

СПОСОБ ДОРАБОТКИ КРУТОНАКЛОННЫХ РУДНЫХ ТЕЛ МОЩНОСТИ

А.Ю. Чебан¹, Г.А. Курсакин¹, С.И. Корнеева¹, А.А. Фаткулин²

¹ Институт горного дела Дальневосточного отделения РАН, Россия, e-mail: chebanay@mail.ru

² Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

Аннотация: В процессе ведения открытых горных работ во многих случаях в бортах карьера и подкарьерном пространстве остаются запасы минерального сырья, вовлечение которых в отработку с применением традиционных открытых или подземных технологий экономически не эффективно. Наличие на карьере или разрезе ранее созданной инфраструктуры создает предпосылки доработки данных запасов с помощью комбинированных технологий, к которым можно отнести разработку пластов ограниченной мощности и жильных рудных тел посредством комплексов глубокой разработки или шнекобуровых машин. Существенным конструктивным недостатком данного оборудования является жесткая и прямолинейная связь режущего рабочего органа с машиной находящейся на поверхности, осуществляемая посредством бурового става, шнекового транспортера или телескопической стрелы, для передачи напорного усилия на забой, что не позволяет осуществлять отработку рудных тел с изменяемым углом падения. Предложен способ доработки запасов с применением добычной установки оснащенной автономным выемочным модулем, который имеет гибкую связь с базовой машиной, располагающейся на поверхности, и состоит из салазок, выдвигной секции, фрезы, упора и гидроцилиндров управления. Подъем разрыхленной фрезой горной массы осуществляется на поверхность по гибкому секционному трубопроводу системой пневматического транспортирования.

Ключевые слова: автономный выемочный модуль, фреза, выдвигная секция, забой, выемка, горная масса, гибкий трубопровод, горная выработка.

Для цитирования: Чебан А. Ю., Курсакин Г. А., Корнеева С. И., Фаткулин А. А. Способ доработки крутонаклонных рудных тел мощности // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 8. – С. 14–20. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-08-0-14-20.

Method to extract bottom and pit wall reserves in small thickness ore body mining

A.Yu. Cheban¹, G.A. Kursakin¹, S.I. Korneeva¹, A.A. Fatkulin²

¹ Mining Institute, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia,
e-mail: chebanay@mail.ru

² Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

Abstract: Open pit mining often leaves mineral reserves in pit walls and bottom. Extraction of such reserves with conventional underground or surface mining technologies is economically ineffective. Using the available open pit mine infrastructure, it is possible to extract such reserves through combination of technologies, for example, development of small thickness or lode deposits by Highwall Miners or auger machines. A significant design defect of this equipment is the tight straight-line coupling between the cutting tool and the machine on the ground. The coupling is represented by

a drill string, lifting screw or telescope boom that transmits crowd force to the bottomhole, which disables application of this equipment in ore bodies with variable dip angle. The authors propose a method to extract bottom and side wall reserves using a mining installation equipped with an independent extraction unit with flexible coupling with the land-based machine, and composed of a sliding bracket, an extending section, a cutter, a thrust and actuating cylinders. Loose cut rock is lifted to the surface via a flexible section-type pipeline by a pneumatic handling system.

Key words: independent extraction unit, cutter, extending section, bottomhole, mining, rock mass, flexible pipeline, underground excavation.

For citation: Cheban A. Yu., Kursakin G. A., Korneeva S. I., Fatkulin A. A. Method to extract bottom and pit wall reserves in small thickness ore body mining. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019;(8):14-20. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-08-0-14-20.

Введение

При ведении открытых горных работ в ряде случаев в прибортовом и подкарьерном пространстве остаются запасы минерального сырья, вовлечение которых в отработку с применением традиционных технологий экономически не целесообразно, поскольку потребует разноса борта карьера в связи, с чем доработка данных запасов будет вестись с большим коэффициентом текущей вскрыши. В тоже время наличие ранее созданной инфраструктуры горнодобывающего предприятия создает предпосылки продолжения добычи твердых полезных ископаемых с помощью комбинированных (открыто-подземных) технологий [1–2]. Развитие технических средств механического рыхления и выемки горных пород, а также технологических схем их применения, расширяют возможности горного производства в аспекте повышения извлечения запасов минерального сырья [3–5]. К таким технологиям можно отнести разработку пластов ограниченной мощности и жильных рудных тел посредством комплексов глубокой разработки или шнекобуровых машин. Доработка прибортовых и подкарьерных запасов механическими способами по сравнению с горными технологиями, использующими буровзрывное рыхление, имеет ряд преимуществ, в частности отсутствие сейсмического воздействия на борта карьера.

Состояние вопроса и постановка проблемы

В настоящее время комбинированные технологии в основном применяются для доработки прибортовых запасов угольных разрезов. Шнекобуровая технология выемки включает несколько операций. Агрегат для выбуривания пластов устанавливается у откоса уступа с обнаженным выходом угольного пласта, при этом рыхление и выемка полезного ископаемого осуществляется за счет вращения и подачи составного бурового шнека на забой, полученный уголь разгружается в приемный бункер агрегата, после чего конвейером подается в транспортное средство. Нарращивание шнека производится последовательно путем соединения секций небольшой длины. Таким образом, может осуществляться бурение с выемкой угля на глубину до 100–150 м [6–7].

Технология добычи полезных ископаемых комплексами глубокой разработки пластов ведется путем нарезания выработок прямоугольного сечения на глубину до 300 м [8–10]. При этом разработка угля осуществляется выемочным органом напор, которого на забой производится посредством толкателя. Разрыхленный уголь из забоя за счет питателя с нагребными лапами, подается на скребковый конвейер и шнековый перегружатель. А затем на шнековый транспортер, который представляет со-

бой цепочку соединенных друг с другом секций става, одновременно передающих напорное усилие от толкателя на выемочный орган. Производительность комплексов глубокой разработки достигает до 0,6 млн т в год.

Для разработки крутонаклонных рудных тел сложенных относительно прочными горными породами, предлагаются конструктивные схемы выемочных комплексов, оснащенных рабочим оборудованием, состоящим из фрезерного рабочего органа, телескопической стрелы с телескопическим оголовком и системой гидропривода [11–12]. Оработка забоя ведется путем создания напорного усилия на рабочий орган от телескопической стрелы, а также поворота телескопического оголовка в забое. Удаление отфрезерованной горной массы осуществляется посредством системы пневмотранспортирования или погрузочного ковша, установленного на каретке, перемещающейся по телескопической стреле. Выемочный комплекс может устанавливаться на колесном или гусеничном шасси и иметь дополнительное оборудование, например, бульдозерный отвал для ведения вспомогательных работ. Глубина выработок выполняемых выемочными комплексами в зависимости от типоразмера оборудования и конфигурации рудных тел может достигать 50–70 м.

Общими недостатками шнекобуровых агрегатов, комплексов глубокой разработки пластов и выемочных комплексов является жесткая и прямолинейная связь режущего рабочего органа с машиной находящейся на поверхности, осуществляемая посредством бурового става, шнекового транспортера или телескопической стрелы, для передачи напорного усилия на рабочий орган. В результате чего необходимо применять громоздкие и металлоемкие конструкции, требующие значительных усилий для их продвижения по забою, кроме того, невозможно

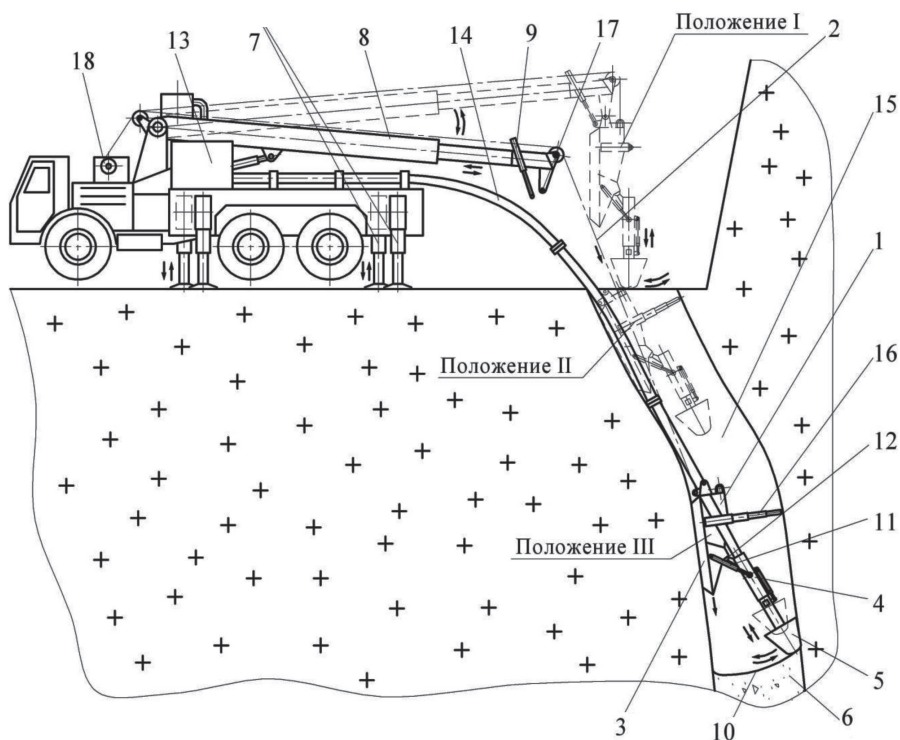
осуществлять отработку рудных тел с изменяемым углом падения.

Целью работы является создание технического средства с автономным выемочным модулем, имеющим гибкую связь с машиной находящейся на поверхности, для разработки крутонаклонных рудных тел малой мощности с изменяемым углом падения, а также технологии применения данной добычной установки для доработки запасов карьеров.

Результаты исследований и их обсуждение

Авторами предлагается способ доработки подкарьерных и прибортовых запасов с применением добычной установки оснащенной автономным выемочным модулем 1 с системой гидропривода элементов (рисунок). Автономный выемочный модуль 1 подвешивается на канате 2 и представляет собою салазки 3, к которым шарнирно крепится выдвижная секция 4 с фрезой 5.

Доработка крутонаклонных рудных тел 6 малой мощности посредством добычной установки осуществляется следующим образом. Для обеспечения горизонтального положения добычной установки, а также ее устойчивости производится выдвижение опор 7. Посредством телескопической стрелы 8 и гидроцилиндра 9 автономный выемочный модуль 1 переводится из транспортного положения в рабочее (положение I). Гидропривод элементов автономного выемочного модуля осуществляется от насосной станции установленной на добычной установке, по шлангам высокого давления (на рисунке не показаны). Фреза 5 начинает отработку рудного тела 6 с формированием забоя 10, посредством поворота гидроцилиндрами 11 выдвижной секции 4 относительно сферического шарнира 12 в вертикальной и горизонтальной плоскости. Удаление отфрезерованной горной массы осуществляется



Доработка крутонаклонного рудного тела малой мощности с применением добычной установки: 1 – автономный выемочный модуль; 2 – канат; 3 – салазки; 4 – выдвижная секция; 5 – фреза; 6 – рудное тело; 7 – опоры; 8 – телескопическая стрела; 9 – гидроцилиндры; 10 – забой; 11 – гидроцилиндры поворота выдвижной секции; 12 – сферический шарнир; 13 – система пневмотранспортирования; 14 – гибкий трубопровод; 15 – горная выработка; 16 – упор; 17 – ось; 18 – лебедка

Completion of low-power steeply inclined ore body using mining installation: 1 – stand alone extraction module; 2 – rope; 3 – sleigh; 4 – sliding section; 5 – cutter; 6 – ore body; 7 – supports; 8 – telescopic boom; 9 – hydraulic cylinders; 10 – slaughter; 11 – hydraulic cylinders of rotation of the sliding section; 12 – spherical hinge; 13 – pneumatic conveying system; 14 – flexible pipeline; 15 – mine workings; 16 – stop; 17 – axis; 18 – winch

системой пневмотранспортирования 13 через специальные окна в корпусе фрезы 5 [11] по секциям гибкого трубопровода 14, последовательно наращиваемым по мере понижения забоя 10, с разгрузкой горной массы в транспортное средство.

После того как глубина горной выработки 15 становится достаточной для полного погружения автономного выемочного модуля 1, производится выдвижение упора 16 до его контакта с висячим бортом горной выработки 15. При этом салазки прижимаются к лежащему

борту выработки 15, что обеспечивает распор автономного выемочного модуля 1 (положение II). Затем осуществляется снятие жесткого соединения в виде гидроцилиндра 9 и оси 17 между телескопической стрелой 8 и автономным выемочным модулем 1, в результате чего последний начинает взаимодействовать с телескопической стрелой 8 добычной установки только посредством каната 2. После обеспечения распора и отсоединения автономного выемочного модуля 1 отработка рудного тела 6 возобновляется, фреза 5 перемещается в по-

перечном сечении выработки, а также в глубину на величину хода выдвижной секции 4.

При полном выдвижении фрезы 5 отработка забоя 10 приостанавливается, и упор 16, контактирующий с висячим бортом выработки 15 частично втягивается. Выдвижная секция 4 втягивается полностью, при этом посредством лебедки 18 производится ослабление каната 2 и автономный выемочный модуль 1, лишенный распора, под действием силы тяжести на салазках 3 по лежачему борту выработки 15 опускается на новую позицию. Упор 16 вновь выдвигается до контакта с висячим бортом и цикл отработки рудного тела 6 повторяется, таким образом, осуществляется последовательное углубление автономного выемочного модуля 1 в горный массив (положение III).

После окончания отработки рудного тела 6 фрезерование прекращается, упор 16 втягивается. Автономный выемочный модуль 1 посредством каната 2 и лебедки 18 перемещается на салазках 3 по лежачему борту выработки 15 на дневную поверхность, где осуществляется его жесткое крепление к телеско-

пической стреле 8 с помощью гидроцилиндра 9 и оси 17.

Гибкая подвеска автономного выемочного модуля позволяет обрабатывать рудные тела криволинейной формы на значительную глубину. Величина погружения автономного выемочного модуля в случае применения комбинированной всасывающе-нагнетательной системы пневматического транспортирования по предварительным расчетам авторов может достигать 120–150 м.

Выводы

Предлагаемый способ доработки крутонаклонных рудных тел малой мощности с применением добычной установки оснащенной автономным выемочным модулем, имеющим гибкую связь с дневной поверхностью, дает возможность вести отработку залежей с изменяемым углом падения. Отказ от жесткой связи между добычной установкой и выемочным модулем позволяет сократить габаритные размеры и металлоемкость горного оборудования, что обеспечит возможность его перемещения, маневрирования и работы в стесненных условиях при доработке прибортовых и подкарьерных запасов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Coal Production and Processing Technology* / Ed. by M. R. Riazi, R. Gupta. Taylor & Francis Group, LLC. 2016. P. 535.
2. Пикалов В. А., Соколовский А. В., Нецветаев А. Г., Пружина Д. И. Расширение области применения комбинированной геотехнологии при отработке угольных месторождений // Горный журнал. — 2016. — № 5. — С. 68–72.
3. Dixit S. K., Pradhan M. Highwall mining in India // *Mine Planning and Equipment Selection*. Springer International Publishing. 2014. pp. 175–187.
4. Клементьева И. Н., Кузиев Д. А. Современное состояние и перспективы развития конструкций карьерных комбайнов для безвзрывной послойной выемки прочных пород // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2019. — № 2. — С. 123–128.
5. Чебан А. Ю. Способ добычных работ для малых угольных разрезов с применением усовершенствованного карьерного комбайна // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2019. — № 2. — С. 36–42.
6. Нецветаев А. Г., Григорян А. А., Пружина Д. И. Технологии безлюдной добычи угля с применением шнекобуровых машин // Горная промышленность. — 2015. — № 2. — С. 60–63.
7. Вовк А. И., Лейдерман Л. П., Каплан А. В., Пикалов В. А. Развитие добычи коксующихся углей открытым способом в условиях Заполярья // Рациональное освоение недр. — 2013. — № 5. — С. 50–54.

8. 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.

9. Смирнов С. А., Печенегов О. Ю., Казаков А. С. Результаты опытно-промышленных работ по доработке запасов каменноугольных месторождений за техническими границами разрезов комплексами глубокой разработки пластов // *Рациональное освоение недр*. — 2015. — № 4. — С. 58–62.

10. Shen B. et al. Highwall mining stability // *Taishan Academic Forum. Project on Mine Disaster Prevention and Control*. Atlantis Press. 2014.

11. Чебан А. Ю., Секисов Г. В., Секисов А. Г., Хрунина Н. П. Совершенствование технологии разработки жильных золоторудных месторождений с использованием средств селективной механизированной выемки // *Горный журнал*. — 2018. — № 10. — С. 36–39.

12. 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. — Т. 41. — № 4. — С. 89–96. **ГИАБ**

REFERENCES

1. *Coal Production and Processing Technology*. Ed. by M. R. Riazi, R. Gupta. Taylor & Francis Group, LLC. 2016. P. 535.

2. Pikalov V. A., Sokolovskiy A. V., Netsvetaev A. G., Pruzhina D. I. Expansion of applicability for combination geotechnology in coal mining. *Gornyy zhurnal*. 2016, no 5, pp. 68–72. [In Russ].

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

4. Klement'eva I. N., Kuziev D. A. Actual status and prospects for future development of surface miners, designed for blastless lit-by-lit excavation of solid rock. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2019, no 2, pp. 123–128. [In Russ].

5. Cheban A. Yu. Method of exercise work for small coal cuts with the application of an advanced mine operating combine. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2019, no 2, pp. 36–42. [In Russ].

6. Netsvetaev A. G., Grigoryan A. A., Pruzhina D. I. Technologies of deserted coal mining using screw drilling machines. *Gornaya promyshlennost'*. 2015, no 2, pp. 60–63. [In Russ].

7. Vovk A. I., Leyderman L. P., Kaplan A. V., Pikalov V. A. Development of mining of coking coal by the open method in the conditions of the Arctic. *Ratsional'noe osvoenie neдр*. 2013, no 5, pp. 50–54. [In Russ].

8. 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.

9. Smirnov S. A., Pechenegov O. Yu., Kazakov A. S. The results of experimental-industrial exploitation SHM for extracting coal reserves from outcropping seams outside the technical borderline of a coal opencast. *Ratsional'noe osvoenie neдр*. 2015, no 4, pp. 58–62. [In Russ].

10. Shen B. et al. *Highwall mining stability. Taishan Academic Forum. Project on Mine Disaster Prevention and Control*. Atlantis Press. 2014.

11. Cheban A. Yu., Sekisov G. V., Sekisov A. G., Khrunina N. P. Improvement of technology for gold-bearing lodes using selective machine mining. *Gornyy zhurnal*. 2018, no 10, pp. 36–39. [In Russ].

12. Cheban A. Yu. Machines for extraction of steeply dipping ore body and technology of this process. *Izvestiya Sibirskogo otdeleniya Sektzii nauk o Zemle Rossiyskoy akademii estestvennykh nauk. Geologiya, razvedka i razrabotka mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh*. 2018. Vol. 41, no 4, pp. 89–96. [In Russ].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Чебан Антон Юрьевич¹ — канд. техн. наук,
старший научный сотрудник, e-mail: chebanay@mail.ru,
Курсакин Геннадий Андреевич¹ — д-р техн. наук,
главный научный сотрудник, e-mail: kursakin@ngs.ru,

Корнеева Светлана Ивановна¹ — канд. техн. наук,
ученый секретарь, e-mail: s_korneeva@mail.ru,
Фаткулин Анвир Амрулович — д-р техн. наук, директор Дальневосточного
регионального учебно-методического центра, e-mail: aafatkulin@dvfu.ru,
Дальневосточный Федеральный университет,
¹ Институт горного дела Дальневосточного отделения РАН.
Для контактов: Чебан А.Ю., e-mail: chebanay@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

A.Yu. Cheban¹, Cand. Sci. (Eng.), Senior Researcher, e-mail: chebanay@mail.ru,
G.A. Kursakin¹, Dr. Sci. (Eng.), Chief Researcher, e-mail: kursakin@ngs.ru,
S.I. Korneeva¹, Cand. Sci. (Eng.), Science Secretary, e-mail: s_korneeva@mail.ru,
A.A. Fatkulin, Dr. Sci. (Eng.), Director of the Far Eastern Regional Training Center,
e-mail: aafatkulin@dvfu.ru, Far Eastern Federal University,

690922, Vladivostok, Russia,

¹ Mining Institute, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences,
680000, Khabarovsk, Russia.

Corresponding author: A.Yu. Cheban, e-mail: chebanay@mail.ru.



РУКОПИСИ, ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»

ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ КРУПНООБЛОМОЧНЫХ ПОРОД РОССЫПНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ «КРИСТАЛЛ-КОНЕЧНЫЙ»

(№ 1199/08–19 от 06.06.2019; 10 с.)

Марков Валерий Степанович¹ — канд. техн. наук, доцент, e-mail: marko-valeri@mail.ru,
Николаева Александра Афанасьевна¹ — старший преподаватель, e-mail: shuriknik-va@mail.ru,
Макаров Николай Андреевич¹ — студент, e-mail: tooclose1000@mail.ru,
¹ Горный институт, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова.

Приведены методика и результаты лабораторных испытаний многолетнемерзлых крупно-обломочных пород россыпного месторождения «Кристалл-Конечный». Получены зависимости пределов прочности на сжатие и на растяжение от температуры в диапазоне от –9 °С; –7 °С; –5 °С; –3 °С. Установлено, что зависимости пределов прочности многолетнемерзлых крупно-обломочных пород от температуры описываются линейным уравнением регрессии.

Ключевые слова: температура, влажность, сжатие, растяжение, многолетнемерзлые крупно-обломочные породы, россыпные месторождения.

RESEARCHES OF PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF PERMAFROST COARSE ROCKS OF THE «KRISTALL-KONECHNY» PLACER DEPOSIT

V.S. Markov¹, Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor, e-mail: marko-valeri@mail.ru,
A.A. Nikolaeva¹, Senior Lecturer, e-mail: shuriknik-va@mail.ru, g. Yakutsk, Rossiya
N.A. Makarov¹, Student, e-mail: tooclose1000@mail.ru,

¹ Mining Institute, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, 667010, Yakutsk, Russia.

The methodology and results of laboratory tests of permafrost large-fragmental rocks of the «Kristall-Konechny» placer deposit are presented. The dependences of the compressive and tensile strengths on the temperature in the range of –9 °С; –7 °С; –5 °С; –3 °С. It is established that the dependences of the MCP strength limits on temperature are described by a linear regression equation.

Key words: temperature, humidity, compression, stretching, permafrost coarse rocks, placer deposits.