

# СПОСОБ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ МАЛОМАСШТАБНЫХ КРУТОПАДАЮЩИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Чебан А.Ю.

Институт горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук РАН (ИГД ДВО РАН), Хабаровск, Россия

## Аннотация

Минерально-сырьевой комплекс является важной составляющей экономики России. При добыче твердых полезных ископаемых наибольшее распространение получил открытый способ разработки месторождений. С увеличением глубины крупных карьеров затраты на добычу минерального сырья непрерывно возрастают. В связи с постепенным истощением минерально-сырьевой базы крупных месторождений твердых полезных ископаемых все больший интерес для горнодобывающих предприятий начинают представлять маломасштабные месторождения. Достоинствами многих из них является богатое содержание полезных компонентов в руде и небольшая глубина ее залегания, совокупные минерально-сырьевые ресурсы таких месторождений довольно значительны. В то же время многие маломасштабные месторождения пространственно удалены друг от друга и от крупных горнодобывающих предприятий и труднодоступны, что ведет к значительным затратам при их освоении. В последние годы на горные предприятия поступает новая высокопроизводительная техника непрерывного действия, позволяющая вести безвзрывную выемку прочных пород. Для доработки запасов карьерных полей месторождений в России начали применять комплексы глубокой разработки пластов, однако данное оборудование не позволяет разрабатывать крутоопадающие рудные тела. В статье предлагается способ разработки крутоопадающих месторождений и автоматизированный комплекс глубокой разработки для его осуществления. Комплекс включает колесное шасси повышенной проходимости, фрезерный рабочий орган, установленный на телескопической стреле, систему пневматического транспортирования горной массы из забоя и другое оборудование. В сравнении с традиционными способами освоения крутоопадающих рудных тел, предлагаемое решение позволяет снизить количество горнодобывающего оборудования и производственного персонала и повысить безопасность ведения горных работ.

**Ключевые слова:** комплекс глубокой разработки, рудное тело, горная масса, пневмотранспортная система, автосамосвал.

## Введение

Минерально-сырьевой комплекс является важнейшей составляющей экономики России, а реализация минеральных ресурсов за рубеж обеспечивает основную долю валютных поступлений в страну [1]. В связи с постепенным истощением минерально-сырьевой базы крупных месторождений твердых полезных ископаемых все больший интерес для горнодобывающих предприятий начинают представлять маломасштабные месторождения [2]. Кроме того, необходимо отметить, что с увеличением глубины крупных карьеров непрерывно возрастает коэффициент вскрыши и объемы пустых пород, перемещаемых в отвалы, затраты на транспортировку горной массы также увеличиваются и в отдельных случаях могут достигать 65–75% всех затрат на добычу полезного ископаемого [3]. Усложняются схемы карьерного транспорта, начинают использоваться комбинированные схемы с применением различных видов конвейеров и подъемников, дробильно-перегрузочных установок и другого оборудования [4–9].

Достоинствами многих маломасштабных месторождений является богатое содержание полезных компонентов в руде и небольшая глубина ее залегания [2], совокупные минерально-сырьевые ресурсы таких месторождений довольно значительны, так как по разным оценкам на одно крупное месторождение приходится от 10 до 90 маломасштабных. К недостаткам можно отнести пространственную удаленность многих маломасштабных месторождений друг от друга и от крупных горнодобывающих предприятий, труднодоступность, что ведет к значительным затратам при освоении данных месторождений.

## Постановка проблемы

В настоящее время в горном производстве появляется новая высокопроизводительная техника непрерывного действия, позволяющая вести безвзрывную выемку плотных, полускальных и легко разрабатываемых скальных пород [10–15]. В горное производство в России и за рубежом внедряются комплексы глубокой разработки пластов (КГРП), предназначенные, прежде всего, для доработки запасов карьерных полей угольных месторождений [16–17]. Ком-

плекс глубокой разработки пластов представляет собой комбайн с дистанционно управляемым рабочим органом, внедряемым в пласт с помощью упорных усилий конвейера, последовательно наращиваемого по мере углубления и образующего единый став между поверхностным и выемочным модулями. Применение известных конструкций КГРП для разработки наклонных и крутонаклонных маломасштабных месторождений полезных ископаемых невозможно в связи с тем, что транспортировка горной массы конвейерным станом КГРП не превышает 18–20°.

Известны конструкции фрезерных устройств, позволяющие создавать вертикальные выемки с целью возведения в массиве вертикальных стен [18]. Дисковые фрезы разрабатывают породу, а измельченная горная масса удаляется всасывающей системой пневмотранспортирования. Даные конструкции не позволяет разрабатывать наклонные выемки и прочные горные породы, поскольку фрезы подвешены на канатах и напор на забой осуществляется только за счет собственного веса рабочего органа.

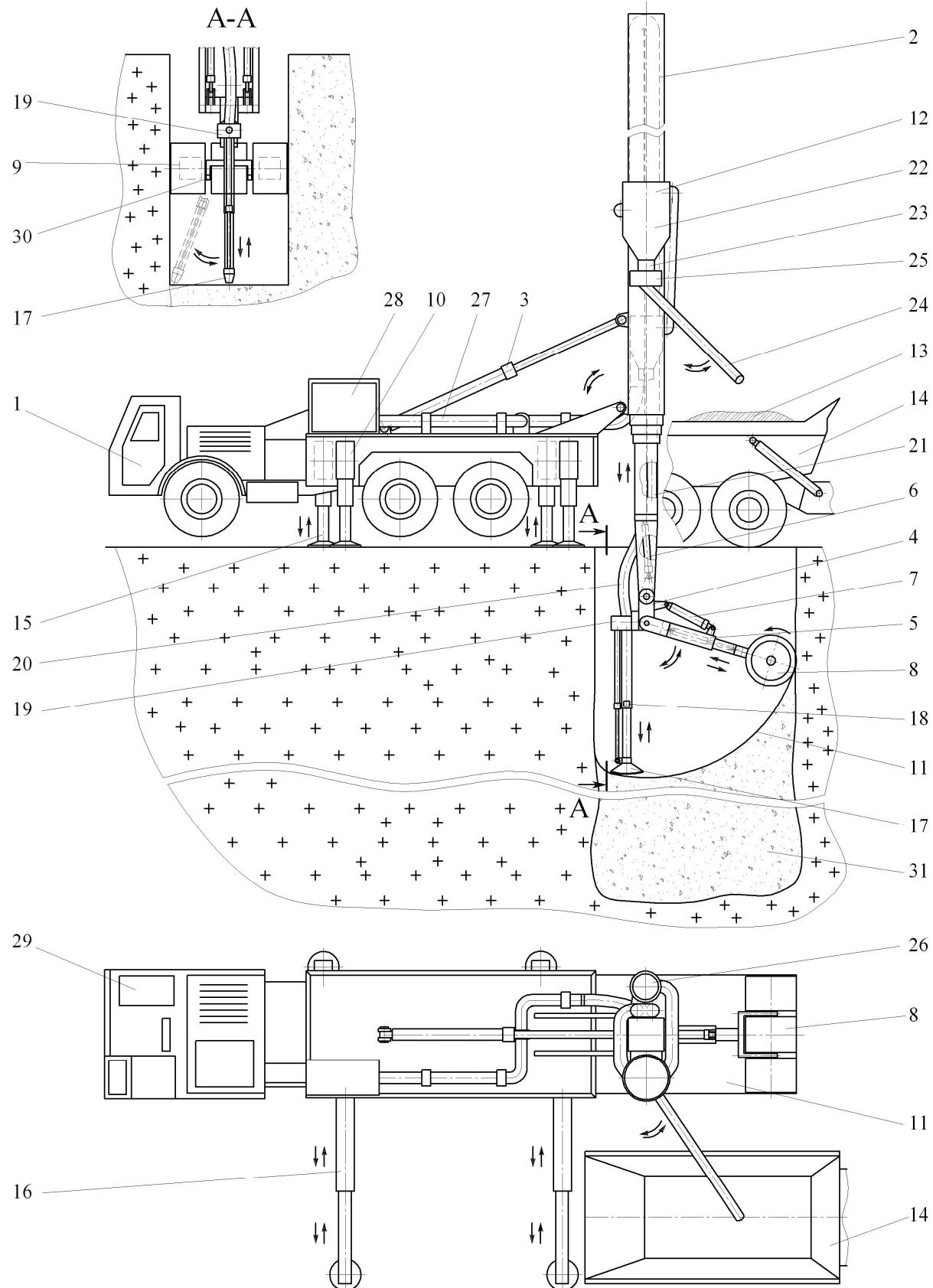
### Результаты исследований и их обсуждение

В Институте горного дела ДВО РАН разработан и запатентован способ освоения маломасштабных крутопадающих месторождений и автоматизированный комплекс глубокой разработки для осуществления данного способа [19]. Автоматизированный комплекс включает колесное шасси 1 повышенной проходимости, телескопическую стрелу 2 с механизмом подъема 3, промежуточную 4 и телескопическую головную 5 секции с механизмами поворота 6 и 7 (см. **рисунок**).

Также имеется составной рабочий орган 8 со встроенным механизмом вращения 9, механизм позиционирования 10 комплекса относительно забоя 11 и вакуумная система пневмотранспортирования 12 горной массы 13 из забоя в автосамосвал 14. Механизм позиционирования комплекса состоит из выдвижных опор 15 и направляющих 16. Вакуумная система пневмотранспортирования 12 включает телескопическое сопло 17 с датчиками 18 контроля контуров горной массы в забое, механизм поворота сопла 19, гибкие шланги 20 и телескопический трубопровод 21, разгружатель 22, затвор 23, разгрузочный желоб 24 с механизмом поворота 25, фильтр 26, стационарные трубопроводы 27 и воздушный насос 28. Управление работой комплекса осуществляется с использованием системного блока

управления 29. Комплекс оборудован системой распознавания слоев с датчиками 30 контроля физико-механических характеристик горных пород, связанными с системным блоком управления 29 автоматизированным комплексом глубокой разработки.

Освоение маломощного крутопадающего месторождения с помощью комплекса глубокой разработки ведется следующим образом. На основании геологоразведочных данных комплекс позиционируется с учетом направления залегания рудного тела 31. Приведение автоматизированного комплекса глубокой разработки в рабочее исходное состояние осуществляется посредством выдвижения направляющих 16 и выносных опор 15. С помощью механизма поворота 3 производится подъем телескопической стрелы 2 с промежуточной 4 и телескопической головной 5 секциями. Телескопическая стрела 2 выдвигается до контакта рабочего органа 8 с горным массивом, начинается отработка рудного тела 31. С учетом физико-механических характеристик разрабатываемой горной породы, системный блок управления 29 в автоматическом режиме устанавливает рациональный режим функционирования рабочего органа 8 (частоту вращения, величину напора, глубину резания, скорости перемещения в забое). После разрушения горная масса 13 смещается в нижнюю часть забоя 11, где располагается телескопически подвижное сопло 17, установленное с возможностью поворота в вертикальной плоскости. Информация о контурах разрушенной горной массы поступает от датчиков 18 на системный блок управления 29, который задает рациональную траекторию перемещения сопла 17 для удаления горной массы из забоя 11. При включении воздушного насоса 28 осуществляется всасывание частиц горной массы через сопло 17, гибкий шланг 20 и телескопический трубопровод 21. Затем частицы горной массы подаются к разгружателю 22, в нижней части которого имеется затвор 23, при открывании затвора 23 горная масса по разгрузочному желобу 24 поступает в автосамосвал 14. Равномерная загрузка кузова автосамосвала обеспечивается путем перемещения разгрузочного желоба 24 посредством механизма поворота 25. С помощью датчиков 30 системы распознавания слоев перемещение рабочего органа 8 ограничивается лишь контуром рудного тела 31.



Общий вид автоматизированного комплекса глубокой разработки маломасштабных месторождений в рабочем положении

После отработки элемента рудного тела 31 на определенную глубину рабочий орган 8 поднимается на дневную поверхность и автоматизированный комплекс глубокой разработки без переустановки опор 15 на направляющих 16 смещается вдоль залегания рудного тела. Таким образом, с одной установки комплекс может отработать забой длиной, равной 2–3 ширины рабочего органа, что значительно сокращает время на маневрирование комплекса. В транспортное положение рабочий орган 8, промежуточная секция 4, телескопическая головная секция 5 и сопло 17 устанавливаются с помощью механизма поворота 6.

## Выводы

Предлагаемое оборудование расширяет технологическую эффективность разрушения пород различной степени крепости и связности посредством регулирования усилия резания в зоне обработки и формирования в поверхностном слое обрабатываемого массива зон разрушения с учетом прочностных характеристик породы [20]. Способ разработки маломасштабных месторождений и автоматизированный комплекс глубокой разработки в сравнении с традиционными способами освоения крутопадающих рудных тел позволяет снизить количество горнодобывающего оборудования и производственного персонала и повысить безопасность ведения горных работ. Применение комплекса также обеспечивает минимально возможный коэффициент вскрыши при открытой разработке подобных месторождений.

## Список литературы

- Мельников Н.Н., Бусырев В.М. Концепция ресурсосбалансированного освоения минерально-сырьевой базы // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2005. №2. С. 58–64.
- Глотов В.В. Об инвестиционной привлекательности мелких месторождений полезных ископаемых // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2003. №10. С. 101–104.
- Ржевский В.В. Открытые горные работы. Ч. I. Производственные процессы: учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1985. 509 с.
- Гавришев С.Е., Бурмистров К.В., Кидяев В.А. Использование преимуществ карьерного комбинированного транспорта при открыто-подземной разработке месторождений // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2010. №3. С. 5–7.
- Трубецкой К.Н., Корнилков С.В., Яковлев В.Л. О новых подходах к обеспечению устойчивого развития горного производства // Горный журнал. 2012. №1. С. 15–19.
- Осадчий В.И., Маулянбаев Т.И., Кузьмин С.Л. Проектирование технологии обмена контейнеров на подъемных пунктах // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2013. №2. С. 16–18.
- Чебан А.Ю., Хрунина Н.П. Модернизация транспортно-перегрузочного оборудования при ведении открытых горных работ // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2017. Т.15. №1. С. 10–14.
- Special equipment for quarry operations. *Zement-Kalk-Gips Int.* 2014, vol. 67, no. 10, p. 12.
- Mobil Anlagen von Sandvik in Kasachstan. *AT Miner. Process. Eur.* 2015, vol. 56, no. 1–2, pp. 40–41.
- Чебан А.Ю. Совершенствование безвзрывных циклично-поточных технологий добычи полезных ископаемых // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2016. Т.14. №2. С. 5–9.
- Чебан А.Ю. Классификация технологических схем применения карьерных комбайнов // Системы. Методы. Технологии. 2015. №2. С. 159–163.
- Швабенланд Е.Е., Соколовский А.В., Пихлер М. Выбор параметров послойно-порционной технологии при разработке сложноструктурных месторождений комбайнами фрезерного типа // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2016. Т.14. №1. С. 5–11.
- Решетняк С.П., Аврамова Н.С. Развитие техники и технологии безвзрывной разработки горных пород на карьерах // Горная техника. 2012. №1. С. 2–8.
- Чебан А.Ю. Совершенствование технологий открытой разработки месторождений с использованием карьерных комбайнов и отвалообразователей // Записки горного института. 2015. Т. 214. С. 23–27.
- Wirtgen surface mining for selective limestone mining in the North Caucasus / Russia. *Zement-Kalk-Gips Int.* 2014, vol. 67, no. 10, p. 18.
- Ромашкин Ю.В. Доработка запасов карьерных полей угольных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2012. №10. С. 70–74.
- Задавин Г.Д., Лейдерман Л.П. Освоение Элегестского каменноугольного месторождения – основа создания новой сырьевой базы коксующихся углей // Рациональное освоение недр. 2012. №2. С. 38–44.
- Пат. 2310725, Е02F 5/08 (DE), Е02F 5/20. Фрезерное устройство и способ разработки грунта / Штетцер Э.
- Пат. 2541992 РФ, Е21C 41/26, Е21C 35/24, Е21C 27/24. Способ разработки крутопадающих месторождений твердых полезных ископаемых и автоматизированный комплекс глубокой разработки / А.Ю. Чебан.
- Cheban A.Yu., Sekisov G.V., Khrunina N.P., Shemyakin S.A. Upgrading continuous and cyclic excavation and transportation during open-pit mining // *Eurasian mining.* 2014. №1. pp. 22–24.

Поступила 05.04.17.  
Принята в печать 07.06.17.

## METHOD AND EQUIPMENT FOR OPENCAST MINING OF SMALL STEEPLY DIPPING DEPOSITS

Anton Yu. Cheban – Senior Researcher, Associate Professor

Institute of Mining of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia. E-mail: chebanay@mail.ru

### Abstract

Mineral resources are an important sector of the Russian economy. Open-cast mining is the most popular method for extracting solid minerals. Further development of large-scale open pits depthwise is associated with ever-rising mining costs. Due to a gradual depletion of large-scale solid mineral deposits, small-scale deposits are gaining an increasing popularity among mining companies. The benefits offered by many of such deposits include a high concentration of valuable components and a small depth of their occurrence. They offer an overall significant amount of resources. At the same time, many small-scale deposits are scattered far from each other or from big mining sites and are not easily accessible, which may lead to significant development costs. In recent years, the mining companies have been buying new high-performance continuous mining equipment enabling them to mine hard ores in an explosive-free way. To complete the extraction of open pit fields, the Russian mine operators started to deploy highwall mining systems. However, highwall mining systems are not applicable to steeply dipping ore bodies. The author of this article proposes a method for mining steeply dipping deposits, as well as an automated longwall mining system. The longwall mining system comprises a heavy-duty wheel undercarriage, a cutter mounted on a telescopic boom, a pneumatic transport system and other components. The highwall mining system ensures high efficiency and safety of mining operations, as well as a significant reduction in overburden removal and environmental impact.

**Keywords:** Highwall mining system, ore body, rock mass, pneumatic transport system, dump truck.

### References

1. Melnikov N.N., Busyrev V.M. Sustainable mineral resources development strategy. *Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie* [Mineral Resources of Russia. Economics and Management], 2005, no. 2, pp. 58–64. (In Russ.)
2. Glotov V.V. On investment attractiveness of small mineral deposits. *Gornij informatsionno-analiticheskij bjulleten'* [Mining Bulletin], 2003, no. 10, pp. 101–104. (In Russ.)
3. Rzhevskiy V.V. *Otkrytie gornye raboty. Chast' I. Proizvodstvennye protsessy: Uchebnik dlya vuzov* [Open pit mining. Part I. Production processes: Textbook for universities]. 4th revised edition. Moscow: Nedra, 1985, 509 p. (In Russ.)
4. Gavrishev S.E., Burmistrov K.V., Kidyaev V.A. Exploiting the advantages of combined open-pit transport in combined open cut and underground mining. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University], 2010, no. 3, pp. 5–7. (In Russ.)
5. Trubetskoy K.N., Kornilkov S.V., Yakovlev V.L. On new strategies of ensuring sustainable development of mining operations. *Gornij zhurnal* [Mining Journal], 2012, no. 1, pp. 15–19. (In Russ.)
6. Osadchiy V.I., Maulyanbaev T.I., Kuzmin S.L. Designing a container exchange system to be used at lifting points. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University], 2013, no. 2, pp. 16–18. (In Russ.)
7. Cheban A.Yu., Khrunina N.P. Enhanced transportation and handling equipment in opencast mining. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University], 2017, vol. 15, no. 1, pp. 10–14. (In Russ.)
8. Special equipment for quarry operations. *Zement-Kalk-Gips Int.* 2014, vol. 67, no. 10, p. 12.
9. Mobil Anlagen von Sandvik in Kasachstan. *AT Miner. Process. Eur.* 2015, vol. 56, no. 1–2, pp. 40–41.
10. Cheban A.Yu. Enhancing the conveying technology in explosive-free mining. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University], 2016, vol. 14, no. 2, pp. 5–9. (In Russ.)
11. Cheban A.Yu. Classification of surface miner utilization schemes. *Sistemy. Metody. Tekhnologii* [Systems. Methods. Technologies], 2015, no. 2, pp. 159–163. (In Russ.)
12. Schwabenland E.E., Sokolovskiy A.V., Pikhler M. Selecting the parameters of the layer-batch process when using cutters for mining structurally complex deposits. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University], 2016, vol. 14, no. 1, pp. 5–11. (In Russ.)
13. Reshetnyak S.P., Avramova N.S. Development of explosive-free mining machinery and technology for open pits. *Gornaya tekhnika* [Mining machinery], 2012, no. 1, pp. 2–8. (In Russ.)

14. Cheban A.Yu. Opencast mining systems enhanced with surface miners and spreaders. *Zapiski gornogo instituta* [Proceedings of Mining Institute], 2015, vol. 214, pp. 23–27. (In Russ.)
15. Wirtgen surface mining for selective limestone mining in the North Caucasus / Russia. *Zement-Kalk-Gips Int.* 2014, vol. 67, no. 10, p. 18.
16. Romashkin Yu.V. Final extraction of coal fields. *Gornyi informatsionno-analiticheskiy bjulleten'* [Mining Bulletin], 2012, no. 10, pp. 70–74. (In Russ.)
17. Zadavin G.D., Leiderman L.P. The development of the Elegest coal deposit as the basis for building a new coking coal stock. *Ratsional'noe osvoenie nedr* [Mineral mining and conservation], 2012, no. 2, pp. 38–44. (In Russ.)
18. Stetzer E. Milling device and an excavationmethod. Patent DE, no. 2310725, 2007.
19. Cheban A. *Sposob razrabotki krutopadayushchikh mestorozhdeniy tverdykh poleznykh iskopaemykh i avtomatizirovannyi kompleks grubokoy razrabotki* [Mining method for steeply dipping solid mineral deposits and an automated highwall mining system]. Patent RF, no. 2541992.
20. Cheban A.Yu. On determining the capacity of surface miners under various operating conditions. *Sistemy. Metody. Tekhnologii* [Systems. Methods. Technologies], 2014, no 3, pp. 145–148. (In Russ.)

Received 05/04/17

Accepted 07/06/17

Образец для цитирования

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>

For citation

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, vol. 15, no. 3, pp. 18–23. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2017-15-3-18-23>