

РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ МРАМОРА НАКЛОННЫМИ СЛОЯМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМБАЙНА

Упоров С.А.¹, Сандригайло И.Н.¹, Арефьев С.А.¹, Чеботарев С.И.²

¹Уральский государственный горный университет, Екатеринбург;

²ЗАО «Коелгамрамор», Коелга

Ключевые слова: месторождения мрамора, микрокальцит, карьерный комбайн, бульдозер, наклонные слои, комплексы оборудования.

Аннотация. В связи с ростом потребности в сырье, необходимым для получения микрокальцита, предложено при разработке месторождений мрамора применять карьерные комбайны. Они позволяют исключить использование буровзрывных работ в карьере. В ряде случаев высокая влажность горной массы может отрицательно сказываться на дальнейших процессах переработки сырья. Выходом из этой ситуации является отработка месторождения рабочими площадками, имеющими небольшой наклон, обеспечивающий сток воды в заданном направлении. При внедрении такой технологии карьерный комбайн разрушает мрамор, который перемещается бульдозером в навал. И далее экскаватор грузит горную массу в автосамосвалы. Установлена зависимость производительности комбайнов и бульдозеров от длины обрабатываемого участка. Предложены комплексы оборудования применение, которых должно обеспечить высокую эффективность разработки месторождения мрамора.

DEVELOPMENT OF A MARBLE DEPOSIT IN INCLINED LAYERS USING A COMBINE HARVESTER

Uporov S.A.¹, Sandrigailo I.N.¹, Arefev S.A.¹, Chebotarev S.I.²

¹Ural State Mining University, Yekaterinburg;

²CJSC "Koelgamramor", Koelga

Keywords: deposits of marble, microcalcite, quarry harvester, bulldozer, inclined layers, equipment complexes.

Abstract. Due to the growing demand for raw materials needed to produce microcalcite, it is proposed to use quarry combines in the development of marble deposits. They make it possible to exclude the use of drilling and blasting operations in the quarry. In some cases, the high humidity of the rock mass can negatively affect the further processing of raw materials. The way out of this situation is the development of the field with work sites having a slight slope, ensuring the flow of water in a given direction. With the introduction of such technology, a quarry harvester destroys marble, which is bulldozed into bulk. And then the excavator loads the rock mass into dump trucks. The dependence of the productivity of combine harvesters and bulldozers on the length of the worked area has been established. Complexes of equipment are proposed, the use of which should ensure high efficiency of the development of the marble deposit.

Введение

Сегодня для ряда предприятий, разрабатывающих месторождения мрамора, основным видом продукции является микрокальцит, который находит все большее применение в нефтегазовой, лакокрасочной, фармацевтической, стекольной и резинотехнической промышленности, а также в ряде других производств.

Если на карьере осуществляется добыча блоков, получать микрокальцит можно из отходов (крошки и некондиционных блоков). Однако, часто в связи с ростом спроса необходимо увеличение объемов производства микрокальцита и внедрение для этого принципиально новых технических решений [1, 2]. Обеспечить повышение эффективности разработки месторождения в этом случае можно за счет использования для добычи мрамора карьерных комбайнов.

При применении карьерных комбайнов не требуется проведение взрывных работ и, следовательно, отсутствуют разлет кусков породы и сейсмическое воздействие на близлежащие объекты, нет потерь рабочего времени, связанных с подготовкой и

осуществлением взрывов, а также выбросов в атмосферу пыли и газов. В массиве не будут возникать новые трещины. Это особенно важно в том случае, если на соседних участках месторождения осуществляется добыча блоков. Кроме того, обеспечивается более высокий уровень безопасности проведения работ в карьере.

Благодаря значительной эксплуатационной массе карьерного комбайна и правильно подобранному фрезерному барабану, разрушенная порода имеет более мелкую фракцию, чем та, что может быть получена при проведении взрывных работ или при рыхлении бульдозером. В результате появляется возможность исключить первую стадию дробления полезного ископаемого и значительно снизить затраты на производство конечной продукции.

Карьерные комбайны широко используются на многих карьерах мира. В России они осуществляют добычу известняка, угля и боксита, в Австралии железной руды и угля, в Бразилии боксита и известняка, в Индии угля, в Канаде кимберлита, нефтеносного песка и соли, в Китае угля, селитры и известняка, в США угля, доломита и песчаника, в Узбекистане фосфатов и гипса [3-11].

Материалы и методы исследований

С целью определения возможности использования карьерных комбайнов при добыче сырья для производства микрокальцита были проведены исследования на Коелгинском месторождении мрамора. На нескольких участках карьера добыча мрамора осуществлялась с применением карьерного комбайна Wirtgen 2500 SM. Комбайны этой модели имеют ширину фрезерования 2,5 метра, эксплуатационную массу 111,6 тонн и мощность двигателя 783 кВт.

В результате экспериментов была подтверждена целесообразность применения безвзрывной технологии, определена производительность комбайна и режимы его работы при разрушении мрамора.

Если в районе месторождения выпадает большое количество осадков, рабочие площадки в карьере часто будут покрыты слоем воды. Это затрудняет работу горного оборудования. Высокая влажность горной массы отрицательно сказывается на дальнейших процессах переработки сырья. Выходом из этой ситуации может являться отработка месторождения рабочими площадками, имеющими небольшой наклон, обеспечивающий сток воды в заданном направлении. Опыт показывает, что уклон при этом должен превышать 2-3%. В результате появляется возможность отгрузки сухой горной массы, соответствующей требованиям заказчика.

Разработку ряда отечественных и зарубежных месторождений мрамора при пологом или наклонном залегании полезного ископаемого и направлении главной системы трещин в массиве, осуществляют наклонными слоями по напластованию пород. Так, отработка находящегося на Урале Уфалейского месторождения мрамора осуществлялась наклонными слоями с высотой уступа до 1 м. Наряду с горизонтальными, отработку наклонными слоями осуществляли и на Коелгинском месторождении.

Все модели карьерных комбайнов Wirtgen могут формировать продольный уклон, что, как отмечено выше, обеспечивает отток воды с рабочей площадки и сохраняет ее поверхность сухой. Однако опыт показывает, что при движении комбайна, имеющего погрузочный конвейер, по уклону вниз или вверх его производительность снижается.

В то же время значительное количество комбайнов сегодня работают без погрузочного конвейера по технологии, предусматривающей размещение разрушенной породы в штабель [12, 13]. При такой технологии существенно увеличивается производительность комбайна, т.к. отсутствуют потери времени на ожидание автосамосвалов. Отсутствие погрузочного конвейера исключает затраты, связанные с его эксплуатацией и износом дорогой конвейерной ленты.

Причем работа комбайнов на наклонных площадках с размещением породы в штабель (рис. 1), показала, что в этом случае не наблюдается снижение их производительности.

Двигаясь параллельными проходами, комбайн разрушает мрамор и размещает его за собой в штабель. При этом он прерывает фрезерование только с целью разворотов.

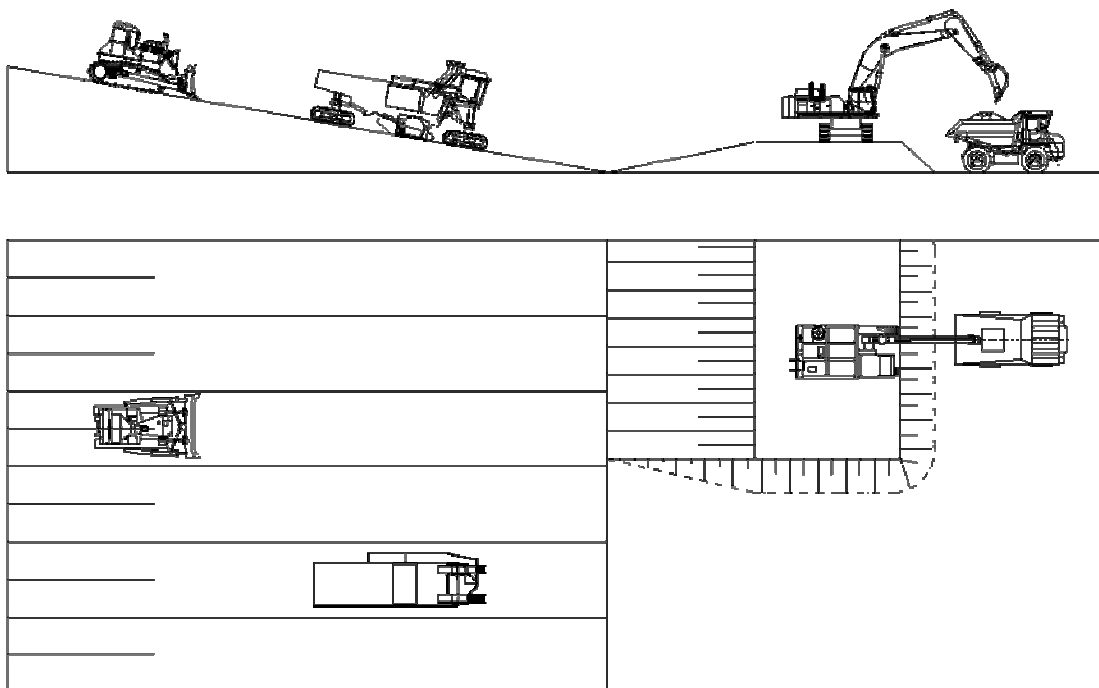


Рис. 1. Схема совместной работы карьерного комбайна, бульдозера и экскаватора при отработке месторождения наклонными слоями

Разрушенную комбайном породу работающий в комплексе с ним бульдозер перемещает под уклон в навал. Опыт работы горных предприятий показывает, что при перемещении породы под уклон производительность бульдозера увеличивается на 25-30% [14-20].

Из навала экскаватор отгружает разрушенный мрамор в автосамосвалы, транспортирующие его на склад.

Результаты

При выборе модели карьерного комбайна важнейшим фактором является проектная производительность предприятия или участка по полезному ископаемому. Комбайн должен обеспечивать выполнение плановых показателей в условиях конкретного месторождения.

Необходимо также, чтобы бульдозер, перемещающий разрушенную породу в навал, имел производительность, соответствующую производительности карьерного комбайна, с которым он работает в комплексе.

Производительность как комбайна, так и бульдозера существенно зависят от длины обрабатываемого наклонного участка. Причем с увеличением длины участка производительность комбайна увеличивается, а производительность бульдозера снижается.

С целью определения оптимальной длины наклонного участка были выполнены расчеты для условий месторождения мрамора. Определялась производительность двух моделей карьерных комбайнов (с шириной фрезерования 2,5 и 4,2 метра), осуществляющих разрушение породы, и четырех моделей бульдозеров (с мощностью двигателя 245, 306, 387, 484 кВт), перемещающих эту породу в навал.

На рисунке 2 приведены графики, характеризующие зависимость производительности карьерных комбайнов и бульдозеров различных моделей, работающих по описанной выше схеме, от длины обрабатываемого участка. Точки на графике соответствуют длине участка, при которой будет выполняться условие $Q_{ком} = Q_{б}$, где $Q_{ком}$ – производительность комбайна, а $Q_{б}$ – производительность бульдозера, работающего с ним в комплексе. Например, для комбайна с шириной фрезерования 2,5 м в случае его совместной работы с бульдозером, имеющим мощность двигателя 245 кВт, это условие выполняется при длине участка 140 метров, а для комбайна с шириной фрезерования 4,2 м в случае его совместной работы с бульдозером, имеющим мощность двигателя 484 кВт, это условие выполняется при длине участка 185 метров.

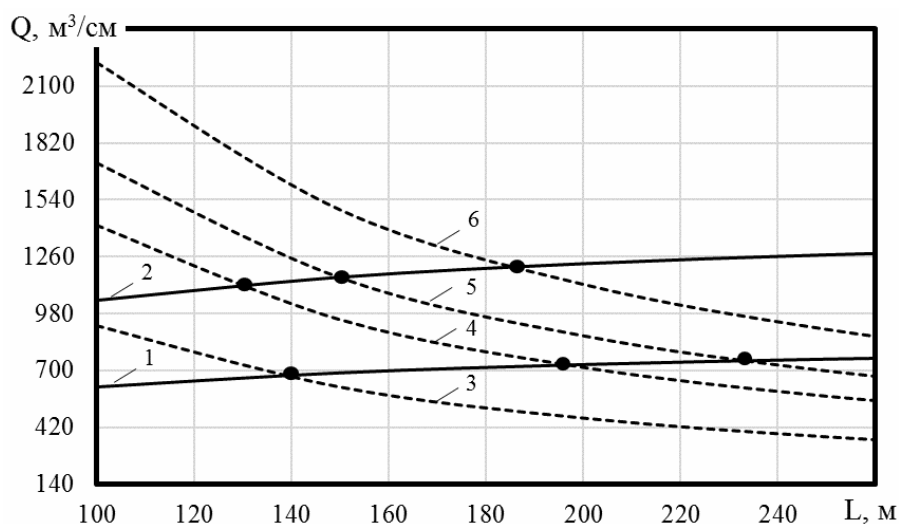


Рис. 2. Зависимость производительности комбайнов и бульдозеров от длины обрабатываемого участка (1 – комбайн с шириной фрезерования 2,5 м, 2 – комбайн с шириной фрезерования 4,2 м, 3, 4, 5, 6 – бульдозеры с мощностью двигателя соответственно 245, 306, 387, 484 кВт)

Высота уступа в карьере H связана с длиной обрабатываемого участка L и уклоном i соотношением $H = i \cdot L$. Исходя из этого, на обрабатываемом по предлагаемой технологии месторождении высота уступа составит 5-7 метров.

Выбор модели экскаватора, производящего погрузку разрыхленного мрамора в автосамосвалы, осуществляется, исходя из того, что его производительность должна соответствовать производительности комбайна и бульдозера, т.е. составлять 700-760 м³/см или 1120-1250 м³/см. Расчеты показывают, что такую производительность могут обеспечить экскаваторы с вместимостью ковша соответственно 1,8 и 2,6 м³. Погрузку мрамора целесообразно производить в автосамосвалы грузоподъемностью 19-25 т.

Исходя из сказанного выше, для разработки месторождений мрамора наклонными слоями могут быть рекомендованы комплексы оборудования, имеющего параметры, приведенные в таблице 1.

Соответствие параметров и производительности машин, входящих в комплексы, приведенные в таблице, обеспечивает их эффективную совместную работу.

Табл. 1. Параметры оборудования, входящего в состав комплекса для разработки месторождения мрамора наклонными слоями

Комплекс	Ширина фрезерования комбайна, м	Мощность двигателя бульдозера, кВт	Вместимость ковша экскаватора, м ³	Грузоподъемность автосамосвала, т
Вариант I	2,5	245, 306, 387	1,8	19-21
Вариант II	4,2	306, 387, 484	2,6	21-25

Заключение

При добыче мрамора с целью получения микрокальцита целесообразно использовать для разрушения горной массы карьерные комбайны. Их применение позволяет исключить необходимость проведения буровзрывных работ в карьере. Обеспечить сток воды с рабочих площадок можно за счет обработки месторождения наклонными слоями. В комплексе с комбайном предлагается использовать бульдозер, перемещающий разрушенную породу в навал. Определить длину участка, при которой производительность бульдозера и комбайна будут равны, можно с помощью полученных в ходе исследований графиков. Приведены комплексы оборудования «карьерный комбайн-бульдозер-экскаватор-автосамосвал», использование которых целесообразно при добыче мрамора. Благодаря высокой производительности предлагаемых комплексов оборудования, небольшому размеру фракций

добытой породы, а также формированию ровных сухих рабочих площадок при разработке месторождения мрамора наклонными слоями возможно существенно повысить эффективность горных работ.

Список литературы

1. Трубецкой К.Н. Решение проблем экологически сбалансированного освоения месторождений открытыми геотехнологиями // Горный журнал. – 2018. – №6. – С. 71-76.
2. Артемьев В.Б., Захаров В.Н., Галкин В.А., Федоров А.В., Макаров А.М. Стратегия, тактика и практика инновационного развития открытых горных работ // Уголь. – 2017. – № 12. – С. 6-19.
3. Пихлер М., Панкевич Ю.Б. Комбайны Wirtgen Surface Miner на открытых горных работах: история развития, масштабы применения и перспективы расширения // Горная промышленность. – 2009. – № 2. – С. 54-57.
4. Пихлер М., Панкевич Ю.Б. Опыт добычи известняка комбайнами Wirtgen Surface Miner в Индии // Горная промышленность. – 2003. – № 3. – С. 15-21.
5. Панкевич Ю.Б., Шимм Б. Использование карьерных комбайнов фирмы Wirtgen при безвзрывной разработке скальных пород в строительстве // Горная промышленность. – 1999. – № 1. – С. 18-21.
6. Пихлер М., Гуськов В.А., Земцов А.В., Уткин С.П., Панкевич Ю.Б. Программа технического переоснащения карьеров холдинга «ЕВРОЦЕМЕНТ групп» – в действии // Горная промышленность. – 2009. – № 4. – С. 10-14.
7. Пихлер М., Иль А.П., Панкевич Ю.Б., Панкевич М.Ю. Горный комбайн Wirtgen Surface Miner 2500 SM на меловом карьере месторождения «Большевик» ОАО «Вольскцемент» // Горная промышленность. – 2011. – №5. – С.34-38.
8. Шемякин С.А., Матвеев Д.Н., Чебан А.Ю. Экономическое обоснование эффективности безвзрывной селективной выемки полезного ископаемого и вмещающих пород с использованием технико-технологических комплексов на основе фрезерных комбайнов // Горный журнал. – 2015. – № 2. – С.43-46.
9. Чебан А.Ю. Применение фрезерных комбайнов в строительстве и на добыче строительных материалов // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2012. – № 3. – С. 105-108.
10. Mohd Imran. Variation of production with time, cutting tool and fuel consumption of surface miner 2200SM 3.8 // International Journal of Technical Research and Applications. 2016, iss. 01 january-february, pp. 224-226.
11. Dey K., Pathak K., Sen P. Environmental Acceptability of Wirtgen Surface Miner for Indian Surface Coal Mines // National Seminar on Mining in the New Millennium. Hyderabad, 2000 10-12 November, pp. 136-142.
12. Пихлер М., Панкевич Ю.Б. Технология и схемы ведения горных работ при использовании комбайнов 2100 и 2200 SM фирмы Wirtgen GmbH // Горная промышленность. – 2001. – № 4. – С. 13-16.
13. Панкевич Ю.Б., Хартманн Г. Технологические схемы ведения горных работ при использовании комбайнов Wirtgen Surface Miner // Горный журнал. – 1995. – № 6. – С. 30-33.
14. Трубецкой К.Н., Леонов Е.Р., Панкевич Ю.Б. Комплексы мобильного оборудования на открытых горных работах. – М.: Недра, 1990. – 255 с.
15. Забегалов Г.В., Ронинсон Э.Г. Бульдозеры, скреперы, грейдеры. – М.: Высш. шк., 1991. – 334 с.
16. Шлойдо Г.А., Голуб А.В., Орлов Б.М. Современные бульдозеры с рыхлителями на мощных тракторах и опыт их эксплуатации в условиях Севера. – М.: ЦНИИТ Эстроймаш, 1987. – 34 с.
17. Колесниченко В.В. Справочник молодого машиниста бульдозера, скрепера, грейдера. – М.: Высш.шк. 1988. – 224 с.
18. Беляков Ю.И., Левинзон А.Л., Галимуллин В.А. Земляные работы. – М.: Стройиздат. 1990. – 271 с.
19. Полосин М.Д., Ронинсон Э.Г. Машинист бульдозера: Учеб. пособие. – М.: Изд. Центр «Академия», 2014. – 64 с.
20. Репин Н.Я., Репин Л.Н. Выемочно-погрузочные работы: Учеб. пособие. – 2-е изд. – М.: Изд-во «Горная книга», 2012. – 267 с.

References

1. Trubetskoy K.N. Solving problems of ecologically balanced development of deposits by open geotechnologies // Mining Journal. 2018, no. 6, pp. 71-76.
2. Artemyev V.B., Zakharov V.N., Galkin V.A., Fedorov A.V., Makarov A.M. Strategy, tactics and practice of innovative development of open-pit mining// Coal. 2017, no. 12, pp. 6-19.
3. Pichler M., Pankevich Yu. B. Combines Wirtgen Surface Miner in open-pit mining: history of development, scope of application and prospects for expansion // Mining industry. 2009, no. 2, pp. 54-57.
4. Pichler M., Pankevich Yu. B. Experience of limestone extraction by Wirtgen Surface Miner combines in India// Mining industry. 2003, no. 3, pp. 15-21.
5. Pankevich Yu.B., Shimm B. The use of Wirtgen mining combines in the non-explosive development of rocks in construction // Mining industry. 1999, no. 1, pp. 18-21.
6. Pichler M., Guskov V.A., Zemtsov A.V., Utkin S.P., Pankevich Yu.B. The program of technical re-equipment of quarries of the holding "EUROCEMENT Group" – in action // Mining industry. 2009, no. 4, pp. 10-14.

7. Pichler M., Il A.P., Pankevich Yu.B., Pankevich M.Yu. The Wirtgen Surface Miner 2500 SM mining combine at the chalk quarry of the Bolshevik deposit of JSC "Volskcement" // Mining Industry. 2011, no. 5, pp. 34-38.
8. Shemyakin S.A., Matveev D.N., Cheban A.Yu. Economic justification of the efficiency of non-explosive selective extraction of minerals and host rocks using technical and technological complexes based on milling combines // Mining Journal. 2015, no. 2, pp. 43-46.
9. Cheban A.Yu. The use of milling combines in construction and in the extraction of building materials // Bulletin of the Pacific State University. 2012, no. 3, pp. 105-108.
10. Mohd Imran. Variation of production with time, cutting tool and fuel consumption of surface miner 2200SM 3.8 // International Journal of Technical Research and Applications. 2016, iss. 01 january-february, pp. 224-226.
11. Dey K., Pathak K., Sen P. Environmental Acceptability of Wirtgen Surface Miner for Indian Surface Coal Mines // National Seminar on Mining in the New Millennium. Hyderabad, 2000 10-12 November, pp. 136-142.
12. Pichler M., Pankevich Yu. B. Technology and schemes of mining operations using combines 2100 and 2200 SM of Wirtgen GmbH // Mining industry. 2001, no. 4, pp. 13-16.
13. Pankevich Yu.B., Hartmann G. Technological schemes of mining operations when using Wirtgen Surface Miner combines // Mining Journal. 1995, no. 6, pp. 30-33.
14. Trubetskoy K.N., Leonov E.R., Pankevich Yu.B. Mobile equipment complexes in open-pit mining. – M.: Nedra, 1990. – 255 p.
15. Zabegalov G.V., Roninson E.G. Bulldozers, scrapers, graders. – M.: Higher School, 1991. – 334 p.
16. Shloido G.A., Golub A.V., Orlov B.M. Modern bulldozers with rippers on powerful tractors and the experience of their operation in the conditions of the North. – M.: TSNiIT Estroy mash, 1987. – 34 p.
17. Kolesnichenko V.V. Handbook of a young driver of a bulldozer, scraper, grader. – M.: Higher school, 1988. – 224 p.
18. Belyakov Yu.I., Levinzon A.L., Galimullin V.A. Earthworks. – M.: Stroyizdat. 1990. – 271 p.
19. Polosin M.D., Roninson E.G. The driver of the bulldozer: Textbook. – M.: Publ. Centre "Academy". 2014. – 64 p.
20. Repin N.Ya., Repin L.N. Excavation and loading works: Textbook. – 2nd ed. – M.: Publ. house "Mining book", 2012. – 267 p.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Упоров Сергей Александрович – кандидат технических наук, доцент, проректор по учебно-методическому комплексу	Uporov Sergey Alexandrovich – candidate of technical sciences, associate professor, vice-rector for educational and methodological complex
Сандригайло Игорь Николаевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры разработки месторождений открытым способом	Sandrigailo Igor Nikolaevich – candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the Department of open-pit mining
Арефьев Степан Александрович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры горного дела	Arefev Stepan Alexandrovich – candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the Department of mining
Чеботарев Сергей Иванович – первый заместитель генерального директора	Chebotarev Sergey Ivanovich – first deputy general director
arefevsa@yandex.ru	

Получена 15.07.2023