*, № 3(40), P. 24 – 27.