



Научная статья

УДК 622.271

<https://doi.org/10.21285/2686-9993-2021-44-4-441-447>



Применение усовершенствованного добычного комплекса для открытой разработки рудных месторождений

Антон Юрьевич Чебан^а

^аИнститут горного дела ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия

Резюме. Целью данного исследования является снижение потерь минерального сырья и повышение эффективности ведения горных работ с применением добычного комплекса путем внедрения нового технико-технологического решения, расширяющего функциональные возможности оборудования. В ходе исследования проводится анализ известных конструкций выемочного оборудования, способного обеспечивать преобразование циклического процесса черпания в непрерывный процесс погрузки горной массы, а также осуществление просеивания мелких фракций из рудной массы. Перспективным направлением развития выемочного оборудования являются добычные комплексы, обеспечивающие высокую производительность работ. В статье предлагается усовершенствованная конструкция добычного комплекса, позволяющая совмещать выемочно-погрузочный процесс с сортировкой рудной массы. Усовершенствованный добычной комплекс снабжен кольцевым конвейером с виброрешетками, через которые осуществляется просеивание мелких фракций в накопитель. Из накопителя мелкие фракции посредством системы пневмотранспортирования направляются в секции бункера специального транспортного средства, а над-решетный продукт отвальным конвейером грузится в автосамосвал. Собранные в секциях бункера мелкие фракции некондиционной руды отправляются на кучное выщелачивание, а мелкие фракции кондиционной руды – на переработку на обогатительной фабрике. Предлагаемое технико-технологическое решение с применением усовершенствованного добычного комплекса обеспечит снижение себестоимости работ и повышение коэффициента извлечения минерального сырья при разработке сложноструктурных месторождений, руды которых характеризуются природным обогащением мелких классов. Удаление мелких фракций руды непосредственно во время выемочно-погрузочного процесса позволяет существенно уменьшить пыление и сократить потери минерального сырья от выдувания и просыпания мелких фракций.

Ключевые слова: экскаватор, рабочее оборудование, рудная масса, сортировка, мелкие фракции, бункер, автосамосвал

Для цитирования: Чебан А. Ю. Применение усовершенствованного добычного комплекса для открытой разработки рудных месторождений // Науки о Земле и недропользование. 2021. Т. 44. № 4. С. 441–447. <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2021-44-4-441-447>.

Original article

Application of an improved mining complex for opencast mining of ore deposits

Anton Yu. Cheban^a

^aMining Institute, Far East Branch of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia

Abstract. The purpose of the study is reducing the loss of mineral raw materials and increasing the efficiency of mining operations using a mining complex through the introduction of a new design and engineering solution that improves the equipment functionality. The study involves the analysis of known designs of mining equipment capable of providing the transformation of cyclic scooping of rock mass into its continuous loading, as well as screening of fine fractions from the ore mass. High productivity mining complexes are referred to a promising direction of mining equipment development. The article proposes an improved design of the mining complex, which allows to combine the extraction and loading process and ore mass grading. The improved mining complex is equipped with an annular conveyor with vibrating grids through which fines are screened into the accumulation hopper. From the accumulation hopper the small fractions are sent by means of a pneumatic conveying system to the bunker sections of a special-purpose hauler while the oversize product is loaded into a dump truck by a dump conveyor. The fine fractions of substandard ore collected in the bunker sections are sent for heap leaching. The fine fractions of conditioned ore are sent to the concentration plant to be processed. The

© Чебан А. Ю., 2021



proposed design and engineering solution employing an improved mining complex will reduce the cost of works and increase the recovery factor of mineral raw materials in the development of complex-structured deposits of ores characterized by natural concentration of small classes. Removal of fine ore fractions directly during the excavation and loading process can significantly reduce the dusting and decrease the loss of mineral raw materials from blowing and spilling of fine fractions.

Keywords: excavator, working equipment, ore mass, grading, fines, bunker, dump truck

For citation: Cheban A. Yu. Application of an improved mining complex for opencast mining of ore deposits. *Nauki o Zemle i nedropol'zovanie = Earth sciences and subsoil use*. 2021;44(4):441-447. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2021-44-4-441-447>.

Введение

Потребление минерального сырья и производимой из него продукции во всем мире непрерывно возрастает. Так, добыча металлов в мире с 1987 по 2014 годы возросла в несколько раз: железа – с 502 до 1966 млн т, марганца – с 12,5 до 48,9 млн т, меди – с 6,4 до 18,2 млн т, свинца – с 2,3 до 5,6 млн т [1]. В связи с истощением запасов богатых руд добывающие предприятия вынуждены переходить на освоение месторождений или участков, имеющих более низкие содержания полезных компонентов в рудах. Применение все более мощной горной и транспортной техники, развитие научно-технического прогресса в области обогащения руд, рост цен на минеральное сырье позволили начать освоение месторождений, ранее считавшихся нерентабельными [2–6]. Таким образом, при постоянно снижающемся качестве минерального сырья и одновременном росте потребления металлов произошло резкое увеличение объемов извлекаемой рудной массы и вскрышных пород. Достижение конкурентных преимуществ за счет повышения производительности и снижения себестоимости ведения работ требует дальнейшей разработки новых технических и технологических решений с учетом принципов рационального сочетания процессов горных работ [7, 8].

Материалы и методы исследования

Рудные месторождения в основном сложены прочными горными породами, рыхление которых осуществляется с применением буровзрывных работ. При этом усовершенствованные технологии поскважинного взрывания с замедлениями в 150 мс и более обеспечивают повышение качества проработки уступа и в ряде случаев позволяют практически

исключить выход негабаритных включений, что достигается за счет многократного взрывного нагружения горного массива [9]. Выемка горной массы ведется преимущественно посредством одноковшовых экскаваторов. Повышение производительности одноковшового экскаватора за счет увеличения его размеров и вместимости ковша во многих случаях нецелесообразно, так как ведет к дополнительному разубоживанию полезного ископаемого и пересортице руд. Повысить производительность одноковшового экскаватора возможно за счет сокращения времени рабочего цикла, состоящего из черпания горной массы, поворота экскаватора к месту выгрузки и обратно, разгрузки ковша. При этом при угле поворота экскаватора 90° операция поворота к месту выгрузки и обратно составляет до 60–65 % времени всего цикла [10].

Известны конструктивные схемы одноковшовых экскаваторов, обеспечивающие преобразование циклического процесса черпания ковша в непрерывный процесс погрузки горной массы в транспортные средства. Так, в работе [11] предлагается конструкция одноковшового экскаватора, имеющего дополнительное дробильно-погрузочное оборудование, ковш осуществляет разгрузку материала в загрузочный спуск, откуда он последовательно подается на транспортеры, дробильно-сортировочный механизм, кольцевой и передаточный транспортеры. Недостатком конструкции является большое количество транспортирующих устройств, что повышает энергоемкость работ и снижает надежность конструкции. Конструктивная схема добычного комплекса на базе одноковшового экскаватора, представленная в работе [12], предполагает непосредственную разгрузку горной массы из ковша в приемный бункер с классификатором, при этом негабаритные включения



подаются на дробильную установку, далее горная масса по разгрузочному конвейеру направляется к транспортному средству – автосамосвалу или ленточному конвейеру. На ООО «Объединенные машиностроительные заводы – Горное оборудование и технологии (группа “Уралмаш – Ижора”)» разработана конструкция добычного комплекса ДК-2000 с теоретической производительностью не менее 2250 м³/ч на базе одноковшового экскаватора с вместимостью ковша 10 м³ [13]. Комплекс ДК-2000 снабжен кольцевым конвейером, на который происходит разгрузка горной массы из ковша с последующим ее перемещением отвальным конвейером в автомобильный или железнодорожный транспорт, параметры добычного комплекса позволяют вести выемку и погрузку горной массы с включениями крупностью до 800 мм. Проведенный разработчиками сравнительный анализ показал, что по сравнению с традиционными одноковшовыми экскаваторами применение ДК-2000 позволит на 21 % снизить стоимость оборудования, на 70 % уменьшить численность производственного персонала и на 47 % сократить годовые эксплуатационные затраты [13].

Особенностью руд цветных, редких и благородных металлов является их концентрация в минералах, имеющих размеры от первых микрометров до миллиметровых значений. При этом зерна рудных минералов в рядовых и бедных рудах тесно сростаются с хрупкими жильными минералами, поэтому при взрывной и механической дезинтеграции проявляется эффект накопления ценных компонентов в рудном отсеке. Так, на Бом-Горхонском руднике (Забайкальский край, Россия) среднее содержание трехокси вольфрама составляет 0,65 %, а содержание полезного компонента в рудном отсеке в среднем равно 1,1 % [14]. При подземной разработке рудника «Ирокинда» (Республика Бурятия, Россия) содержания золота в теряемом рудном отсеке размером менее 6 мм составляют 7–29 г/т, что существенно превышает среднее содержание золота в руде [15]. Технологические пробы свинцово-цинковой руды забойной

крупности месторождения Учкулач (Джизакская область, Узбекистан) показали, что в руде отчетливо прослеживается тенденция обогащения свинцом мелких классов, это позволяет непосредственно на стадии грохочения выделять мелкий класс размером менее 25 мм и направлять его в концентрат как содержащий свинца в 2–3 раза больше, чем руды классов +25 мм [16].

При разработке сложноструктурных месторождений селективно извлекаются кондиционные и некондиционные руды. Первые направляются на переработку, вторые – на склад временно некондиционной руды, а по существу – в отвал. При этом некондиционные руды также содержат обогащенную ценными компонентами рудную мелочь, которую возможно было бы включить в переработку, например с использованием технологии кучного выщелачивания. Однако включение процесса по грохочению некондиционной руды с выделением мелких фракций, а также дополнительные транспортные и перевалочные операции существенно повысят стоимость производства. Для Тырныаузского вольфрамо-молибденового комбината (Кабардино-Балкарская Республика, Россия) разработан способ формирования качества руд [17], заключающийся в выделении из потока некондиционных руд, транспортируемых из нагорного карьера по рудоскату с прорезями, наиболее обогащенных мелких фракций размером менее 5 мм, которые затем отправляются на обогащение. Фракции размером +5 мм не перерабатываются и направляются на склад временно некондиционной руды. Также известны технические решения по оснащению одноковшовых экскаваторов специальными просеивающими устройствами для отделения мелких фракций¹ [18–20], однако данное оборудование имеет невысокую производительность.

Предлагаемые в работах [11–13] конструктивные решения позволяют существенно повысить производительность выемки. Тем не менее данное оборудование не позволяет вести отделение обогащенных ценным компо-

¹ Чебан А. Ю. Совершенствование конструкции и способа применения экскаваторов с сортировочными ковшами // Науки о Земле и недропользование. 2021. Т. 44. № 1. С. 56–62. <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2021-44-1-56-62>.



нением мелких классов руды, кроме того, наличие рудной мелочи в рудной массе при выемочно-погрузочных работах и транспортировке приводит к пылению и потере мелких классов от выдувания и просыпания.

Целью представленного исследования является снижение потерь минерального сырья, уменьшение экологической нагрузки на окружающую среду и повышение эффективности ведения горных работ с применением добычного комплекса на базе одноковшового экскаватора путем внедрения нового технико-технологического решения, расширяющего функциональные возможности оборудования.

Результаты исследования

На основе анализа результатов проведенного исследования предлагается решение, обеспечивающее повышение эффективности работы горно-обогатительного предприятия

при открытой разработке месторождений, руды которых после дезинтеграции характеризуются обогащением мелких классов за счет выделения в забое непосредственно в процессе добычных работ мелких классов некондиционной руды, ее последующей сортировки и переработки, а также увеличения производительности и расширения функциональности добычного оборудования.

На основании данных эксплуатационной разведки и технологического опробования формируется цифровая модель добычного блока, загружаемая в бортовую систему автоматизированного управления усовершенствованного добычного комплекса, осуществляющего селективную отработку подготовленного к выемке массива горных пород (рисунок).

С учетом положения контуров и зон локализации технологических типов горной массы добычным комплексом с рабочим оборудова-

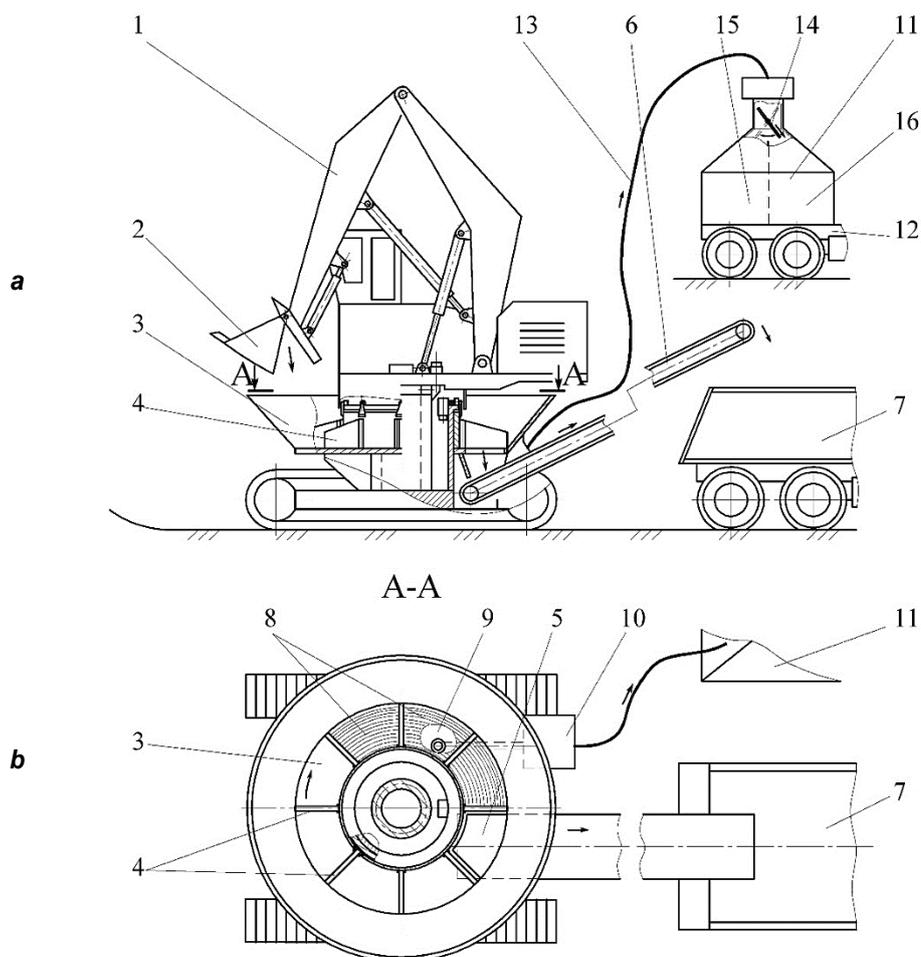


Схема усовершенствованного добычного комплекса в комплекте с транспортными средствами:

a – общий вид; b – вид сверху

Diagram of the improved mining complex completed with hauling equipment:

a – general view; b – top view



нием 1 гидравлического экскаватора типа «прямая лопата» ведется выемка. Разгрузка ковша 2 осуществляется в кольцевой конвейер 3, который посредством лопаток 4 перемещает рудную массу к разгрузочному окну 5 и сбрасывает на отвальный конвейер 6, с помощью которого ведется загрузка автосамосвала 7. При перемещении кольцевым конвейером 3 рудной массы мелкие фракции просеиваются через виброрешетки 8, собираются в накопителе 9 и посредством системы пневмотранспортирования 10 перемещаются в двухсекционный бункер 11, установленный на специальном транспортном средстве 12. При выемке некондиционной руды просеянные мелкие фракции по гибкому трубопроводу 13 через заслонку 14 направляются в секцию 15 бункера 11, при выемке кондиционной руды заслонка 14 поворачивается и мелкие фракции направляются в секцию 16. После заполнения бункера 11 мелкие фракции некондиционной руды транспортируются на кучное выщелачивание, а мелкие фракции кондиционной руды – на переработку на обогатительной фабрике. Надрешетный продукт некондиционной руды транспортируется на склад временно некондиционной руды, а кондиционная руда направляется на обогатительную фабрику.

Заключение

Предлагаемое технико-технологическое решение с применением усовершенствованного добычного комплекса обеспечит повышение коэффициента извлечения минерального сырья при разработке сложноструктурных месторождений, руды которых характеризуются природным обогащением мелких классов, за счет выделения и последующей переработки мелких фракций некондиционных руд, которые при использовании традиционных добычных технологий отправлялись бы на склад временно некондиционной руды. Удаление мелких фракций руды непосредственно во время выемочно-погрузочного процесса позволяет существенно уменьшить пыление в зоне погрузки автосамосвалов, а также сократить потери минерального сырья от выдувания и просыпания мелких фракций при погрузке и транспортировке полезного ископаемого. Данная технология обеспечивает формирование разнокачественных потоков рудной массы для отдельной переработки. Расширение функциональных возможностей добычного оборудования для внутрикарьерной первичной переработки рудной массы обеспечит снижение себестоимости работ, что позволит включать в отработку сложноструктурные участки месторождений, сложенные бедными и забалансовыми рудами.

Список источников

1. Оганесян Л. В. Экологические и технико-технологические проблемы освоения нетрадиционных источников минерального сырья // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2019. № 2. С. 48–52.
2. Espinoza R. D., Rojo J. Towards sustainable mining (Part I): valuing investment opportunities in the mining sector // Resources Policy. 2017. Vol. 52. P. 7–18. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2017.01.011>.
3. Hidayah N. N., Abidin S. Z. The evolution of mineral processing in extraction of rare earth elements using liquid-liquid extraction: a review // Minerals Engineering. 2018. Vol. 121. P. 146–157. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2018.03.018>.
4. Jang H., Topal E., Kawamura Y. Decision support system of unplanned dilution and ore-loss in underground stoping operations using a neuro-fuzzy system // Applied Soft Computing. 2015. Vol. 32. P. 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2015.03.043>.
5. Чебан А.Ю. Технология разработки сложноструктурного месторождения апатитов и выемочно-сортировочный комплекс для ее осуществления // Записки Горного института. 2019. Т. 238. С. 399–404. <https://doi.org/10.31897/PMI.2019.4.399>.
6. Smith S. R., Zhou C., Baron J. Y., Choi Y., Lipkowski J. Elucidating the interfacial interactions of copper and ammonia with the sulfur passive layer during thiosulfate mediated gold leaching // Electrochimica Acta. 2016. Vol. 210. P. 925–934. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2016.06.009>.
7. Чебан А. Ю. Способ и оборудование для открытой разработки маломасштабных крутопадающих месторождений // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. 2017. Т. 15. № 3. С. 18–23. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2017-15-3-18-23>.
8. Pan Y., Liu Q., Liu Q., Liu J., Peng X., Huang X., et al. Full-scale linear cutting tests to check and modify a widely used semi-theoretical model for disc cutter cutting force prediction // Acta Geotechnica. 2020. Vol. 15. P. 1481–1500. <https://doi.org/10.1007/s11440-019-00852-4>.



9. Рубцов С. К., Ершов В. П., Сидоров Е. Ю. Сравнительный анализ применения неэлектрических систем инициирования на горнодобывающих предприятиях // Горный вестник Узбекистана. 2005. № 2. С. 61–65.

10. Лещинский А. В., Шевкун Е. Б., Вершинина А. Р., Белозеров И. Н. Выбор пути повышения производительности карьерного экскаватора // Маркшейдерия и недропользование. 2021. № 1. С. 40–45.

11. А. С. 1207399 СССР. Самоходный мощный экскаватор / В. Лубрих, Д. Гоффманн. Заявл. 29.08.1981; опубл. 23.01.1986. Бюл. № 3.

12. Чебан А. Ю. Добычный комплекс для открытой разработки месторождений твердых полезных ископаемых // Горное оборудование и электромеханика. 2017. № 3. С. 8–11.

13. Казаков В. А., Кубышкин И. П. Добычный комплекс ДК-2000 // Горное оборудование и электромеханика. 2007. № 12. С. 35–38.

14. Ситников Р. А. Гидромеханическая зачистка рудной мелочи – эффективный путь снижения потерь руды // Вестник Читинского государственного университета. 2010. № 2. С. 18–22.

15. Павлов А. М., Семенов Ю. М. Применение ваку-

умной технологии при зачистке руды в условиях криолитозоны рудника «Ирокинда» // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2007. № 11. С. 24–29.

16. Санакулов К. С., Руднев С. В., Канцель А. В. О возможности отработки месторождения Уччулач с использованием технологии рентгенрадиометрического обогащения свинцово-цинковых руд // Горный вестник Узбекистана. 2011. № 1. С. 17–20.

17. А. С. 1120104 СССР. Способ формирования качества руд при добыче и рудоскат для его осуществления / В. А. Шестаков, В. А. Хакулов, Г. А. Семочкин. Заявл. 14.03.1983; опубл. 23.10.1984. Бюл. № 39.

18. Увеличение продуктивности рудника экономически эффективным методом с помощью ALLU // Горная промышленность. 2020. № 1. С. 68–69.

19. Чебан А. Ю. Способ выемки взорванной горной массы экскаватором при разработке сложноструктурных месторождений // Маркшейдерский вестник. 2020. № 2. С. 66–70.

20. Чебан А. Ю. Техническое оснащение предприятий по добыче нерудных строительных материалов в Хабаровском крае // Механизация строительства. 2017. Т. 78. № 2. С. 23–26.

References

1. Oganessian L. V. Ecological, technical and technological issues of development of non-conventional sources of mineral raw materials. *Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie = Mineral Resources of Russia. Economics & Management*. 2019;2:48-52. (In Russ.).

2. Espinoza R. D., Rojo J. Towards sustainable mining (Part I): valuing investment opportunities in the mining sector. *Resources Policy*. 2017;52:7-18. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2017.01.011>.

3. Hidayah N. N., Abidin S. Z. The evolution of mineral processing in extraction of rare earth elements using liquid-liquid extraction: a review. *Minerals Engineering*. 2018;121:146-157. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2018.03.018>.

4. Jang H., Topal E., Kawamura Y. Decision support system of unplanned dilution and ore-loss in underground stope operations using a neuro-fuzzy system. *Applied Soft Computing*. 2015;32:1-12. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2015.03.043>.

5. Cheban A. Yu. Engineering of Complex Structure Apatite Deposits and Excavating-Sorting Equipment for Its Implementation. *Zapiski Gornogo instituta = Journal of Mining Institute*. 2019;238:399-404. (In Russ.). <https://doi.org/10.31897/PMI.2019.4.399>.

6. Smith S. R., Zhou C., Baron J. Y., Choi Y., Lipkowski J. Elucidating the interfacial interactions of copper and ammonia with the sulfur passive layer during thiosulfate mediated gold leaching. *Electrochimica Acta*. 2016;210:925-934. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2016.06.009>.

7. Cheban A. Yu. Method and equipment for opencast mining of small steeply dipping deposits. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G. I. Nosova = Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University*. 2017;15(3):18-23. (In Russ.). <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2017-15-3-18-23>.

8. Pan Y., Liu Q., Liu Q., Liu J., Peng X., Huang X., et al. Full-scale linear cutting tests to check and modify a widely used semi-theoretical model for disc cutter cutting force prediction. *Acta Geotechnica*. 2020;15:1481-1500. <https://doi.org/10.1007/s11440-019-00852-4>.

9. Rubtsov S. K., Ershov V. P., Sidorov E. Yu. Comparative analysis of non-electric initiation system application at mining enterprises. *Gornyi vestnik Uzbekistana = Mining bulletin of Uzbekistan*. 2005;2:61-65. (In Russ.).

10. Leshhinskij A. V., Shevkun E. B., Vershinina A. R., Belozеров I. N. Choosing a way of improving mine excavator performance. *Marksheideriya i nedropol'zovanie = Mine Surveying and Subsurface Use*. 2021;1:40-45. (In Russ.).

11. Lubrikh V., Goffmann D. *Self-propelled powerful excavator*. The author's certificate of the USSR, no. 1207399; 1986. (In Russ.).

12. Cheban A. Yu. Production complex for open-cast mining of solid minerals. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika = Mining Equipment and Electromechanics*. 2017;3:8-11. (In Russ.).

13. Kazakov V. A., Kubyshekin I. P. Mining complex DK-2000. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika = Mining Equipment and Electromechanics*. 2007;12:35-38. (In Russ.).

14. Sitenkov R. A. Hydromechanical cleaning of fine ore as an effective method of ore loss reduction. *Vestnik Chitinskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Chita State University*. 2010;2:18-22. (In Russ.).

15. Pavlov A. M., Semenov Yu. M. Using vacuum technology for ore cleaning in the Irokinda mine permafrost zone. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' = Mining Informational and analytical bulletin*. 2007;11:24-29. (In Russ.).

16. Sanakulov K. S., Rudnev S. V., Kantsel' A. V. On



possibility of Uchkulach deposit development using X-ray radiometric concentration of lead-zinc ores. *Gornyi vestnik Uzbekistana = Mining bulletin of Uzbekistan*. 2011;1:17-20. (In Russ.).

17. Shestakov V. A., Khakulov V. A., Semochkin G. A. *Method of ore quality forming at mining and ore chute for its implementation*. Inventor's Certificate of the USSR, no. 1120104; 1984. (In Russ.).

18. Improving production performance of the mine using an economically efficient method with the help of ALLU.

Gornaya promyshlennost' = Russian Mining Industry. 2020;1:68-69. (In Russ.).

19. Cheban A. Yu. Method for exploding exposed rock mass by excavator when developing complex deposits. *Marksheiderskii vestnik = Mine Surveying Bulletin*. 2020;2:66-70. (In Russ.).

20. Cheban A. Yu. Technical equipment of the enterprises for extraction of non-metallic building materials in the Khabarovsk territory. *Mekhanizatsiya stroitel'stva*. 2017;78(2):23-26. (In Russ.).

Информация об авторе / Information about the author



Чебан Антон Юрьевич,

кандидат технических наук, доцент,
ведущий научный сотрудник Лаборатории геотехнологии и горной теплофизики,
Институт горного дела ДВО РАН,
г. Хабаровск, Россия,
chebanay@mail.ru,
<https://orcid.org/0000-0003-2707-626X>.

Anton Yu. Cheban,

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor,
Leading Researcher of the Laboratory of Geotechnology and Mining Thermophysics,
Mining Institute, Far East Branch of the Russian Academy of Sciences,
Khabarovsk, Russia,
chebanay@mail.ru,
<https://orcid.org/0000-0003-2707-626X>.

Вклад автора / Contribution of the author

Автор выполнил исследовательскую работу, на основании полученных результатов провел обобщение, подготовил рукопись к печати.

The author performed the research, made a generalization on the basis of the results obtained and prepared the copyright for publication.

Конфликт интересов / Conflict of interests

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.
The author declares no conflicts of interests.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.
The final manuscript has been read and approved by the author.

Информация о статье / Information about the article

Статья поступила в редакцию 21.06.2021; одобрена после рецензирования 13.09.2021; принята к публикации 15.10.2021.

The article was submitted 21.06.2021; approved after reviewing 13.09.2021; accepted for publication 15.10.2021.