Оригинальная статья / Original article

УДК 622.271

DOI: <http://dx.doi.org/10.21285/2541-9455-2018-41-4-89-96>

ТЕХНИКА ДЛЯ ВЫЕМКИ КРУТОПАДАЮЩИХ РУДНЫХ ТЕЛ И ТЕХНОЛОГИЯ ДАННОГО ПРОЦЕССА

© А.Ю. Чебан^а

^аИнститут горного дела ДВО РАН,
680000, Российская Федерация, г. Хабаровск, ул. Тургенева, 51.

РЕЗЮМЕ: На Дальнем Востоке разведано значительное количество маломасштабных рудных месторождений благородных металлов, к достоинствам многих из них можно отнести малую глубину залегания рудных тел и относительно высокое содержание металла в руде. В связи с этим целью данной статьи является создание выемочного комплекса для разработки крутопадающих рудных тел умеренной мощности. В работе анализируются известные технические устройства и способы выемки полезных ископаемых, обеспечивающие уменьшение объемов вскрышных работ при освоении месторождений. Современные горные машины, оснащенные фрезерными рабочими органами, позволяют вести выемку прочных горных пород без их предварительного ослабления или рыхления посредством буровзрывных работ. Автором предлагается технология разработки крутопадающих рудных тел умеренной мощности с применением выемочного комплекса и гусеничных самосвалов для осуществления работ на труднодоступных участках, куда строительство дорог и переброска разнообразной горной техники для отработки традиционными технологиями зачастую оказывается экономически нецелесообразной. Выемочный комплекс установлен на гусеничном шасси и оснащен бульдозерным оборудованием, телескопической стрелой с фрезерным рабочим органом и ковшовым погрузочным оборудованием для подъема отфрезерованной горной массы из забоя на дневную поверхность. Перемещение фрезерного рабочего органа в забой осуществляется посредством телескопического оголовка, шарнирно прикрепленного к выдвижной секции телескопической стрелы. Технология разработки маломасштабных крутопадающих рудных тел с использованием предлагаемого выемочного комплекса позволяет уменьшить количество горного оборудования и производственного персонала в сравнении с известными схемами ведения горных работ, а также обеспечить минимальный объем вскрышных работ.

Ключевые слова: благородные металлы, горная масса, фрезерный рабочий орган, ковш погрузчика, гусеничный самосвал

Информация о статье: Дата поступления 14 ноября 2018 г.; дата принятия к печати 3 декабря 2018 г.; дата онлайн-размещения 28 декабря 2018 г.

Для цитирования: Чебан А.Ю. Техника для выемки крутопадающих рудных тел и технология данного процесса. *Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых.* 2018;41(4):89–96. DOI: 10.21285/2541-9455-2018-41-4-89-96.

MACHINES FOR EXTRACTION OF STEEPLY DIPPING ORE BODY AND TECHNOLOGY OF THIS PROCESS

© Anton Yu. Cheban^a

^aMining Institute of the Far Eastern branch of the Russian Academy of Sciences,
51 Turgenev St., Khabarovsk 680000, Russian Federation.

^аЧебан Антон Юрьевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории геотехнологии и горной теплофизики, тел.: 8 (4212) 327927, e-mail: chebanay@mail.ru
Anton Yu. Cheban, Cand. Sci. (Engineering), Senior Researcher of the Laboratory of Geotechnology and Mining Thermal Physics, tel.: 8 (4212) 327927, e-mail: chebanay@mail.ru

ABSTRACT: A considerable amount of small-scale ore deposits of precious metals has been explored in the Far East. Many of them are characterized by advantageous small depth of ore bodies and relatively high content of metal in the ore. Therefore, the purpose of the article is creation of an excavation complex for the development of steeply dipping ore bodies of moderate thickness. The article analyzes the well-known technical devices and mineral excavation methods that decrease the volumes of overburden operations under the development of deposits. Modern mining machines are equipped with milling tools allow to carry out the excavation of solid rocks without their prior weakening or loosening by drilling and blasting. The author proposes a technology for developing steeply dipping ore bodies of moderate thickness using an excavation complex and crawler dumps to perform mining in remote areas where the construction of roads and delivery of various mining equipment for mining by traditional technologies are often not economically feasible. The excavation complex is mounted on a crawler chassis and is equipped with dozer equipment, a telescopic boom with a milling working body and a bucket loading equipment for lifting the milled rock mass from the mine face to the daylight surface. The movement of the milling working body in the bottom is carried out by means of a telescopic tip that is pivotally attached to the telescopic boom sliding section. The mining technology of small-scale steeply dipping ore bodies with the use of the proposed excavation complex allows to reduce the number of mining equipment and production overburden removal.

Keywords: *precious metals, rock mass, milling tool, loader bucket, crawler dump*

Information about the article: Received November 14, 2018; accepted for publication December 3, 2018; available online December 28, 2018.

For citation: Cheban A.Yu. Machines for extraction of steeply dipping ore bodies and technology of this process. *Izvestiya Sibirskogo otdeleniya Sektzii nauk o Zemle Rossiiskoi akademii estestvennykh nauk. Geologiya, razvedka i razrabotka mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh = Proceedings of the Siberian Department of the Section of Earth Sciences of the Russian Academy of Natural Sciences. Geology, Exploration and Development of Mineral Deposits*. 2018;41(4):89–96 (In Russ.). DOI: 10.21285/2541-9455-2018-41-4-89-96.

Введение

Разработка месторождений твердых полезных ископаемых, сложенных прочными горными породами, в основном ведется с применением буровзрывных работ [1–3]. Недостатками буровзрывной подготовки горных пород к выемке являются многооперационность технологического процесса, необходимость в отводе горного оборудования перед проведением взрыва, переизмельчение части горной массы и одновременный выход крупнокусовых фракций и негабаритов, требующих повторного взрывания, а также перемешивание полезного ископаемого с пустой породой, особенно при разработке сложноструктурных месторождений. В настоящее время активно развиваются технологии безвзрывной выемки горных пород с применением машин циклического и непрерывного действия [4–7]. К машинам непрерывного действия относятся карьерные комбайны, фрезерные машины, комплексы глубокой разработки пла-

стов, данное горное оборудование обычно оснащено рабочими органами фрезерного типа. Фрезерные рабочие органы позволяют достаточно эффективно разрабатывать горные породы прочностью на сжатие до 80–100 МПа и более.

Постановка проблемы

На Дальнем Востоке разведано значительное количество маломасштабных рудных месторождений благородных металлов, достоинствами многих из них является малая глубина залегания рудных тел и относительно высокое содержание металла в руде [8]. Однако данные месторождения обычно расположены в удаленных и труднодоступных районах, где, как правило, отсутствует централизованное энергоснабжение и почти все виды горных работ выполняются самоходными машинами с дизельным приводом, а машины на электроприводе приводятся в действие от дизельных электростанций. Плохое состояние дорог, а чаще всего и их полное

отсутствие, большие расстояния ведут к значительным издержкам при выполнении транспортных работ. Строительство дорог и переброска разнообразной горной техники для отработки малых рудных месторождений традиционными технологиями с применением буровзрывных работ в связи с малой мощностью рудных тел и их крутым падением зачастую оказываются экономически нецелесообразными.

Появление новой техники позволяет значительно трансформировать технологии ведения горных работ. Так, для доработки запасов полей угольных месторождений используются комплексы глубокой разработки пластов, оборудованные дистанционно управляемым фрезерным рабочим органом, внедряемым в пласт с помощью напорного усилия конвейера, последовательно наращиваемого по мере углубления [9]. Однако комплексы глубокой разработки с конвейерным ставом позволяют отрабатывать горизонтальные и наклонные пласты, угол падения которых не превышает 18–20°. Для доработки кимберлитовых месторождений предлагаются углубочные комплексы, включающие углубочные экскаваторы и гусеничные автосамосвалы, фрезерные машины и гусеничные скреперы, обеспечивающие возможность движения по дорогам с продольным уклоном до 30 % [10, 11], однако данные технологии нецелесообразно применять для разработки маломасштабных рудных тел.

Известна конструкция комплекса для разработки маломасштабных крутопадающих месторождений, включающая колесное шасси, телескопическую стрелу с промежуточной секцией и головной секцией, на которой установлен фрезерный рабочий орган [12]. Комплекс оборудован системой пневмотранспортирования отфрезерованной горной массы и выдвижными опорами для обеспечения устойчивости комплекса при разработке

месторождения. К недостаткам комплекса можно отнести сравнительно невысокую проходимость колесного ходового оборудования, а также необходимость применения дополнительной техники, в частности бульдозера, для ведения вскрышных, планировочных и вспомогательных работ. Кроме того, необходимо отметить невысокую надежность и малую долговечность системы пневмотранспортирования из-за возможности ее остановок в случае попадания в пневмопровод относительно крупных кусков рудной массы, которые могут образовываться при фрезеровании трещиноватого массива, заклинивания элементов телескопического пневмопровода при попадании в зазоры мелких частиц и быстрого износа пневмопроводов в случае перемещения абразивного материала.

Результаты исследований

Автором предлагается технология разработки крутопадающих рудных тел 1 умеренной мощности с применением выемочного комплекса 2 и гусеничных самосвалов 3 для осуществления работ на труднодоступных участках (рисунок). Выемочный комплекс 2 установлен на гусеничном шасси 4 и оснащен бульдозерным оборудованием 5. Телескопическая стрела 6 шарнирно установлена на раме 7 и имеет несколько выдвижных секций 8, 9. На последней выдвижной секции 9 установлен телескопический оголовок 10 с фрезерным рабочим органом 11. Подъем телескопической стрелы 6, ее выдвижение, поворот телескопического оголовка 10 и его выдвижение осуществляется соответственно гидроцилиндрами 12, 13, 14, 15. Вращение фрезерного рабочего органа 11 производится встроенным гидроприводом 16. Сдвоенная стрела 17 ковша погрузчика 18 с гидроцилиндрами управления 19, 20 шарнирно прикреплена к каретке 21, ковш погрузчика 18 оборудован козырьком 22, управляемым гидроцилиндром 23. Каретка на трех парах роликов 24,

a

b

Выемочный комплекс для разработки крутопадающих рудных тел:

a – отработка рудного тела фрезерным рабочим органом и разгрузка горной массы из ковша погрузчика в гусеничный самосвал; b – заполнение ковша погрузчика горной массой в забое

Mining complex for developing steeply dipping ore bodies:

a – ore body mining by a milling working body and rock mass unloading from the loader bucket to a crawler dump; b – filling the loader bucket with rock mass

25, 26 установлена в направляющих 27, расположенных на поверхностях 28 выдвижных секций 8, 9 телескопической стрелы 6. Плавный переход между направляющими 27 выдвижных секций 8, 9 осуществляется посредством скатов 29. Пара роликов 24 взаимодействует со штоками гидроцилиндров 30, что позволяет изменять межосевое расстояние 31. Каретка 21 на двух канатах 32 подвешена на лебедке 33, закрепленной на телескопической стреле 6.

Разработка крутопадающих рудных тел умеренной мощности ведется следующим образом. Посредством бульдозерного оборудования 5 выемочного комплекса 2 производится зачистка и выравнивание площадки, после чего комплекс 2 позиционируется относительно рудного тела 1. Гидроцилиндрами 12, 13 производится подъем телескопической стрелы 6 и телескопирование выдвижных секций 8, 9 до контакта фрезерного рабочего органа 11 с горным массивом, после чего начинается отработка рудного тела 1. Посредством телескопического оголовка 10 и гидроцилиндров 14, 15 фрезерный рабочий орган 11 перемещается относительно забоя и обрабатывает рудное тело 1.

После скапливания разрыхленной горной массы в забое телескопический оголовок 10 втягивается и перемещает фрезерный рабочий орган 11 в крайнее положение (см. рисунок, *b*). Одновременно ковш погрузчика 18 на сдвоенной стреле 17, развернутой соосно телескопической стреле 6, вместе с кареткой 21 на канатах 32 лебедки 33 опускается под действием силы тяжести. Каретка 21 перемещается относительно выдвижных секций 8, 9 телескопической стрелы 6 на трех парах роликов 24, 25, 26 по направляющим 27, при этом переход с одной выдвижной секции на другую (меньшую) осуществляется по скатам 29 с одновременным уменьшением межосевого расстояния 31 посредством гидроцилин-

дров 30. При достижении забоя ковш погрузчика 18 заполняется отфрезерованной горной массой при помощи выдвижения и поворота гидроцилиндрами 19, 20 сдвоенной стрелы 17. После заполнения ковша погрузчика 18 сдвоенная стрела 17 втягивается и поворачивается в горизонтальное положение. Канаты 32 начинают наматываться на лебедку 33, и каретка 21 с заполненным ковшом погрузчика 18 поднимается на дневную поверхность в верхнее положение. У движущейся вверх вдоль направляющих 27 каретки 21 при перемещении по скатам 29 с одной выдвижной секции на другую (большую) гидроцилиндрами 30 увеличивается межосевое расстояние 31. В верхнем положении сдвоенная стрела 17 выдвигается, козырек 22 ковша погрузчика 18 посредством гидроцилиндра 23 открывается, горная масса высыпается в кузов гусеничного самосвала 3 (см. рисунок, *a*). Во время подъема ковша погрузчика 18 с горной массой, его разгрузки и опускания в обратном направлении ведется отработка рудного тела 1 фрезерным рабочим органом 11.

По предварительным расчетам разработка крутопадающих рудных тел с использованием предлагаемого выемочного комплекса может вестись на глубину до 70–80 м, что достаточно для отработки рудных тел многих маломасштабных месторождений. При выемке рудных жил небольшой мощности или отработке зон прожилкования, при значительных содержаниях благородных металлов в руде работа выемочного комплекса может осуществляться и с допустимым разубоживанием руды.

Выводы

Технология разработки маломасштабных крутопадающих рудных тел с использованием предлагаемого выемочного комплекса позволяет уменьшить количество горного оборудования и производственного персонала в сравнении с известными схемами ведения

горных работ. Применение гусеничной горной и транспортной техники обеспечит возможность разработки небольших месторождений, находящихся в труднодоступных условиях. Использование для подъема разрыхленной горной массы из забоя на дневную поверхность ковшового рабочего органа позволит повысить надежность работы выемочного ком-

плекса в сравнении с конструктивными схемами, использующими пневмотранспорт горной массы. Разработка рудных тел с применением выемочного комплекса также обеспечит минимальную величину коэффициента вскрыши при открытой разработке маломасштабных месторождений.

Библиографический список

1. Павлов А.М., Васильев Д.С. Совершенствование технологии подземной разработки тонких крутопадающих тел золоторудного месторождения Коневинского // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. 2017. Т. 40. № 2. С. 88–94.
2. Викторов С.Д., Галченко Ю.П. Теоретические и экспериментальные исследования характера распределения энергии в массиве горных пород при взрыве технологических зарядов // Инженерная физика. 2018. № 7. С. 43–50.
3. Чебан А.Ю. Добычный комплекс для открытой разработки месторождений твердых полезных ископаемых // Горное оборудование и электромеханика. 2017. № 3. С. 8–11.
4. Kumar C., Murthy V., Kumaraswamidhas L., Prakash A. Influence of cutting drum specifications on the production performance of surface miner under varied rock strength – Some investigations // Journal of Mines, Metals and Fuels. 2016. Vol. 64. P. 181–186.
5. Wirtgen surface mining for selective limestone mining in the North Caucasus. Russia // Zement-Kalk-Gips Int. 2014. Vol. 67. № 10. P. 18–19.
6. Prakash A., Murthy V., Singh K. Rock excavation using surface miners: An overview of some design and operational aspects // International Journal of Mining Science and Technology. 2013. Vol. 23. P. 33–40.
7. Niemamn-Delius C. Mining technical and profitability of Continuous Surface Mining for two open-pit coal mines in Yugoslavia based on Krupp Surface Mining // Braunkohle. 1991. № 11. P. 24–27.
8. Глотов В.В. Об инвестиционной привлекательности мелких месторождений полезных ископаемых // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2003. № 10. С. 101–104.
9. Ромашкин Ю.В. Доработка запасов карьерных полей угольных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2012. № 10. С. 70–74.
10. Тарасов П.И., Журавлев А.Г., Фурин В.О. Обоснование технологических параметров углубочного комплекса // Горное оборудование и электромеханика. 2011. № 9. С. 2–10.
11. Чебан А.Ю. Способ доработки глубокого карьера с применением фрезерных машин // Маркшейдерия и недропользование. 2017. № 4. С. 23–29.
12. 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>.

References

1. Pavlov A.M., Vasiliev D.S. Improving underground mining technology of steeply dipping thin ore bodies of Konevinskoe gold deposit. *Izvestija Sibirskogo otdelenija Sekcii nauk o Zemle Rossijskoj akademii estestvennyh nauk. Geologija, razvedka i razrabotka mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh* [Proceedings of the Siberian Department of the Section of Earth Sciences of the Russian Academy of Natural Sciences. Geology, Exploration and Development of Mineral Deposits], 2017, vol. 40, no. 2, pp. 88–94. (In Russian).
2. Viktorov S.D., Galchenko Yu.P. Nano-sized particles in the mineral resource exploitation: formation of transit and deposition in the earth's atmosphere. *Inzhenernaja fizika* [Engineering Physics], 2018, no. 7, pp. 43–50. (In Russian).
3. Cheban A.Yu. Production Complex for Open-Cast Mining of Solid Minerals. *Gornoe oborudovanie i jelectromehanika* [Mining Equipment and Electromechanics], 2017, no. 3, pp. 8–11. (In Russian).
4. Kumar C., Murthy V., Kumaraswamidhas L., Prakash A. Influence of cutting drum specifications on the production performance of surface miner under varied rock strength – Some investigations. *Journal of Mines, Metals and Fuels*, 2016, vol. 64, pp. 181–186.
5. Wirtgen surface mining for selective limestone mining in the North Caucasus. Russia. *Zement-Kalk-Gips Int.* 2014, vol. 67, no. 10, pp. 18–19.
6. Prakash A., Murthy V., Singh K. Rock excavation using surface miners: An overview of some design and operational aspects. *International Journal of Mining Science and Technology*, 2013, vol. 23, pp. 33–40.
7. Niemamn-Delius C. Mining technical and profitability of Continuous Surface Mining for two open-pit coal mines in Yugoslavia based on Krupp Surface Mining. *Braunkohle*, 1991, no. 11, pp. 24–27.
8. Glotov V.V. On investment attractiveness of small deposits of minerals. *Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'* [Mining Informational and Analytical Bulletin], 2003, no. 10, pp. 101–104. (In Russian).
9. Romashkin Yu.V. Final extraction of open pit coal field resources. *Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'* [Mining Informational and Analytical Bulletin], 2012, no. 10, pp. 70–74. (In Russian).
10. Tarasov P.I., Zhuravlev A.G., Furin V.O. Justification for technological parameters of deepening complex. *Gornoe oborudovanie i jelectromehanika* [Mining Equipment and Electromechanics], 2011, no. 9, pp. 2–10. (In Russian).
11. Cheban A.Yu. Method of developing deep-career with application of milling machines. *Markshejderija i nedropol'zovanie* [Mine Surveying and Subsurface Use], 2017, no. 4, pp. 23–29. (In Russian).
12. Cheban A.Yu. Method and equipment for opencast mining of small steeply dipping deposits. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Novos Magnitogorsk State Technical University], 2017, vol. 15, no. 3, pp. 18–23. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2017-15-3-18-23>. (In Russian).

Критерии авторства

Чебан А.Ю. написал статью, имеет на нее авторские права и несет ответственность за плагиат.

Authorship criteria

Cheban A.Yu. has written the article, has all author's rights and bears the responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The author declares that there is no conflict of interests regarding the publication of this article.