

Оригинальная статья / Original article

УДК 622.271

DOI: <http://dx.doi.org/10.21285/2541-9455-2019-42-2-194-200>

Горное оборудование для разработки рудных тел малой мощности и технология его применения

© А.Ю. Чебан

Институт горного дела ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия

Резюме: Целью данного исследования является создание компактного и мобильного выемочного оборудования для разработки с допустимыми параметрами разубоживания пластов и жил мощностью первые десятки сантиметров с различными углами падения (восстания), которое можно было бы применять для разработки запасов как на карьерах, так и в подземных выработках. В статье анализируются известные технические устройства и технологии выемки минерального сырья, содержащегося в пластах и жилах малой мощности, при ведении открытых и подземных горных работ. Перспективным направлением совершенствования горного оборудования являются геходы, позволяющие создавать значительные напорные усилия на забой за счет использования контуров выработки как опорного элемента для восприятия силовых нагрузок. Автором предлагается конструкция гехода для разработки запасов минерального сырья, содержащегося в рудных телах малой мощности, и технология его применения. Геход представляет собой автономное устройство, состоящее из корпуса с направляющими и гидроцилиндрами, сдвоенных дисковых фрез с опорными листами и толкателями. Геход обеспечивает возможность создания напора сдвоенных фрез на забой за счет распора корпуса в выработке и удаление разрыхленной горной массы посредством системы пневмотранспортирования, что упрощает устройство данного выемочного оборудования в сравнении с известными конструкциями геходов. Энергообеспечение и управление геходом осуществляется от внешнего модуля, располагающегося на уступе карьера или в подземной горной выработке. Компоновка фрезерного рабочего органа гехода позволяет получать выработки прямоугольного сечения, что обеспечивает высокий коэффициент извлечения полезного ископаемого из недр. Технология добычных работ с применением гехода позволит обеспечить экономически оправданное вовлечение в отработку запасов, находящихся в рудных телах малой мощности.

Ключевые слова: геход, дисковые фрезы, горная масса, гидроцилиндры, система пневмотранспортирования, внешний модуль

Информация о статье: Дата поступления 12 апреля 2019 г.; дата принятия к печати 16 мая 2019 г.; дата онлайн-размещения 27 июня 2019 г.

Для цитирования: Чебан А.Ю. Горное оборудование для разработки рудных тел малой мощности и технология его применения. *Известия Сибирского отделения секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых.* 2019. Т. 42. № 2. С. 194–200. DOI: 10.21285/2541-9455-2019-42-2-194-200.

Mining machinery for thin bed ore bodies and technology of its application

© Anton Yu. Cheban

Far Eastern branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia

Abstract: The purpose of the study has been to create a compact and mobile excavating machine that allows permissible-dilution mining of thin bed strata and seams with different rise angles, and thus, cleaning-up of the mineral reserves both in quarries and underground mines. The article analyzes the known mining machinery and technologies used to extract mineral raw materials from thin bed seams in both opencast and underground mining. Geohods are considered promising mining machines as they make it possible to create significant pressure on the face by using the workings' contour as a support structure for the power loads. The paper presents a geohod structure developed for mining mineral reserves in thin bed ore bodies, and the technology of its application. It is an autonomous device consisting of a frame with guides and hydraulic cylinders, and double disc cutters with supporting sheets and pushers. The double disc cutters of the geohod create pressure on the face due to the frame

expansion in the workings, the loosened rock mass being removed with a pneumatic conveying system. Thus, the machine structure is simplified in comparison with the known geohod structures. The power supply and control of the geohod are realized from an external module located on a quarry face or in an underground mine working. The layout of the geohod mill unit allows rectangular cross-section workings, resulting in a high extraction factor. The extraction technology using geohods provides an economic ground for cleaning-up the reserves of thin bed ore bodies.

Keywords: geohod, disc mills, rock mass, hydraulic cylinders, pneumatic conveying system, external module

Information about the article: Received April 12, 2019; accepted for publication May 16, 2019; available online June 27, 2019.

For citation: Cheban A.Yu. Mining machinery for thin bed ore bodies and technology of its application. *Izvestiya Sibirskogo otdeleniya seksii 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*, 2019, vol. 42, no. 2, pp. 194–200. (In Russ.) DOI: 10.21285/2541-9455-2019-42-2-194-200.

Введение

Постепенно ухудшающиеся условия разработки месторождений твердых полезных ископаемых, ужесточение требований к экологической и промышленной безопасности горных работ при сохранении приемлемого уровня экономической эффективности производства определяют необходимость создания нового горного оборудования и технологических схем его применения [1–3]. При добыче полезных ископаемых как открытым, так и подземным способом в горном массиве могут оставаться тонкие пласты мощностью первые десятки сантиметров, содержащие запасы ценного минерального сырья. Освоение таких запасов традиционными технологиями с применением буровзрывных работ и относительно крупного горного оборудования для механического рыхления и выемки зачастую оказывается экономически нецелесообразным, так как вместе с рудным телом малой мощности придется вести выемку большого количества вмещающих пород. Это приводит к перемещиванию полезного ископаемого с пустыми породами, что ведет к повышенным удельным расходам на выемку полезного ископаемого и его последующую переработку. В то же время необходимо отметить, что наличие ранее созданной инфраструктуры горного предприятия создает положительные условия для доработки таких запасов.

Состояние вопроса

и постановка проблемы

Для доработки запасов полезных ископаемых в прибортовом массиве карьеров в настоящее время применяют шнекобуровые агрегаты и комплексы глубокой разработки [4–7]. Также известна конструктивная схема выемочного комплекса для разработки (доработки) крутопадающих рудных тел ограниченной мощности [8]. Недостатками вышеперечисленного оборудования являются сравнительно большое поперечное сечение отрываемых данным оборудованием выработок (мощность обрабатываемого рудного тела – от 0,8–1,2 м) и наличие жесткой связи в виде транспортера или стрелы для передачи напорного усилия от комплекса (агрегата) к режущему органу, что ведет к необходимости создания оборудования значительной массы и габаритов.

Обеспечить большие напорные усилия на забой без увеличения массы машины позволяют геходы. Геходом приконтурный массив пород используется как опорный элемент для восприятия силовых нагрузок, возникающих при движении твердого тела в геосреде, во время выполнения основных технологических операций при ведении горных выработок [9, 10]. В настоящее время разрабатываются конструкции геходов для проведения выработок в горных породах крепостью до 5 единиц по шкале

М.М. Протоद्याконова [10]. Известна конструктивная схема винтоповоротного проходческого агрегата (геохода), особенностью работы которого является вращательно-поступательное перемещение по принципу ввинчивания [11]. Геоход представляет собой цилиндрическую оболочку, состоящую из секций, снаружи головной секции установлена винтовая лопасть, а на хвостовой секции закреплены продольные опорные элементы для ее удержания от реактивного проворота. Во время работы исполнительный модуль геохода разрабатывает забой и удерживает его от обрушения, а поступившая внутрь головной секции горная масса захватывается погрузочным модулем. Однако круглое поперечное сечение выработки, выполняемой геоходом данной конструкции, и ее значительный диаметр не позволят эффективно применять это оборудование для разработки тонких пластов полезного ископаемого.

Целью данной работы является создание компактного и мобильного выемочного оборудования для разработки маломощных пластов и жил мощностью первые десятки сантиметров с различными углами падения (восстания) и с допустимыми параметрами разубоживания, которое можно было бы применять для доработки запасов как в карьерах, так и в подземных выработках.

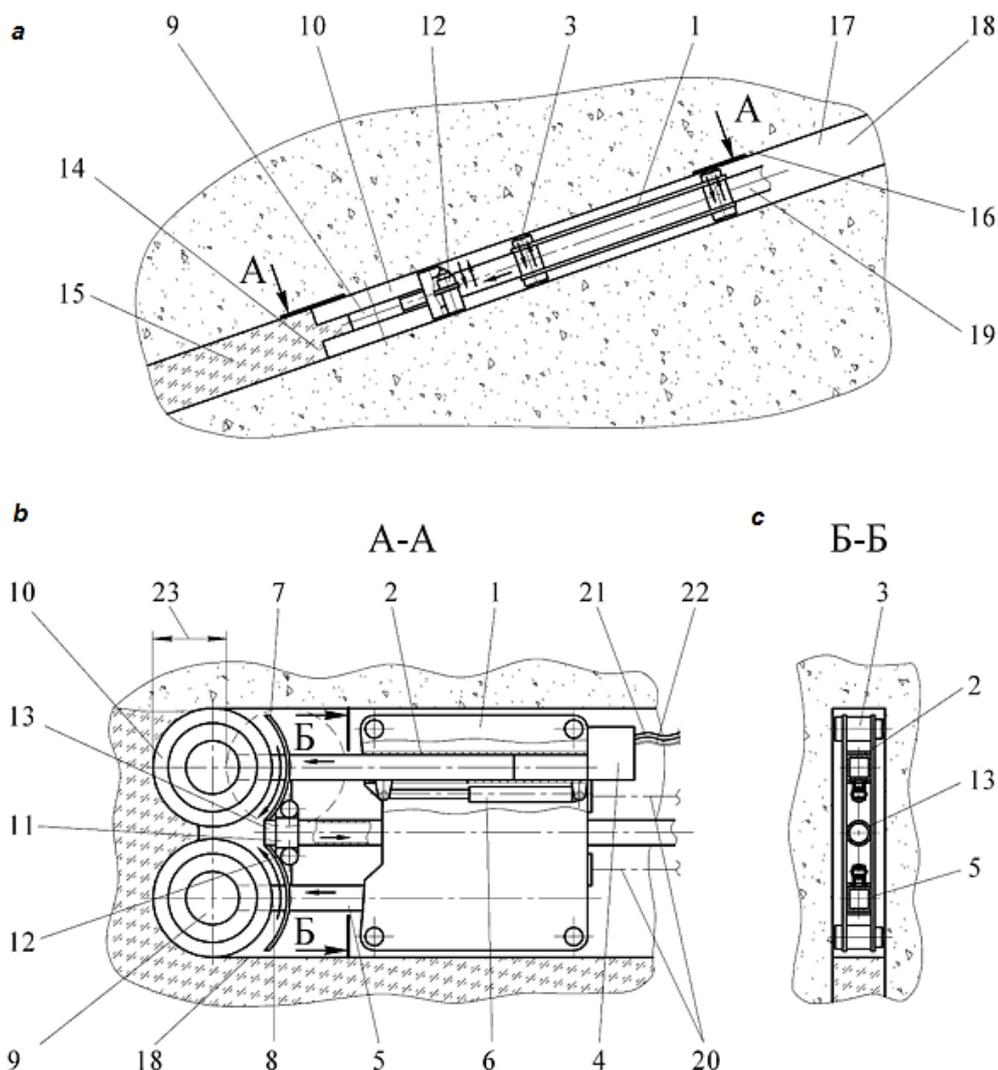
Результаты исследований

В Институте горного дела ДВО РАН разработана конструкция геохода для разработки тонких пластов и технология его применения. В качестве режущего инструмента предлагается использование дисковых фрез, подобный режущий инструмент уже нашел применение в горных машинах в основном для нарезания щелей в массивах горных пород при добыче каменных блоков, а также для ослабления сезонно промерзших мягких пород перед выемкой экскаваторами [12, 13]. Однако конструкция рабочих органов данных машин не позволяет прорезать

щели глубиной более 60–65 % от величины диаметра дисковых фрез (даже в случае их внецентренного зацепления). Также известен угольный комбайн КВЭ, оборудованный комбинированным щелевым рабочим органом, включающим режущие диски (дисковые фрезы) и скалывающие шарошки [14], при работе режущие диски нарезают в массиве вдоль забоя щели с последующим отделением целиков угля скалывающими шарошками. Комбайн работает по струговой технологии. Непосредственное применение для разработки тонких пластов комбайна КВЭ невозможно по причине того, что проектная мощность вынимаемого им пласта составляет 1,5 м.

Предлагаемая конструкция геохода (рисунок) состоит из корпуса 1 с двумя направляющими 2, четырьмя гидроцилиндрами 3 и блока гидрораспределительной аппаратуры 4 с электромагнитным управлением. В направляющих 2 установлены толкатели 5, взаимодействующие с напорными гидроцилиндрами 6. К толкателям 5 жестко прикреплены кожухи 7 и опорные листы 8, на которых установлены гидромоторы 9 и сдвоенные дисковые фрезы 10. Опорные листы 8 соединены между собой поперечиной 11, которая служит для обеспечения устойчивости толкателей 5, а также установки двух гидравлических стопоров 12. Кожухи 7 служат для направления разрыхленной горной массы к всасывающему патрубку 13 системы пневмотранспортирования.

Для создания напора двух сдвоенных дисковых фрез 10, вращающихся в противоположных направлениях, на забой 14 при отработке рудного тела 15 малой мощности гидроцилиндры 3 выдвигаются до упора их штоков в висячий борт 16 выработки 17 и обеспечивают распор корпуса 1 геохода (см. рисунок). При этом напорные гидроцилиндры 6 выдвигают толкатели 5 из направляющих 2. Разрыхленная фрезами 10 горная масса



Геоход для разработки рудных тел малой мощности:
 а – отработка рудного тела малой мощности; б – вид на геоход сверху;
 с – вид на корпус геохода спереди
Geohod for mining thin bed ore bodies:
 а – refining of a thin bed ore body; б – top view of the geohod;
 с – front view of the geohod's frame

перемещается вдоль боковых стенок 18 выработки 17 и кожухов 7 к всасывающему патрубку 13, после чего по гибкому трубопроводу 19 системы пневмотранспортирования подается в накопительный бункер внешнего модуля (на рисунке не показаны).

Внешний модуль, располагающийся на уступе карьера или в подземной горной выработке, также включает силовую установку, гидравлическую насосную станцию, лебедку с канатами

20 и пульт управления. Гидравлическая жидкость под давлением подается от насосной станции к блоку гидрораспределительной аппаратуры 4 геохода по шлангам 21, а сигналы на электромагниты управления поступают по электрическому кабелю 22. Отработка рудного тела 15 осуществляется на величину 23 выдвигания фрез 10, после чего фрезерование останавливается, гидравлические стопоры 12 выдвигаются до упора в висячий борт 16 выработки 17

с обеспечением распора толкателей 5, при этом штоки гидроцилиндров 3 втягиваются. Затем осуществляется втягивание штоков напорных гидроцилиндров 6 с одновременным подтягиванием корпуса 1 к фрезам 10. Распор толкателей 5 снимается, а распор корпуса 1 гидроцилиндрами 3 возобновляется, и цикл фрезерования повторяется вновь. Таким образом, геход осуществляет напорное усилие на забой 14 посредством взаимодействия с геосредой (выработкой 17). Извлечение гехода из выработки осуществляется посредством лебедки и канатов 20.

Выводы

Технология разработки рудных тел малой мощности с использованием предлагаемого горного оборудования позволяет вести выемку рудных тел мощностью первые десятки сантиметров с минимальным разубоживанием. Представленный в данной статье геход является компактным и мобильным выемочным

оборудованием, обеспечивающим возможность отработки рудных тел с различными углами падения как при ведении открытых работ, так и в подземных горных выработках. Геход обеспечивает напор сдвоенных фрез на забой за счет распора корпуса в выработке и удаление разрыхленной горной массы посредством системы пневмотранспортирования, что обеспечивает простоту и функциональность данного выемочного оборудования в сравнении с известными конструкциями геходов. При этом компоновка фрезерного рабочего органа позволяет получать выработки прямоугольного сечения, что обеспечивает высокий коэффициент извлечения полезного ископаемого из недр. Применение гехода предлагаемой конструкции позволит обеспечить экономически оправданное вовлечение в отработку запасов, находящихся за границами карьера в рудных телах малой мощности.

Библиографический список

1. Jarvie-Eggart M.E. Responsible mining: case studies in managing social & environmental risks in the developed world. Colorado: Society for Mining, Metallurgy and Exploration, 2015. 804 p.
2. Frank U. Multi-perspective enterprise modeling: foundational concepts, prospects and future research challenges // *Software & Systems Modeling*. 2014. Vol. 13. № 3. P. 941–962.
3. Чебан А.Ю. Способ доработки глубокого карьера с применением фрезерных машин // *Маркшейдерия и недропользование*. 2017. № 4. С. 23–29.
4. Perry K.A., Raffaldi M.J., Harris K.W. Influence of highwall mining progression on web and barrier pillar stability // *Mining Engineering*. 2015. Vol. 67. № 3. P. 59–67.
5. Prakash A., John L.P., Pal R.P. Highwall mining in India. Part II. Subsidence management mechanism at mine level // *Journal of Mines, Metals & Fuels*. 2014. Vol. 62. № 9-10. P. 254–262.
6. Dixit S.K., Pradhan M. Highwall mining in India // *Mine Planning and Equipment Selection*. Dresden: Springer International Publishing, 2014. P. 175–187.
7. Нецветаев А.Г., Григорян А.А., Пружина Д.И. Технологии безлюдной добычи угля с применением шнекобуровых машин // *Горная промышленность*. 2015. № 2 (120). С. 60–63.
8. 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>.
9. Ананьев К.А., Аксенов В.В., Хорешок А.А., Ермаков А.Н. Выбор принципиальной компоновочной схемы барабанных исполнительных органов разрушения забоя для геходов // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2014. № 11. С. 141–143.
10. Аксенов В.В., Хорешок А.А., Ананьев К.А., Ермаков А.Н. Определение силовых и кинематических параметров исполнительных органов гехода методом имитационного моделирования // *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. 2016. № 1 (113). С. 77–82.
11. Аксенов В.В., Ефременков А.Б., Бегляков В.Ю., Бурков П.В., Блащук М.Ю., Сапожкова А.В. Компоновочные решения машин для проведения горных выработок на основе геовинчестерной технологии // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2009. № 1. С. 251–259.

12. Чебан А.Ю. Совершенствование техники и технологий безвзрывной разработки горных пород: монография. Хабаровск: Изд-во ИГД ДВО РАН, 2017. 260 с.

13. Чирков А.С. Добыча и переработка строительных горных пород. М.: Изд-во МГГУ, 2005. 623 с.

14. Дмитрак Ю.В., Картавый А.Н., Картавый Н.Г., Серов В.А. Разработка малозахватных рабочих органов выемочных агрегатов типа ВСА для маломощных угольных пластов // Горное оборудование и электромеханика. 2012. № 7. С. 2–7.

References

1. Jarvie-Eggart M.E. Responsible mining: case studies in managing social & environmental risks in the developed world. Colorado: Society for Mining, Metallurgy and Exploration, 2015, 804 p.

2. Frank U. Multi-perspective enterprise modeling: foundational concepts, prospects and future research challenges. *Software & Systems Modeling*, 2014, vol. 13, no. 3, pp. 941–962.

3. Cheban A.Yu. Method of developing deep-career with application of milling machines. *Marksheideriya i nedropol'zovanie* [Mine surveying and subsurface use], 2017, no. 4, pp. 23–29. (In Russ.).

4. Perry K.A., Raffaldi M.J., Harris K.W. Influence of highwall mining progression on web and barrier pillar stability. *Mining Engineering*, 2015, vol. 67, no. 3, pp. 59–67.

5. Prakash A., John L.P., Pal R.P. Highwall mining in India. Part II. Subsidence management mechanism at mine level. *Journal of Mines, Metals & Fuels*, 2014, vol. 62, no. 9-10, pp. 254–262.

6. Dixit S.K., Pradhan M. Highwall mining in India. Mine Planning and Equipment Selection. Dresden: Springer International Publishing, 2014, pp. 175–187.

7. Netsvetaev A.G., Grigoryan A.A., Pruzhina D.I. Unmanned technologies of coal mining using augering machines. *Gornaya promyshlennost'* [Mining Industry], 2015, no. 2 (120), pp. 60–63. (In Russ.).

8. 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. (In Russ.) <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2017-15-3-18-23>.

9. Anan'ev K.A., Aksenov V.V., Khoreshok A.A., Ermakov A.N. The choice of geohod's drum cutter fundamental design. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'* [Mining Informational and Analytical Bulletin], 2014, no. 11, pp. 141–143. (In Russ.).

10. Aksenov V.V., Khoreshok A.A., Anan'ev K.A., Ermakov A.N. Estimation of force and kinematic parameters of cutting drums of geokhod. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kuzbass State Technical University], 2016, no. 1 (113), pp. 77–82. (In Russ.).

11. Aksenov V.V., Efremenkov A.B., Beglyakov V.Yu., Burkov P.V., Blashchuk M.Yu., Sapozhkova A.V. Layout solutions for mining machinery based on screw drilling technology. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'* [Mining Informational and Analytical Bulletin], 2009, no. 1, pp. 251–259. (In Russ.).

12. Cheban A.Yu. *Sovershenstvovanie tekhniki i tekhnologii bezvzryvnoi razrabotki gornykh porod* [Improvement of machinery and technology for non-explosive rock excavation]. Khabarovsk: Mining Engineering Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences Publ., 2017, 260 p. (In Russ.).

13. Chirkov A.S. *Dобыча и переработка строitel'nykh gornykh porod* [Mining and processing of rocks for construction]. Moscow: Moscow State Mining University Publ., 2005, 623 p. (In Russ.).

14. Dmitrak Yu.V., Kartavyi A.N., Kartavyi N.G., Serov V.A. Development of small dredging coverage milling cutters of aggregates type VSA for girde coal layers. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika* [Mining Equipment and Electromechanics], 2012, no. 7, pp. 2–7. (In Russ.).

Критерии авторства / Authorship criteria

Чебан А.Ю. написал статью, имеет на нее авторские права и несет ответственность за плагиат.
Anton Yu. Cheban has written the article, holds the copyright and bears the responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов / Responsibility for plagiarism

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

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

Сведения об авторе / Information about the author



Чебан Антон Юрьевич,

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник лаборатории геотехнологии и горной
теплофизики,

Институт горного дела ДВО РАН,
680000, г. Хабаровск, ул. Тургенева, 51, Россия,
e-mail: chebanay@mail.ru

Anton Yu. Cheban,

Cand. Sci. (Eng.),
Senior Researcher, Laboratory of Geotechnology and Mining Thermal Physics,
Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences,
51, Turgenev St., Khabarovsk, 680000, Russia,
e-mail: chebanay@mail.ru