

Findings Data on reserves of titanium deposits in Ukraine and globally are given. A new technological solutions for the surface mining of watered placer deposits of ilmenite and weathering crust of the Korosten pluton titanium deposits in complex mining-geological conditions are proposed and theoretically substantiated. The expediency of the hydromechanical method of surface mining of watered placer deposits and titanium ores located in the weathering crust of the Korosten pluton crust deposits is considered and proved. The borehole mining method for the development of deep mineral deposits is proposed. It is established that the use of hydromechanization to mine the titanium ore of the weathering crust of the Korosten pluton titanium deposits is technically and economically efficient at the expense of reducing the costs of electricity.

The originality is the expedient land-saving technology parameters of surface mining of mineral deposits in complex mining-geological occurrence conditions with the subsequent disturbed land preparation for revitalization are substantiated.

Practical implications. The expediency of using the combined method of opening the titanium-zirconium ore deposits with the use of draglines for the clay strip development and earthmoving shells – for sandy deposit extracting and mineral mining. It is established that the placement of the enrichment plant on the pontoons will reduce the cost of energy three times. The application of the combined method of opening the titanium-zirconium ore deposits is substantiated from the point of view of the negative impact reducing of the surface mining of mineral deposits on hydrogeological conditions, due to the water level retention close to the natural one.

Keywords: *titanium deposits, mine, surface mining technology, hydromechanization, borehole mining*

УДК 622.271:504.062

© Б.Ю. Собко, О.В. Ложніков, Д.С. Волченко

ДОСЯГНЕННЯ НАУКИ В ГАЛУЗІ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ БЕЗВИБУХОВОЇ РОЗРОБКИ НЕРУДНИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН ВІДКРИТИМ СПОСОБОМ

© B. Sobko, O. Lozhnikov, D. Volchenko

SCIENCE ACHIEVEMENTS IN THE FIELD OF NON-BLASTING TECHNOLOGIES APPLICATION DURING THE SURFACE MINING NON- ORE MINERALS

Мета. Розробити класифікацію гірничого устаткування для безвибухової підготовки міцної гірської маси до виймання на основі аналізу науково-дослідних і практичних досягнень в галузі відкритої розробки.

Методика дослідження. Під час виконання досліджень застосовувався метод аналізу і систематизації при визначенні особливостей різних типів гірничо-видобувного обладнання на

основі чого розроблено класифікацію устаткування для безвибухової підготовки гірських порід до виймання з урахуванням типу дії обладнання.

Результати дослідження полягають у розробленій класифікації обладнання для безвибухової підготовки гірської маси до розробки за критерієм характеру його дії, а також з урахуванням продуктивності, міцності породи, що розробляється, фракційності товарної продукції, втрат продукції при підготовці порід до виймання.

Наукова новизна. Виконані дослідження дозволяють встановити вплив гірничо-геологічних параметрів родовища корисних копалин на продуктивність кар'єрного обладнання, яке застосовується при підготовці міцних гірських порід до виймання, а також визначити необхідність застосування допоміжного виймально-навантажувального обладнання після подрібнення.

Практичне значення. Отримані результати досліджень при обробці статистичних даних параметрів елементів уступу при безвибуховій підготовці дозволили встановити тип необхідного обладнання для підготовки до виймання міцних порід при відкритій розробці родовищ. Запропоновано перелік обладнання для безвибухової підготовки до виймання гірських порід з урахуванням необхідності застосування додаткової техніки для виймально-навантажувальних робіт і транспортування гірської маси. Встановлені перспективні напрямки розвитку гірничого устаткування для безвибухової розробки гірських порід при відкритих гірничих роботах.

Ключові слова: *гірничі роботи, безвибухова підготовка, гірниче устаткування, класифікація, міцні породи*

Актуальність роботи. Наприкінці ХХ початку ХХІ сторіччя дуже гостро постали екологічні питання пов'язані з видобутком корисних копалин з великою міцністю гірського масиву, підготовка яких здійснюється буровибуховим способом. Проблема підсилюється у випадках коли родовища знаходяться на незначних відстанях від населених пунктів, через що буро-вибухові роботи можуть стати перешкодою для сталої роботи гірничовидобувного підприємства.

Відомо, що нерудні корисні копалини з міцністю від 20 МПа і більше розробляються з використанням буровибухових робіт. Ці роботи окрім суттєвих переваг, таких як: низька собівартість підготовки гірських порід до виймання, велика продуктивності кар'єру з видобутку гірської маси, можливість підготовки до виймання порід будь якої міцності, мають ряд суттєвих недоліків, які обмежують використання зазначеного способу підготовки гірського масиву. Основними недоліками використання буровибухового способу підготовки гірського масиву є: сейсмічний вплив на верхні шари літосфери, викиди пилу та газів у атмосферу, шум, вібрація, некерований розліт кусків гірничої маси, забруднення навколишнього середовища.

У зв'язку із цим, науковий потенціал машинобудівних галузей розвинутих країн Світу спрямований на вишукування нових способів та засобів підготовки міцної гірської маси до виймання, з урахуванням зменшення негативного впливу гірничих робіт на екологічний стан довкілля, підвищення ресурсозбереження, зменшення кількості процесів гірничих робіт в кар'єрі.

Аналіз стану вирішення проблеми. Перехід від класичного способу підготовки гірського масиву міцних порід до безвибухового має на меті досягнен-

ня наступних показників: зменшення негативного впливу на навколишнє середовище, зменшення шкідливих факторів шуму і пилу, зменшення кількості ланцюгів у технологічному процесі видобутку і переробці корисних копалин, за рахунок відсутності процесів буровибухових робіт і необхідності додаткового подрібнення породи. Також суттєвою перевагою застосування безвибухових способів підготовки гірської маси до виймання є можливість видобутку міцних корисних копалин на невеликих відстанях від меж населених пунктів, або у їх межах.

Проблемами безвибухової підготовки гірської маси до розробки займалися відомі вітчизняні та закордонні вчені: К. Дребенштедт [1], Г. Зайцев [2], М. Карду [3], В. Кузнецов [4], А. Маттіс [5], В. Муртхи [6], С. Ориглиасо [3], А. Половинко [7], Г. Прадах [8], А. Пракаш [8], М. Тюленєв [9], Т. Шепель [10] та ін.

Як показав виконаний аналіз існуючої техніки і технології підготовки до виймання міцних корисних копалин безвибуховим способом, існує значна кількість гірничого обладнання, яке може бути використано в кар'єрі в залежності від фізико-механічних властивостей порід і товарної фракційності корисної копалини.

До основного гірничого устаткування, яке застосовується у кар'єрі для механічного розпушення гірської маси слід віднести:

- бульдозер розпушувач;
- механічна лопата з посиленням тиском (ківшем активної дії);
- гідравлічний екскаватор з гідравлічним молотом;
- гідравлічний екскаватор зі зміною ківша на зуб-розпушувач;
- гідравлічний екскаватор з посиленням тиском робочого органу на вибій;
- гідравлічний екскаватор з роторною фрезою;
- фрезерний комбайн;
- роторний екскаватор з посиленням тиском на вибій.

Результати аналізу науково-дослідних робіт з питання розробки безвибухових способів підготовки гірської маси до виймання також показали, що відсутня чітка класифікація існуючого гірничого обладнання, за такими показниками як: продуктивність обладнання, фракційність гірської маси, потреба у виймально-навантажувальному обладнанні та додатковому кар'єрному транспорті, необхідність додаткового подрібнення і втрати корисної копалини через надмірне подрібнення.

Розробка класифікації за наведеними вище параметрами дозволить у подальшому вирішити наступну науково-практичну задачу зі створення методики вибору необхідного типу гірничого обладнання і безвибухової технології підготовки міцної гірської маси до виймання, відповідно до гірничо-геологічних умов залягання родовища і вимог до необхідної фракційності товарної продукції, що видобувається на кар'єрі.

Матеріал і результати досліджень. Гірниче обладнання для безвибухової розробки міцної гірничої маси за характером підготовки-виймання-

навантаження розрізняють на циклічної та безперервної дії. До першої групи відносяться бульдозер розпушувач, механічна лопата з посиленням тиском на вибій (квішем активної дії), гідравлічний екскаватор з гідравлічним молотом, гідравлічний екскаватор зі зміною ківша на зуб-розпушувач, гідравлічний екскаватор з посиленням тиском на вибій і гідравлічний екскаватор з роторною фрезою. До техніки поточної (безперервної) дії можна віднести фрезерний комбайн і роторний екскаватор з посиленням тиском на вибій. Детальний аналіз двох груп устаткування для гірничих робіт наведено нижче. Класифікація гірничих машин для безвибухової підготовки міцної гірської маси на кар'єрах за критерієм характеру підготовки-навантаження розкривних порід і корисної копалини наведена у табл. 1.

Техніка циклічної дії. Бульдозер-розпушувач використовується для розпушування міцної гірничої маси для подальшої виїмки і навантаження іншим устаткуванням. В основі його роботи застосовується спосіб горизонтального розпушування породи. Недоліком даного способу розпушування є поділ у часі процесу розпушування та процесу навантаження зруйнованої породи. Навантаження породи виконується екскаваторами або навантажувачами, що вимагає додаткових витрат на залучення іншої техніки. Від маси бульдозера залежить зусилля копання і міцність гірської маси, що підлягає розпушенню.

Використання бульдозерів-розпушувачів для розробки міцних порід визначається імовірною здатністю до розпушення гірського масиву, яка залежить від тріщинуватості та абразивності породи. Здатність до розпушення також встановлюють за допомогою визначення швидкості поширення сейсмічних хвиль в гірському масиві. Також на продуктивність бульдозера впливає товщина і довжина стружок, кут атаки зубів, напрямок руху машини.

Максимальна продуктивність бульдозерів розпушувачів належить марці «Komatsu» і може досягати 2600 м³/год. при мінімальній швидкості поширення сейсмічної хвилі в гірському масиві [11].

Осадкові та метаморфічні породи з міцністю на одновісний стиск до 50 – 60 МПа, можна успішно руйнувати бульдозерами-розпушувачами з експлуатаційною масою 40 тонн і потужністю до 300 к.с. [12].

При розпушуванні карбонатних масивів з міцністю порід на одновісний стиск до 80 МПа з позитивної сторони себе зарекомендували бульдозерно-розпушувальні агрегати на базі тракторів потужністю понад 500 к.с. [13].

Продуктивність навісних розпушувачів при розпушуванні ґрунтів IV, V категорій становить 60-150 м³/год. [14].

Таблиця 1

Класифікація гірничого обладнання для безвибухової підготовки міцних гірських порід до виймання за характером дії

Тип дії	Тип обладнання	Міцність порід		Продуктивність, м ³ /год	Фракційність, мм	Потреба в виймальному обладнанні	Потреба у транспорті	Додаткове дроблення	Втрати через значне подрібнення, %
		на одновісний стиск, МПа	за шкалою Протод'яконова						
Циклічний	Бульдозер-розпушувач	50 – 80	2 – 8	60 – 2600	30 – 300	+	+, –	+, –	–
	Механічна лопата з ківшем активної дії	60 – 100	6 – 10	250 – 400	30 – 400	–	+	+	–
	Гідравлічний екскаватор з гідравлічним молотом	40 – 130	4 – 13	30 – 250	30 – 60	–	+	–	2
	Гідравлічний екскаватор з зубом-розпушувачем	80 – 150	8 – 15	20 – 2800	30 – 300	–	+	–	2
	Гідравлічний екскаватор з посиленим тиском на вибій	60 – 100	6 – 10	400 – 850	30 – 300	–	+	–	–
	Гідравлічний екскаватор з роторної фрезею	20 – 80	2 – 8	80 – 200	40 – 70	–	+	–	30
Безперервний	Фрезерний комбайн	40 – 120	4 – 12	240 – 3000	40 – 70	–	+	–	30
	Роторний екскаватор	20 – 50	2 – 5		20 – 40	–	+	–	–

Найбільшими виробниками бульдозерів вважається японська машинобудівна компанія «Komatsu Limited» і американська корпорація «Caterpillar Inc». Даний вид техніки застосовується по всьому світу, переважно для безвибухової підготовки до екскавації будівельних гірських порід і мерзлого ґрунту.

Механічна лопата з посиленням тиском на вибій. Перспективною технологією безвибухової виїмки вважається виробництво і застосування екскаваторів з ковшем активної дії. Його відмінність від звичайного ковша – це участь напірного механізму в процесі черпання, що збільшує зусилля черпання на ріжучої кромці ківша і дозволяє рихлити породу.

Фахівцями ПАТ «Уралмаш» виконані дослідні та конструкторські роботи з розробки рішень для безвибухової підготовки до виймання і видобутку скельних і напівскельних порід. Результатом такої розробки є екскаватор з ковшем активної дії ЕКГ-5В КАД [15]. Цей екскаватор може розробляти гірський масив з міцністю на одновісний стиск до 60 – 80 МПа без подрібнення. На даний момент існує проект більш потужної механічної лопати ЕКГ – 12В КАД.

Порівнявши показники роботи ЕКГ - 5В з показниками екскаваторів, що застосовуються за кордоном для безвибухової виїмки, було встановлено, що механічні лопати з ковшем активної дії можуть розробляти масив порід із висотою в 1,5 – 2 рази більше, ніж при використанні машин LB – 500 М компанії «Бола Ладетехнік». Вартість такої механічної лопати з КАД значно нижче вартості екскаваторів зарубіжних фірм, а продуктивність ЕКГ – 5В і R-992 Litronic, за заявою розробників рівні, при однаковій міцності порід, що підготовлюються до виймання [15].

Гідравлічний екскаватор з гідравлічним молотом застосовується для ударного руйнування гірського масиву. Міцність гірських порід, що руйнуються гідромолотом досягає 130 МПа [11]. Корисні копалини, які розробляються за допомогою гідромолотів це вапняк, гіпс, магнезит, доломіт тощо.

Аналіз виробників обладнання для екскаваторів, до якого відноситься гідромолот, дозволив встановити, що найбільш поширеною у світі є шведська компанія «Atlas Copco». Наприклад вона виробляє гідромолот НВ 7000 DP, який використовується разом з екскаватором Liebherr R974 для видобутку гіпсу в Латвії. Його продуктивність досягає 73 т/год. [16].

Німецька компанія «Friedrich Krupp AG» виробляє ряд гідромолотів НМ-2500 CS, НМ-1300CS, НМ-950CS, НМ 4000V, які використовуються на кар'єрах Італії, Швеції та Латвії, на яких розробляють гіпс, магнезит, вапняк. Продуктивність зазначених гідромолотів становить від 17 м³/год. до 37,8 м³/год., у той час, як продуктивність гідромолота НМ 4000V досягає 250 т/год. Фракційність породи для останнього молота становить 30 – 60 мм. Гідромолот оснащений пристроєм шумозаглушення VibroSilenced Plus, що знижує шум до 10 дБ.

Молот може монтуватися на гідравлічних екскаваторах вагою від 65 до 120 т. На кар'єрі «Astor» він змонтований на екскаваторі Hitachi EX700H масою 70 т [17].

Видобуток гідромолотом на відміну від технології з використанням буровибухових робіт практично не супроводжується значним подрібненням матеріалу, що істотно покращує якість вихідної сировини і скорочує витрати на його подальшу переробку. Товарна фракційність гірської маси 30 – 60 мм. Вихід дрібних фракцій не перевищує 2 %.

Гідравлічний екскаватор з заміною ковша на зуб-розпушувач використовується для розробки тріщинуватих гірських порід міцністю на стиск до 100 МПа нижнім черпанням, перебуваючи при цьому на верхньому майданчику уступу.

Зуб-розпушувач використовують поперемінно з робочим ковшем екскаватора за допомогою механізму швидкої заміни робочого органу, який встановлений на стрілі гідравлічного екскаватора [11]. Його також застосовують для розпушування мерзлого ґрунту. Наприклад, при роботі екскаватора E-5015A, обладнаного зворотною лопатою, що оснащується зубом-розпушувачем, за один прохід здійснюється підготовка до виймання мерзлого ґрунту глибиною промерзання до 400 мм. Технічна продуктивність екскаватора E-5015A при розпушенні ґрунту сезонного промерзання становить 45 м³/год., експлуатаційна – 18 м³/год. [17].

У світі для таких цілей широко використовуються гідравлічні екскаватори німецької компанії Liebherr. Розпушувач для зворотної лопати був вперше розроблений фірмою Liebherr спеціально для роботи у важких умовах. Швидка зміна ковша на розпушувач і назад здійснюється знімачем, який проводить зміну робочого обладнання за 15 – 20 с. Цими пристроями обладнуються кар'єрні екскаватори Liebherr зворотна лопата масою до 115 т [18]. Міцність на одновісний стиск порід, що розробляються без попереднього розпушування вибухом, досягає 120 – 150 МПа. Зусилля копання для таких порід мають бути дуже високими, тому продуктивність екскаватора з навантаження має другорядне значення. Фракційність підготовки гірської маси регулюється в залежності від відстані між проходами [11].

Наприклад, на Приокському родовищі вапняку використовують гідравлічний екскаватор Hitachi EX1900. Екскаватор оснащений спеціальним ковшем з зубом розпушувачем, який виступає на один метр відносно інших зубів. Вихід негабариту становить (800 мм і більше) 2%, а фракції від 32 до 300 мм склала більше 70%.

У світовій практиці склалася тенденція щодо застосування буровибухових робіт при підготовці вапняку і скельних порід розкриву до виймання, однак американська компанія «Caterpillar» розробила принципово нову альтернативну технологію «Rip&Load», яка в умовах окремих підприємств дозволяє перейти від буровибухових робіт до безвибухових, які менші за трудомісткістю і більш безпечні з позиції організації. В деяких випадках такий перехід навіть дозволяє знижувати собівартість продукції. Продуктивність при розпушуванні екскаваторами Cat-390DL досягає 2800 т/год. Середня годинна продуктивність з розпушування і навантаження скельних порід складає 660 т/год [19].

Гідравлічний екскаватор з посиленням тиском на вибій типу пряма лопата для безвибухового виймання гірської маси застосовуються при селективній розробці горизонтальних пластів у випадках коли різні типи порід залягають шарами. Руйнування масиву під дією прямої гідравлічної лопати відбувається шляхом введення ківша в тріщини між породами, а також шляхом повороту ківша для їх розпушування. Висота вибою не перевищує 10 метрів. Машиніст екскаватора, вибирає місця ослаблення і виконує руйнування масиву. Таким чином, також може забезпечуватися селективна виїмка порід.

Німецька машинобудівна компанія «Liebherr» випускає ряд гідравлічних екскаваторів пряма і зворотна механічні лопати з посиленням тиском R-992 та R-994 Litronic, які успішно використовуються на кар'єрах в усьому світі, зокрема кар'єри вапняку і доломіту в Німеччині. Міцність розроблюваних порід на одновісний стиск досягає 100 МПа. Продуктивність гірничої машини знаходиться у межах від 275 т/год. до 650 т/год. Висота робочого вибою становить 8 – 10 м. У той же час можливе формування уступу висотою до 25 м, за умови, що кут укосу уступу буде не менше 85° [11].

За рахунок того, що структура гірського масиву не є однорідною через наявність тріщин і шаруватості, поділення масиву на окремі блоки дозволяє вести безвибухову підготовку гірського масиву до виймання порід. Таку будову гірського масиву мають наступні гірські породи, як вапняк, доломіт, мергель. Неоднорідність гірського масиву також дозволяє розробляти породи селективно. Доцільність використання на таких родовищах потужних гідравлічних екскаваторів підтверджується практичним досвідом.

Як приклад, розглянуто кар'єр вапняку в Алльмендінген (Німеччина), де видобувають сировину для місцевого цементного заводу, екскаватором RH-120-E зворотна лопата виробництва «Terex O & K». Екскаватор розташовується на покрівлі уступу висотою 5 м, а навантаження здійснюється в автосамоскиди вантажопідйомністю 85 т. Продуктивність екскаватора наближається до 840 т/год. [20].

Гідравлічний екскаватор з роторної фрезою на стрілі використовується для розробки гірських порід на кар'єрах для подальшого виготовлення будівельних матеріалів. Безвибухова підготовка гірської маси здійснюється з використанням поперечної роторної фрези. Вона здатна руйнувати породи з міцністю на одновісний стиск від 20 до 80 МПа.

Використання роторної фрези на гідравлічному екскаваторі має наступні переваги:

- висока швидкість проходки;
- надійна робота в екстремальних умовах;
- зручність для оператора (точність позиції робочого органу);
- мінімум вібрації та шуму що дозволяє вести розробку родовищ поблизу населених пунктів [21].

Виробниками поперечних роторних фрез є німецька компанія «Erkat» і корейська «Delta Engineering Group». Всі роторні фрези «Erkat» мають гідравлічний привід і живляться від гідросистеми екскаватора. Фреза роторна «Erkat» спеціально розроблялася для ефективного виконання робіт при розробці гірських порід, в тому числі скельних, а також мерзлих і особливо міцних ґрунтів. Фрези мають герметичну інсталяцію, що дозволяє використовувати їх для підводного видобутку корисних копалин на глибині до 30 м.

Фрези компанії «Erkat» використовуються в усьому світі при видобутку вапняку, гіпсу, солі, карбонату кальцію з міцністю 20 – 40 МПа. Продуктивність фрез різних типорозмірів становить 80 – 200 т/год. Роторні фрези використовуються з гідравлічними екскаваторами фірм «Caterpillar», «Komatsu», «Liebherr», «Hitachi», «Volvo», «Hyundai».

Досвід використання роторних прохідницьких фрез Delta TF отриманий на гіпсових кар'єрах показує, що дане обладнання може здійснювати видобуток породи на рівні 75 – 80 м³/год. при цьому паралельно подрібнювати її до фракції 40 – 70 мм. Це вирішує питання видобутку міцного гіпсу в кар'єрі та виключає з технологічного процесу дроблення і сортування гірничої маси. Крім цього фрези працюють з мінімальним рівнем шуму, не викликають вібрації й тим самим відповідають поточним вимогам екологічної безпеки. Фрези можливо використовувати в межах населених пунктів у безпосередній близькості до будинків і споруд [21].

Техніка безперервної дії.

Фрезерні комбайни за останнє десятиріччя широко увійшли у використання при відкритих гірничих роботах на усіх континентах. Основними виробниками цих гірничих машин і обладнання до них є німецькі компанії – Wirtgen, Takraf, ThyssenKrupp AG, а також американська компанія – Vermeer.

На сьогоднішній день на ринку комбайнів для шарового фрезерування динамічно виступає компанія Wirtgen Group, основною діяльністю якої є створення дорожньо-будівельної і кар'єрної техніки. Комбайни Wirtgen Surface Miner створюються для розробки широкого переліку гірських порід, до яких можна віднести: кам'яне вугілля, вапняк, боксити, піщаник, доломіт, окремі види руд.

В даний час накопичено значний досвід використання цих комбайнів в Японії (породи з міцністю 120 – 250 МПа), в США (до 120 МПа), в Лівії (80 – 140 МПа), також широке застосування ці машини отримали в Індії. Кожен комбайн створюється для особливих гірничо-геологічних умов і виду товарної продукції з корисних копалин.

Комбайни компанії Wirtgen використовуються на всіх континентах і у всіх географічних зонах. В теперішній час розроблено новий ряд гірничих комбайнів, які включають три базові моделі 2200 SM, 2500 SM і 4200 SM. Продуктивність даних машин може досягати 3000 м³/год. [22].

Фрезерні комбайни компанії «Takraft» призначені для селективної розробки корисних копалин. Продукція компанії представлена широкою серією машин: Takraf MTS 180, 250, 300, 500, 800, 1250, 2000 з продуктивністю від 300 до 2000 м³/год [23].

Аналіз практичного досвіду використання комбайна компанії «ThyssenKrupp» KMS 200 показав, що продуктивність цієї машини при розробці гірничої маси може досягати 700 – 1300 м³/год., залежно від міцності порід, що розробляються [24]. Фракційний склад товарної продукції після видобутку знаходиться у діапазоні 40 – 70 мм.

Великим недоліком використання фрезерних комбайнів є значне подрібнення частини гірської маси, що розробляється. У деяких випадках це призводить до втрати майже 30% обсягу фракційної продукції, що значно знижує прибуток гірничовидобувного підприємства [11].

Роторний екскаватор з посиленням тиском на вибій, який розроблено компанією «ThyssenKrupp» представляє нове покоління компактних роторних екскаваторів «Barracuda and the Mine Shark». Машини можуть розробляти породи з міцністю на одновісний тиск до 50 МПа. Вони здатні працювати в широкому діапазоні гірських порід: вугілля, вапняк, фосфорити, поташ. У даній моделі збільшено число ковшів і зубів [25]. Однак на сьогодні мало інформації щодо практичного досвіду застосування цих екскаваторів на реальних кар'єрах з видобутку міцних корисних копалин.

Висновки. Виконані дослідження дозволили встановити основні види гірничого устаткування, яке застосовується для безвибухової підготовки гірських порід до розробки. Встановлено вплив гірничо-геологічних параметрів родовища на продуктивність гірничого обладнання, яке використовується для безвибухової підготовки порід. Результати досліджень дозволяють рекомендувати необхідне обладнання в залежності від виробничої потужності кар'єру. Розроблена класифікація обладнання для безвибухової підготовки гірської маси до виїмки за критерієм характеру його дії, що дозволяє обрати необхідний вид обладнання відповідно до необхідності додаткового кар'єрного транспортного і процесу подрібнення. Встановлено перспективні напрямки розвитку гірничого устаткування для безвибухової розробки гірських порід в кар'єрі, в залежності фізико-механічних властивостей і гірничо-геологічних умов залягання родовища.

Перелік посилань

1. Drebenstedt, C. (2014) The Responsible Mining Concept—Contributions on the Interface between Science and Practical Needs, *Mine Planning and Equipment Selection*. – Springer, Cham.
2. Маттис, А.Р., Зайцев, Г.Д. (2000) Создание экскаваторов большой единичной мощности для безвзрывной разработки горных пород, *ФТПРПИ*. - №6.

3. Origliasso, C., Cardu, M., & Kecojevic, V. (2014). Surface miners: evaluation of the production rate and cutting performance based on rock properties and specific energy. *Rock mechanics and rock engineering*, 47(2).
4. Кузнецов, В.И., Маттис, А.Р., Ташкинов, А.С., В.И. Кузнецов, (1997) Эффективность экскавации вскрышных пород на карьерах при использовании безвзрывной технологии. *ФТПРПИ*. – № 5.
5. Маттис, А.Р., Зайцев, Г.Д., Лабутин, В.Н., Ческидов, В.И. (2004) Безвзрывная технология добычи полезных ископаемых: состояние и перспективы. 4.1: Опыт исследований и разработки экскаваторов с ковшом активного действия. *ФТПРПИ*. 2004. - №1.
6. Prakash, A., Singh, K. B., & Murthy, V. M. (2017). Power rating of surface miners in relation to rock mass conditions: Some field studies in Indian mines. *NexGen Technologies for Mining and Fuel Industries (Volume I and II)*, 49.
7. Половинко, А.В., Холодняков, Г.А., Лигоцкий, Д.Н. (2009) Малоотходная и экологичная технология добычи полезных ископаемых на карьерах с помощью гидромолотов / *Записки Горного института Санкт-Петербурга*. - № 180.
8. Pradhan, G. K., Prakash, O. M., & Thote, N. R. (2014). Blast Free Mining in Indian Surface Coal Mines—Current Trend. In *Mine Planning and Equipment Selection*. Springer, Cham.
9. Tyulenev, M. A., Zhironkin, S. A., & Garina, E. A. (2016). The method of coal losses reducing at mining by shovels. *International Journal of Mining and Mineral Engineering*, 7(4).
10. Hartlieb, P. et al. (2017) Experimental study on artificially induced crack patterns and their consequences on mechanical excavation processes. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. – Т. 100.
11. Ложников, А.В. (2015) Перспективы применения безвзрывных способов разработки крепких горных пород на карьерах. *Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету ім. М. Остроградського: Наукові праці КДПУ ім. М. Остроградського*. – №1 (90) ч. 2.
12. Basarir, H., Karpuz, C., Tutluoglu, L. (2008) Specific energy based rippability classification system for coal measure rock. *Journal of Terramechanics*. – Т. 45. – №. 1-2.
13. Prakash, A., Murthy, V. M. S. R., Singh, K. B. (2013) Rock excavation using surface miners: an overview of some design and operational aspects. *International Journal of Mining Science and Technology*. – Т. 23. – №. 1.
14. Pradhan, G. K., Prakash, O. M., Thote, N. R. (2014) Blast Free Mining in Indian Surface Coal Mines—Current Trend. *Mine Planning and Equipment Selection*. – Springer, Cham.
15. Шемякин, С. А., Мамаев, Ю. А., Иванченко, С. Н. (2003) Новые технологии открытой разработки месторождений, *Изд-во Приамур. геогр. о-во*.
16. Gill, H., Jones, M. D., Jones, D. I. E., & Watson, J. L. (2006). Spon's Quarry Guide: To the British hard rock industry. *CRC Press*.
17. Bilgin, N., Dincer, T., & Copur, H. (2002). The performance prediction of impact hammers from Schmidt hammer rebound values in Istanbul metro tunnel drivages. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 17 (3).
18. Casteel, K. (2010). Surface mining systems. *Engineering and Mining Journal*, 20.
19. Братчиков, Н. В., Рубцов, И. В., & Брычков, М. Ю. (2011). Технология безвзрывной добычи известняка. *Цемент и его применение*, (1).
20. Song, J., Neukum, C., Rude, T. R., & Azzam, R. (2016). *Gekoppelte numerische Modellierungen von Strömungs-und Deformationsprozessen im Kluftgestein als Planungstool am Beispiel Pumpspeicherkraftwerk in Blautal* (Doctoral dissertation, RWTH Aachen).
21. Kasztelewicz, Z., Zajaczkowski, M., & Sikora, M. (2013). Przegląd mechanicznych sposobów urabiania skał zwięzłych / *Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej*, 135.

22. Imran, M. (2016). Variation of production with time, cutting tool and fuel consumption of surface miner 2200 SM 3.8. *International Journal of Technical Research and Applications*.
23. Schimm, B., & Georg, J. (2015). Wirtgen Surface Miner—The First Link of a Simple Extraction and Materials Handling Chain in “Medium Hard”-Rock. In *Proceedings of the 12th International Symposium Continuous Surface Mining-Aachen 2014*. Springer, Cham.
24. Casteel, K. (2009). German Equipment Suppliers Bet on Technology Though Times are Tough. *Engineering and Mining Journal*, 210(7), 42.
25. Fiscor, S. (2016). Munich Prepares for bauma 2016. *Engineering and Mining Journal*, 217(2), 36.

АННОТАЦИЯ

Цель. Разработать классификацию горного оборудования для безвзрывной подготовки крепкой горной массы к выемке на основе анализа научно-исследовательских и практических достижений в области открытой разработки.

Методика исследования. Во время выполнения исследований применялся метод анализа и систематизации при определении особенностей различных типов горнодобывающего оборудования на основе чего была разработана классификация оборудования для безвзрывной подготовки горных пород к выемке с учетом типа действия оборудования.

Результаты исследования заключаются в разработанной классификации оборудования для безвзрывной подготовки горной массы к разработке по критерию характера его действия, а также с учетом производительности, прочности разрабатываемой породы, фракционности товарной продукции, потерь продукции при подготовке пород к выемке.

Научная новизна. Выполненные исследования позволяют установить влияние горно-геологических параметров месторождения полезных ископаемых на производительность карьерного оборудования, применяемого для подготовки крепких горных пород к выемке, а также определить необходимость применения вспомогательного выемочно-погрузочного оборудования после измельчения.

Практическое значение. Полученные результаты исследований при обработке статистических данных параметров элементов уступа при безвзрывной подготовке позволили установить тип необходимого оборудования для подготовки к выемке крепких пород при открытой разработке месторождений. Предложен перечень оборудования для безвзрывной подготовки к выемке горных пород с учетом необходимости применения дополнительной техники для выемочно-погрузочных работ и транспортировки горной массы. Установлены перспективные направления развития горного оборудования для безвзрывной разработки горных пород при открытых горных работах.

Ключевые слова: горные работы, безвзрывная подготовка, горное оборудование, классификация, крепкие породы

ABSTRACT

Purpose. The aim of the researches is devoted to the analysis of scientific and research and practical achievements in the field of development and application of mining equipment for the non-explosive preparation of strong rock mass to the excavation.

The methods. During systematization the factors that influence on the choice of equipment for the non-blasting rocks preparation due to action type the classification was developed, which allows selecting the necessary type of equipment in accordance with the mode of pit haulage equipment.

Findings. Prospective directions for the development of mining equipment for the non-blasting preparation rocks in the pit have been established, depending on the type of rocks and the geological-mining conditions of the deposit occurrence.

The originality. The dependences of the mining equipment productivity for rocks non-blasting preparation on the mining and geological parameters of the deposit have been established, which allow to recommend the necessary equipment depending on the required production capacity of the pit.

Practical implications. The obtained results can be applied at the choose equipment for non-blasting preparation according to operation which requires additional equipment for excavation, loading and haulage.

Keywords: *mining, non-blasting, mining equipment, systematization, hard rocks*

УДК 622.271

© Б.Е. Собко, В.В. Панченко, Д.В. Винивитин

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

© B. Sobko, V. Panchenko, D. Vinivitin

SUBSTANTIATION OF TECHNOLOGICAL PRINCIPLES OF OPERATIONAL PLANNING OF SURFACE MINING

Цель работы – технологическое обоснование принципов оперативного планирования открытых горных работ, как начального этапа создания его системной методологии и систем оперативного планирования для горно-геологических и горно-технических условий конкретных карьеров.

Методика исследования заключается в реализации системного подхода к формированию множества объектов выполнения технологических процессов в карьере, анализу их определяющих характеристик и особенностей, технологических закономерностей этих объектов, которые должны учитываться в методиках оперативного планирования, и формулировании принципов оперативного планирования открытых горных работ, как начального этапа создания его системной методологии.

Результаты исследования. Систематизировано множество объектов выполнения технологических процессов (операций) в карьере, для которых следует выполнять оперативное планирование. Произведено обоснованный выбор технологических закономерностей по ос-