УДК 622.271

Юрьев Антон Валерьевич, аспирант

(СФУ, г. Красноярск)

Anton V. Yuryev, postgraduate student

(SFU, Krasnoyarsk)

АНАЛИЗ ПАТЕНТНЫХ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ БЕЗВЗРЫВНОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СКАЛЬНЫХ И ПОЛУСКАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

ANALYSIS OF PATENTED SOLUTIONS FOR BLAST-FREE MINING OF HARD AND SEMI-HARD ROCK DEPOSITS

Рассмотрены 314 патентов и заявок в области безвзрывной разработки горных пород. На примере пяти решений сопоставлены схемы механизированной выемки и перемещения горной массы. Выделены особенности взаимодействия оборудования и направления совершенствования технологий.

A set of 314 patents and applications on blast-free rock mining was reviewed. Five patented schemes for mechanized extraction and material handling were compared. The study identifies differences in equipment interaction and directions for technology improvement.

Введение. При разработке месторождений скальных и полускальных горных пород широко применяются буровзрывные работы. Несмотря на распространённость данного способа, его использование требует предварительной подготовки массива, организации опасной зоны и временного прекращения работы оборудования на участке взрывания. В связи с этим одним из направлений совершенствования горных технологий является применение способов разрушения пород без использования взрывчатых веществ.

Безвзрывное разрушение горных пород может осуществляться различными способами, включая механическое резание и фрезерование, гидравлическое раскалывание, алмазно-канатное пиление и применение невзрывчатых расширяющихся составов [1]. Каждый из этих способов имеет свои особенности и область применения, определяемые свойствами горных пород, условиями залегания месторождения и требованиями к получаемой горной массе.

При разработке месторождений важное значение имеет не только разрушение массива, но и организация последующих технологических операций. В этом отношении особый интерес представляет применение фрезерных и карьерных комбайнов, позволяющих совмещать механиче-

ское разрушение с выемкой горной массы. Для обеспечения согласованной работы такого оборудования предлагаются различные технологические схемы с использованием скреперов, конвейеров, перегрузочных устройств и автосамосвалов.

Различные подходы к организации безвзрывной разработки отражены в патентной документации. Их анализ позволяет установить особенности существующих технических решений, определить основные направления развития технологических схем и выявить вопросы, требующие дальнейшей проработки. Целью настоящей работы является анализ патентных решений в области безвзрывной разработки месторождений скальных и полускальных горных пород с учётом способов разрушения массива и организации последующих технологических операций.

Методика патентного анализа. В рамках исследования рассмотрено 314 патентов и патентных заявок, связанных с разрушением горных пород, выемкой горной массы и применением горного оборудования при разработке месторождений твердых полезных ископаемых. При изучении документов основное внимание уделялось не только способу воздействия на горный массив, но и организации последующих технологических операций. В частности, учитывались тип применяемого оборудования, способы погрузки и перемещения горной массы, особенности совместной работы машин, а также использование средств дистанционного и автоматического управления.

Поскольку рассмотренные технические решения различаются по своему назначению и степени соответствия исследуемой технологии, патентные документы были разделены на три группы: патентное ядро, сильные смежные и дальние смежные решения. В патентное ядро включены разработки, непосредственно предусматривающие механизированную выемку горных пород без предварительного взрывания и организацию связанных с ней технологических операций. К сильным смежным отнесены решения, отдельные технические элементы которых представляют интерес для совершенствования безвзрывной разработки. Дальние смежные решения рассматривались в качестве дополнительных источников информации об оборудовании и отдельных способах выполнения горных работ.

Для более подробного анализа из патентного ядра выбраны пять решений, предусматривающих различные варианты совместного применения выемочных и транспортных машин. Их сопоставление проводилось с учетом особенностей разрушения массива, последовательности технологических операций и способов взаимодействия оборудования. Такой подход позволяет рассмотреть существующие технологические схемы, установить различия между ними и определить направления дальнейшего совершенствования безвзрывных способов разработки месторождений.

Анализ технических решений в области безвзрывной разработки. Среди рассмотренных патентных решений отдельную группу состав-

ляют способы разработки месторождений с применением фрезерных и карьерных комбайнов. В таких технологиях механическое разрушение массива рассматривается во взаимосвязи с последующими операциями по выемке, погрузке и перемещению горной массы. При этом в зависимости от горнотехнических условий предлагаются различные варианты организации совместной работы оборудования.

В патенте RU 2558051 C1 предложен способ открытой разработки месторождений плотных и полускальных пород, предусматривающий непрерывное выполнение вскрышных и добычных работ. Технологическая схема включает выемку вскрышных пород с их бестранспортным отвалообразованием, а также выемку, перемещение и сортировку полезного ископаемого с применением землеройно-фрезерной машины и перегрузочного оборудования. Для согласования работы отдельных машин предусмотрена автоматическая система управления, обеспечивающая, в частности, взаимное позиционирование конвейеров и отвалообразователя [2].

Другой подход к организации выемочных работ представлен в патенте RU 2555181 C1, в котором рассматривается совместное применение землеройно-фрезерной машины и скреперов. В процессе разработки фрезерная машина разрушает массив и размещает разрыхлённую породу в траншее. Следующий за ней скрепер производит забор и перемещение горной массы, при этом работа фрезерной машины не прерывается [3]. Таким образом, операции разрушения и последующей выемки материала выполняются согласованно, без необходимости останавливать основную машину для его уборки.

Сходный принцип взаимодействия оборудования используется в патенте RU 2630023 C1, посвящённом разработке крутопадающих месторождений. Разрушение массива осуществляется фрезерной машиной, за которой следуют гусеничные скреперы, забирающие разрыхлённую горную массу. Особенностью данного решения является применение дистанционного управления машинами с использованием системы контроля их перемещения и определения участка ведения выемочных работ [4]. В данном случае организация совместной работы оборудования дополняется средствами управления, позволяющими выполнять предусмотренные технологические операции без непосредственного нахождения операторов на машинах.

В отличие от схем, предусматривающих непосредственный забор разрыхлённой породы скреперами, в патенте RU 2517262 C1 для передачи горной массы используется промежуточное перегрузочное оборудование. Предложенный способ предусматривает совместную работу карьерного комбайна фрезерного типа, самоходного двухсекционного бункера и автосамосвалов. Разрыхлённая порода поступает от комбайна в бункер посредством конвейерного оборудования, после чего перегружается в автосамосвалы. Согласованное перемещение комбайна и бункера позволяет осу-

ществлять периодическую загрузку транспортных средств без остановки основного оборудования [5].

Наряду с организацией выемки и транспортирования в патентных разработках рассматриваются вопросы контроля характеристик добываемой горной массы. Так, в патенте RU 2790308 C1 предложен способ открытой разработки месторождений с применением фрезерных комбайнов без предварительного рыхления пород прочностью на одноосное сжатие до 120 МПа. Технология предусматривает послойно-порционную выемку и регулирование подачи материала при смене автосамосвалов. Кроме того, на конвейерной ленте предусмотрен экспресс-анализ содержания полезного компонента в горной массе [6]. Таким образом, в технологическую схему наряду с выемкой и перемещением материала включается операция контроля его качества.

Сравнительная оценка технологических схем. Сопоставление рассмотренных патентных решений показывает, что при использовании сходных способов механического разрушения горного массива организация последующих технологических операций может существенно различаться. Основные отличия связаны с порядком перемещения горной массы, характером взаимодействия выемочного и транспортного оборудования, а также применением средств управления и контроля.

В технологических схемах с использованием скреперов перемещение разрыхлённой породы непосредственно связано с работой фрезерной машины [3, 4]. Такой подход предусматривает согласованное движение оборудования и позволяет выполнять выемку горной массы без остановки основного агрегата. Иной принцип реализован при применении самоходного двухсекционного бункера [5]. В данном случае между фрезерным комбайном и автомобильным транспортом предусматривается промежуточное накопление материала, благодаря чему периодическая загрузка автосамосвалов не требует остановки комбайна. Таким образом, в рассмотренных решениях задача сокращения простоев выемочного оборудования решается различными способами организации перемещения горной массы.

Отдельные различия связаны со степенью объединения технологических операций и использованием средств управления. В патенте RU 2558051 C1 наряду с выемкой полезного ископаемого предусматриваются организация вскрышных работ, бестранспортное отвалообразование и сортировка добываемого материала, а согласование работы оборудования осуществляется с применением автоматической системы управления [2]. В патенте RU 2630023 C1 основное внимание уделено дистанционному управлению фрезерной машиной и скреперами [4]. В свою очередь, решение RU 2790308 C1 предусматривает регулирование подачи материала и контроль содержания полезного компонента непосредственно в процессе выемки и транспортирования [6]. Следовательно, средства управления и

контроля в рассмотренных технологических схемах используются для решения различных производственных задач.

При сравнении способов разработки необходимо также учитывать условия их применения. Так, решения RU 2558051 C1 и RU 2555181 C1 ориентированы на разработку плотных и полускальных пород [2, 3], а RU 2630023 C1 предназначен для крутопадающих месторождений [4]. В патенте RU 2790308 C1 предусматривается применение фрезерных комбайнов при разработке пород прочностью на одноосное сжатие до 120 МПа [6]. Указанные особенности ограничивают возможность непосредственного переноса рассмотренных технологических схем на месторождения с другими горно-геологическими условиями без дополнительного обоснования.

Таким образом, сравнительный анализ показывает, что развитие технических решений в области механизированной безвзрывной разработки связано не только с совершенствованием способов разрушения массива, но и с организацией совместной работы оборудования, сокращением его простоев и внедрением средств управления технологическими операциями. При этом имеющиеся патентные описания не позволяют провести объективное количественное сравнение рассмотренных способов по производительности, энергоёмкости и эксплуатационным затратам. Для такой оценки необходимы дополнительные расчётные или экспериментальные данные с учётом конкретных условий разработки.

Основные направления совершенствования безвзрывных технологий. Проведённый анализ показывает, что дальнейшее совершенствование безвзрывных технологий связано с комплексным рассмотрением процессов разрушения горного массива, выемки и транспортирования горной массы. При этом выбор оборудования и организация его работы должны определяться не только условиями залегания месторождения, но и физико-механическими свойствами разрабатываемых пород.

Одним из важных направлений является исследование возможности механического разрушения скальных пород различной прочности. Применимость фрезерного оборудования зависит от характеристик массива, в том числе прочности, трещиноватости и абразивности пород. Наряду с обеспечением разрушения необходимо учитывать крупность получаемой горной массы, поскольку она определяет условия последующей погрузки, транспортирования и переработки. В связи с этим представляет интерес установление зависимости между свойствами пород, параметрами работы выемочного оборудования и характеристиками разрушенного материала.

Не менее важной задачей является согласование процессов разрушения и перемещения горной массы. Рассмотренные патентные решения предусматривают различные способы сокращения простоев основного оборудования за счёт применения скреперов и промежуточных перегрузочных устройств [3–5]. Однако организация работы конкретного ком-

плекса требует согласования производительности отдельных машин, режимов их перемещения и условий передачи материала. Решение этих вопросов особенно важно при изменении горнотехнических условий в процессе разработки месторождения.

Отдельное направление связано с применением средств контроля и управления технологическими операциями. Представленные в патентах системы автоматического и дистанционного управления, а также средства анализа качества добываемого материала [2, 4, 6] могут рассматриваться как основа для дальнейшего совершенствования взаимодействия оборудования. При этом представляет интерес возможность изменения режимов работы машин с учётом текущих условий выемки и характеристик горной массы.

При разработке малоотходной безвзрывной технологии необходимо также учитывать потери и разубоживание полезного ископаемого, образование некондиционного материала и организацию обращения со вскрышными породами. Отдельные аспекты этих задач отражены в решениях, предусматривающих бестранспортное отвалообразование и контроль содержания полезного компонента [2, 6]. Вместе с тем для оценки малоотходности требуется установить, каким образом выбранный способ разрушения и организация последующих операций влияют на количество и характеристики образующихся отходов.

Таким образом, дальнейшие исследования целесообразно направить на обоснование технологической схемы, объединяющей механическое разрушение скальных пород, получение горной массы требуемой крупности и её последующее перемещение с учётом изменения горнотехнических условий. При этом оценка предлагаемой технологии должна учитывать не только возможность выполнения безвзрывной выемки, но и показатели использования извлекаемого минерального сырья.

Заключение. В ходе исследования рассмотрено 314 патентов и патентных заявок, связанных с безвзрывной разработкой месторождений твердых полезных ископаемых. Проведена классификация технических решений по степени их соответствия рассматриваемой технологической задаче. Для подробного анализа выбраны пять патентов, отражающих различные подходы к организации механизированной выемки горных пород.

Установлено, что рассмотренные технологические схемы различаются преимущественно способами перемещения горной массы, организацией совместной работы оборудования и применением средств управления. При этом одним из основных направлений совершенствования безвзрывных технологий является согласование процессов механического разрушения, погрузки и транспортирования с целью сокращения простоев горных машин.

Результаты анализа показывают необходимость дальнейшего исследования применимости механических способов разрушения к скальным

породам различной прочности, обеспечения требуемой крупности горной массы и рациональной организации последующих технологических операций. Полученные результаты могут быть использованы при обосновании малоотходной безвзрывной технологии освоения месторождений скальных горных пород.

Список литературы

1. Al-Bakri A., Hefni M. A review of some nonexplosive alternative methods to conventional rock blasting // Open Geosciences. 2021. Vol. 13, no. 1. P. 431–442. DOI: 10.1515/geo-2020-0245.

2. Чебан А.Ю. Способ открытой разработки месторождений твердых полезных ископаемых: патент РФ № 2558051 C1. Заявка № 2014124605/03 от 17.06.2014. Опубликован 27.07.2015. Бюл. № 21.

3. Чебан А.Ю. Способ разработки месторождений твердых полезных ископаемых с применением землеройно-фрезерной машины и скреперов: патент РФ № 2555181 C1. Заявка № 2014117246/03 от 28.04.2014. Опубликован 10.07.2015. Бюл. № 19.

4. Чебан А.Ю. Способ разработки крутопадающих месторождений твердых полезных ископаемых: патент РФ № 2630023 C1. Заявка № 2016129937 от 20.07.2016. Опубликован 05.09.2017. Бюл. № 25.

5. Шемякин С.А. Способ ведения открытых горных работ с применением карьерных комбайнов фрезерного типа, самоходных бункеров и автосамосвалов: патент РФ № 2517262 C1. Заявка № 2013109661/03 от 04.03.2013. Опубликован 27.05.2014. Бюл. № 15.

6. Пыталев И.А., Якшина В.В., Мажитов А.М., Швабенланд Е.Е., Доможиров Д.В., Аллабердин А.Б., Валеев А.С., Важдаев К.В. Способ открытой разработки месторождения полезных ископаемых с применением фрезерных комбайнов: патент РФ № 2790308 C1. Заявка № 2022100316 от 11.01.2022. Опубликован 16.02.2023. Бюл. № 5.