РАЗРАБОТКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

УДК 622.272.63:622.232.72

DOI:10.18503/1995-2732-2016-14-1-5-12

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ПОСЛОЙНО-ПОРЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СЛОЖНОСТРУКТУРНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КОМБАЙНАМИ ФРЕЗЕРНОГО ТИПА

Швабенланд Е.Е.¹, Соколовский А.В.², Пихлер М.³¹ ФГУП «ВИМС», Москва, Россия² ООО «НТЦ-Геотехнология», Челябинск, Россия³ Wirtgen International GmbH, Виндхаген, Германия

Аннотация. Одной из самых важнейших задач при разработке сложноструктурных месторождений полезных ископаемых является обеспечение минимальных значений потерь и разубоживания полезного ископаемого. При применении традиционной технологии разработки таких месторождений с предварительным рыхлением пород буровзрывным способом обеспечить выполнение данного условия достаточно проблематично. Помимо этого при разработке месторождений могут выдвигаться условия, ограничивающие применение буровзрывного способа подготовки пород к выемке по экологическим условиям либо ввиду нахождения вблизи месторождения охраняемых зданий и сооружений. В то же время промышленностью производятся фрезерные комбайны, которые способны разрабатывать как полускальные так и, частично, скальные породы без предварительной подготовки к выемке. Однако теоретического и практического опыта применения машин данного типа при разработке сложноструктурных залежей недостаточно, так как применение традиционной технологии послойного фрезерования пород приведет к перемешиванию различных типов руд и вскрышных пород, что существенно увеличит затраты на дальнейшую переработку сырья. Поэтому в ходе исследований была проведена оценка возможности и целесообразности применения фрезерных комбайнов на перспективном месторождении апатитовой руды Ошурковское. Было предложено разделить грузопоток извлеченной горной массы на порции, из которых формируются элементарные грузопотоки с заданными качественными характеристиками. Для контроля качества добываемой рудной массы в условиях Ошурковского месторождения был принят рентгенорадиометрический способ, определено место установки прибора на фрезерном комбайне. В результате исследований доказана целесообразность применения данного метода при разработке месторождения Ошурковское.

Ключевые слова: фрезерный комбайн, сложноструктурное месторождение, качество, потери, разубоживание, разработка месторождения.

Введение

Отличительной особенностью комбайнов фрезерного типа, например Wirtgen CSM, является выемка посредством «фрезерования» массива пород слоями фиксированной ширины и изменяемой глубины с формированием потока отбитой горной массы управляемого гранулометрического состава, которая отгружается в автосамосвалы, на конвейер или в штабель. Основная область применения таких комбайнов – разработка пластообразных относительно выдержанных залежей слоистого строения [1, 2, 7]. Такие месторождения имеют, как правило, значительные размеры в плане и визуально разли-

чимые границы слоев полезного ископаемого и пустых пород. Высокая экономическая эффективность достигается применением технологии отработки, включающей селективную выемку слоев полезного ископаемого и пород по глубине и валовую выемку полезного ископаемого и включений породы в плане. Фрезерными комбайнами могут без предварительного рыхления разрабатываться породы с пределом прочности на сжатие до 120 МПа [3–5, 8].

Перспективными для применения фрезерных комбайнов являются сложно-структурные месторождения [12, 13], характеризующиеся:

- неравномерным распределением и сложной конфигурацией рудных тел в плане и разрезе;
- различными качественными (содержание полезного компонента) и физико-механическими

(предел прочности на сжатие) характеристиками полезного ископаемого и пород;

- отсутствием видимых геологических границ между полезным ископаемым и вмещающими породами.

В частности, одним из таких сложноструктурных месторождений является Ошурковское апатитовое месторождение в Бурятии, расположенное в бассейне реки Селенга, впадающей в озеро Байкал. Апатитовая минерализация месторождения приурочена к сиенито-диоритам, занимающим около 87% площади, представлена рудными телами размером от 50×50 м и до 200×800 м. Практически всю остальную площадь месторождения занимают пустые породы. Резкой границы между пустыми породами и апатитовыми рудами нет.

Технические и технологические разработки

Апатит в массиве распространен повсеместно и неравномерно (коэффициент вариации равен 24,5%). Содержание полезного компонента P_2O_5 в среднем по месторождению составляет 3,89%, а в кондиционных рудах – 4,37% при бортовом содержании 3,5%. В рудных телах имеются включения участков некондиционной руды с содержанием P_2O_5 от 1 до 3,5% (в среднем 2,84%).

Участки кондиционной и некондиционной апатитовых руд образуют сплошные рудно-породные зоны различной формы, размеров и структуры. Соотношение кондиционных и некондиционных руд определяется коэффициентом рудоносности ($K_{руд}$), который в среднем для месторождения равен $K_{руд}=0,68$, изменяясь в пределах $K_{руд}=0,32 \div 1,0$.

Месторождение Ошурковское является типичным сложноструктурным месторождением со следующими особенностями (рис. 1):

- отсутствием геологических границ между пустой породой, некондиционной и кондиционной рудой;

- бессистемным чередованием в рудных зонах участков пустой породы и некондиционной руды, в породных зонах наличием участков кондиционной руды;

- неравномерным распределением полезного компонента в массиве и низким его содержанием, что требует минимизации примешивания вмещающих пород при добыче;

- относительно небольшим различием между содержаниями P_2O_5 в кондиционном и некондиционном полезном ископаемом;

- невозможностью прямого оперативного измерения содержания P_2O_5 в разрабатываемом массиве;

- наличием экологических ограничений, не позволяющих осуществлять отработку месторождения с применением БВР и механическим дроблением руды.

Рис. 1. Схема строения (план) месторождения Ошурковское:

- – кондиционная апатитовая руда с содержанием P_2O_5 более 4,5%;
- – кондиционная апатитовая руда с содержанием $4,5\% > P_2O_5 > 3,9\%$;
- – кондиционная апатитовая руда с содержанием $3,9\% > P_2O_5 > 3,5\%$;
- – некондиционная руда с содержанием $P_2O_5 < 3,5\%$ и пустая порода;
- – безрудные дайки;
- – геологические нарушения

В таких условиях при отработке рудного поля Ошурковского месторождения целесообразно применение фрезерных комбайнов с использованием традиционной послойно-полосовой технологии выемки, однако при этом неизбежно произойдет перемешивание кондиционной, некондиционной руды и пустой породы, что приведет к дополнительному снижению качества полезного ископаемого из-за его разубоживания. Очевидно, что главным недостатком послойно-полосовой технологии в рассматриваемых условиях является неконтролируемая валовая выемка горной массы, а устранение этого недостатка требует разработки дополнительных технических решений и приемов управления качественными характеристиками рудного потока.

Таким образом, при разработке сложно-

структурных месторождений, в частности Ошурковского апатитового, фрезерными комбайнами основной задачей, требующей решения, является разделение рудного потока на отдельные порции рудной массы с установленными качественными характеристиками. Для решения этой задачи потребовалось:

- определить рациональный размер порции рудной массы и, соответственно, грузоподъемности применяемого автосамосвала;
- разработать способ контроля качественных характеристик каждой порции рудной массы, загруженной в автосамосвалы;
- разработать методику управления качественными характеристиками потока рудной массы.

Размер вынимаемой порции определен методом статистического анализа размеров включений породных участков в рудные зоны, а рудных участков – в породные зоны. При этом установлено, что минимальное разубоживание, принятое в качестве критерия оценки результативности управления, достигается при формировании грузопотока порциями массой 25 т. Поэтому для отработки Ошурковского апатитового месторождения рекомендуется применение фрезерного комбайна Wirtgen CSM в комплексе с автосамосвалами грузоподъемностью 25 т.

Способ контроля качественных характеристик каждой порции рудной массы, загруженной в автосамосвалы, разработан на основе накопленного опыта крупнопорционной сортировки рудной массы при разработке месторождений различных полезных ископаемых [9–11, 14]. Из рассмотренных промышленных способов контроля качества добываемой рудной массы (авторадиометрический, фотонейронный, нейронно-активационный и др.) к реализации в условиях Ошурковского месторождения был принят рентгенорадиометрический способ, основанный на измерении потока характеристического гамма-излучения, наведенного с помощью радиометрического контрольно-измерительного комплекса. При этом было учтено, что определение содержания P_2O_5 возможно лишь косвенным методом по выбранному элементу-спутнику, который является индикатором полезного компонента и находится с ним в тесной корреляционной взаимосвязи. Исследования, выполненные на кусковом материале, показали, что для Ошурковского месторождения таким элементом-спутником P_2O_5 является стронций, по содер-

жанию которого возможно определить содержание полезного компонента в анализируемой порции горной массы.

Сущность определения содержания P_2O_5 с помощью радиометрического контрольно-измерительного комплекса заключается в следующем. Радиометрический контрольно-измерительный комплекс размещается на радиометрической контрольной станции (РКС), через которую пропускается автосамосвал с горной массой. При движении автосамосвала через РКС поверхность рудной массы несколько раз обрабатывается рентгеновскими лучами заданной мощности с помощью излучающего блока комплекса. Возникшее под их воздействием в элементе-спутнике вторичное характеристическое излучение измеряется и по его интенсивности, с помощью установленной зависимости, рассчитывают содержание P_2O_5 в порции рудной массы (рис. 2). Для получения статистически достоверных значений на измеряемой порции необходимо выполнить не менее 30 измерений.

Недостатком измерения содержаний в кузове автосамосвалов с помощью РКС является измерение содержания только в поверхностном слое порции горной массы, а результаты измерения затем распространяются на весь объем порции. При этом достоверность определения содержания снижается, что для Ошурковского месторождения имеет существенное значение. Поэтому для определения содержания P_2O_5 во всем объеме порции рудной массы, загруженной в автосамосвал, предложено установить радиометрический контрольно-измерительный комплекс непосредственно над разгрузочным конвейером фрезерного комбайна (рис. 3) на высоте 500–700 мм от поверхности движущейся горной массы.

На каждую порцию горной массы делается не менее 60 измерений, по которым рассчитывается среднее содержание в загруженной горной массе. В зависимости от среднего содержания в порции самосвал получает адрес разгрузки. Так, если среднее содержание полезного компонента выше промышленного, то порция будет отгружена на склад обогатительной фабрики, со средним содержанием выше бортового, но меньше промышленного – на временный склад для последующего предварительного обогащения, а горная масса с содержанием ниже бортового – в отвал (рис. 4).

Рис. 2. График зависимости содержания P_2O_5 от содержания элемента-спутника

Рис. 3. Схема размещения контрольно-измерительного комплекса на фрезерном комбайне

Рис. 4. Схема формирования грузопотоков с заданными качественными характеристиками

Разработанные технология послойно-порционной выемки руды и методика разделения потока горной массы на основе радиометрического экспресс-метода позволяет повысить полноту извлечения полезного ископаемого из недр.

Взаимосвязи показателей полноты извлечения полезного компонента из недр с горно-геологическими, технологическими и экономическими условиями добычи и предварительной сортировки руды с использованием радиометрического метода измерений покажем с помощью уравнений материального баланса [15]. При этом принято, что освоение месторождения должно быть прибыльным, т.е. должно соблюдаться условие

$$\sum C_{pm} \geq \sum C_i \text{ или } \sum C_{pm} - \sum C_i > 0, \quad (1)$$

где $\sum C_{pm}$ – суммарная извлекаемая ценность полезных компонентов из 1 т добытой рудной массы с учетом ценностей в примешанных вмещающих породах, руб.; $\sum C_i$ – суммарные затраты на получение готовой продукции из единицы добытой рудной массы, руб.

Разница между извлекаемой ценностью из 1 т добытой рудной массы и суммарными затратами на получение 1 т готовой продукции является удельной прибылью

$$P_{yd} = C_{pm} - \sum C_i \text{ или } C_{pm} = P_{yd} + \sum C_i. \quad (2)$$

Определение рациональной полноты извлечения балансовых запасов при добыче осуществляется с использованием ценностного подхода, который добычу полезных ископаемых рассматривает как процесс взаимодействия ценностей в балансовых запасах, теряемой части балансовых запасов и примешанных вмещающих породах, а результатом такого взаимодействия являются ценности в добытой рудной массе.

Для определения планируемого объема добычи в зависимости от величины балансовых запасов используется уравнение баланса ценностей, извлекаемых при добыче с предварительной сортировкой радиометрическим методом (D_{pm}^{pks}) и без нее (D_{pm}):

$$D_{pm}^{pks} = B \cdot K_{pks}^p + B(1 - K_{pud}) K_{pks}^n; \quad (3)$$

$$D_{pm} = B(1 - K_n + K_e) = B - \Pi + B, \quad (4)$$

где B , Π , B – соответственно количество балансовых запасов, потерь балансовых запасов, примешанных вмещающих пород; $K^{p/p}$, K_{pud} , $K_{pks}^{p/n}$ – соответственно коэффициент извлечения руды из рудной зоны ($K^{p/p} = 0,85$), коэффициент рудо-

носности ($K_{pud} = 0,68$), коэффициент извлечения руды из породной зоны ($K_{pks}^{p/n} = 0,20$).

Извлекаемая часть полезных компонентов из общего объема добытой горной массы, приносящая доход, может быть представлена в виде

$$a_{pm} = \frac{(B - \Pi) \cdot C_{\delta} + B \cdot C_e}{D_{pm}}; \quad (5)$$

$$a_{pks} = \frac{B \cdot C_{\delta} - \Pi_{pks} \cdot C_{\Pi}^{pks} + B_{pks} \cdot C_e^{pks}}{D_{pm}^{pks}}, \quad (6)$$

где a_{pm} , a_{pks} – содержание полезного компонента в добытой рудной массе без предварительной сортировки и с применением сортировки на РКС соответственно; C_{δ} , C_e – содержание полезного компонента в потерянных балансовых запасах руды ($C_{\delta} = 4,0\%$) и примешанных вмещающих породах при добыче руды без предварительной сортировки ($C_e = 0,4\%$) соответственно; C_{Π}^{pks} , C_e^{pks} – содержание полезного компонента в потерянных балансовых запасах руды ($C_{\Pi}^{pks} = 2,0\%$) и примешанных вмещающих породах при добыче руды с применением сортировки на РКС ($C_e^{pks} = 3,8\%$) соответственно; Π_{pks} , B_{pks} – потери и примешивание при добыче и предварительной сортировке на РКС.

Потери и примешивание руды при добыче с применением предварительной сортировки определяются по формулам:

$$\Pi_{pks} = B(1 - K_{pks}^{извл.руд}); \quad (7)$$

$$B_{pks} = B(1 - K_{pud}) K_{pks}^{p/n}. \quad (8)$$

В качестве основного показателя полноты извлечения балансовых запасов при добыче используется «коэффициент извлечения из недр ценностей», равный отношению ценности в 1 т добытой рудной массы к ценности 1 т погашенных балансовых запасов. Когда известны и достаточно надежно определены все составляющие показатели процесса разработки (например, по данным опытно-промышленной разработки или полной отработки первых добычных блоков) значение коэффициента K_n^u как результата работ вычисляется по формуле [15]

$$K_n^u = \frac{D_{pm} \cdot C_{pm}}{B \cdot C_{\delta}} \quad (9)$$

или в удельной форме

$$K_n = K_{кол} \cdot K_{кач}^{рм}, \quad (10)$$

где $K_{кол}$, $K_{кач}^{рм}$ – коэффициент количества добытой рудной массы и коэффициент изменения качества полезного ископаемого.

Представим ценности в 1 т добытой рудной массы и 1 т балансовых запасов как произведение содержания полезного компонента на его цену. Тогда выражение может быть преобразовано:

$$K_n = \frac{D_{рм} C_{рм}}{B C_б} = \frac{D_{рм} \alpha_{рм} C_о}{B \alpha_б C_о} \cdot \frac{D_{рм} \cdot \alpha_{рм}}{B \cdot \alpha_б}. \quad (11)$$

Таким образом, в качестве основного показателя полноты извлечения балансовых запасов при добыче апатитовой руды может быть принят коэффициент извлечения из недр P_2O_5 , равный отношению его количества в 1 т добытой рудной массы к количеству в 1 т балансовых запасов.

Для определения полноты извлечения балансовых запасов при добыче апатитовой руды Ошурковского месторождения используем следующие данные:

- коэффициент извлечения руды из рудной зоны $K^{р/р} = 0,85$;
- коэффициент рудоносности $K_{руд} = 0,68$;
- коэффициент извлечения руды из породной зоны при добыче с применением предварительной сортировки на РКС $K_{ркс}^{р/п} = 0,20$;

- потери руды при добыче с применением предварительной сортировки на РКС $P_{ркс} = 0,15\%$;
- потери руды при добыче без применения предварительной сортировки на РКС $P_{ркс} = 0,12\%$;
- примешивание руды при добыче с применением предварительной сортировки на РКС $B_{ркс} = 0,06\%$;

- примешивание вмещающих пород при добыче без применения предварительной сортировки на РКС $B_{ркс} = 0,25\%$;

- содержание полезного компонента в потерянных балансовых запасах руды $C_б = 4,0\%$;

- содержание полезного компонента в примешенных вмещающих породах при добыче руды без предварительной сортировки $C_б = 0,4\%$;

- содержание полезного компонента в потерянных балансовых запасах руды $C_{п}^{ркс} = 2,0\%$;

- содержание полезного компонента в примешенных вмещающих породах при добыче руды с применением сортировки на РКС $C_б^{ркс} = 3,8\%$.

Отсюда показатели содержания полезного компонента в добытой рудной массе без предварительной сортировки и с применением сортировки на РКС рассчитанные по формулам (5) и

(6) составят: $a_{рм} = 3,09\%$, $a_{ркс} = 4,32\%$.

Соответственно коэффициенты извлечения из недр апатитовой руды: без предварительной сортировки $K^ч = 0,87\%$, с применением сортировки на РКС $K_{ркс}^ч = 1,02\%$.

Заключение

Полученные данные показывают, что технология послойно-порционной выемки руды на примере Ошурковского сложноструктурного месторождения и методика разделения потока горной массы на основе радиометрического экспресс-метода позволяют в 1,13 раза повысить полноту извлечения полезного ископаемого из недр; снизить до 5% уровень потерь и до 15% разубоживание добываемого сырья; улучшить условия труда рабочих; существенно уменьшить вредное воздействие на окружающую среду и более чем на 30% сократить эксплуатационные затраты горного производства.

Список литературы

1. Швабенланд Е.Е. О потенциале фрезерных комбайнов непрерывного действия при разработке месторождений открытым способом // Рациональное освоение недр. 2014. № 1.
2. Грабский А.А. Современное состояние и перспективы развития конструкций карьерных комбайнов // Горная Промышленность. 2010. №4 (92). С. 60–62.
3. Грабский А.А. Техническая производительность карьерного комбайна // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2010. №10. С. 206–210.
4. Зайцев Г. Д., Ческидов В. И. Оценка технологических и технических возможностей оборудования для безвзрывной добычи полезных ископаемых // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2006. №2. С. 222–227.
5. Бурмистров К.В., Колонюк А.А., Аргимбаев К.Р. Выбор комплексов оборудования для производства выемочно-погрузочных работ в стесненных условиях нижних горизонтов карьеров // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2010. №1 (29). С. 22–25.
6. Пихлер М., Панкевич Ю. Б., Панкевич М. Б. Технологии Wirtgen Surface Mining в горнодобывающей промышленности // Основные средства. 2011. №1. С. 58–64.
7. Final report on applicability of surface miner in nongtrai limestone mine of Lafarge Umiam Mining Pvt. Ltd in Meghalaya, India / Achyuta Krishna Ghosh, Dr/ Sujit Kumar Mondal, Santosh Kumar Singh, Dr. Amalendu Sinha : technical information brochures. – Central Institute of Mining & Fuel Research [Council of Scientific and Industrial Research] Department of Science & Technology, Government of India. July, 2010. http://lumpl.com/pdf/surface_miner_report.pdf.
8. Mattis, A. R. ; Cheskidov, V. I. ; Labutin, V. N. Choice of the hard rock surface mining machinery in Russia // Journal of mining science C/C of fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopayemykh. 2012. 48, 2; 329–338.
9. Еремин А.М. Особенности оценки потерь при добыче с использованием радиометрической крупнокусковой и порционной сортировки. Доклад на семинаре «Опыт и нововведения в рассмотрении и согласовании проектно-технической документации в ЦКР-ТПИ Роснедр», 22–23 октября 2013 года, Москва, ФГУП «ВИМС». М., 2013.
10. Еремин А.М. Научное обоснование возможности предварительного обогащения золотосульфидных руд и разработка технологии рентгенорадиометрической сортировки: (на при-

- мере месторождения «Кокпатас»): автореф. дис. ... канд. техн. наук. М.: ВНИПИпромтехнологии, 2010. 32 с.
11. Латышев В.Е. Обоснование и разработка эффективных технологий сортировки ядерно-физическими методами золото-содержащих руд на карьерах: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. М.: ВНИПИпромтехнологии, 2011. 48 с.
 12. Федянин С.Н. Анализ влияния асимметрии измерений на погрешность радиометрического опробования фосфоритовых руд в автосамосвалах на РКС // Горный Вестник Узбекистана. Научно-технический и производственный журнал. 2001. № 1.
 13. Медников Н.Н., Шеметов П.А., Федянин С.Н. Основные положения формирования технологических схем и грузопотоков руды и вскрыши при эксплуатации фосфоритового карьера // Горный Вестник Узбекистана. Научно-технический и производственный журнал. 2001. № 1.
 14. Иноземцев С.Б., Потапов В.А., Федянин С.Н. Радиометрическая сортировка фосфоритовых руд в автосамосвалах // Горный Вестник Узбекистана. Научно-технический и производственный журнал. 2001. № 1.
 15. Филиппов С.А. Экономическая оценка последствий воздействия на окружающую природную среду на базе уравнений баланса целостных ресурсов, взаимодействующих при разработке месторождений полезных ископаемых. Доклад на семинаре «ОВОС, экологическая экспертиза и государственный экологический контроль при реализации проектов в недропользовании». 24–25 августа 2011 года, Москва, ФГУП «ВИМС». М., 2011.
 16. Медников Н.Н., Сытенков В.Н. Методика расчета производительности роторных экскаваторов и фрезерных комбайнов применительно к технологическим схемам разработки вскрышных пород фосфоритового карьера // Горный Вестник Узбекистана. Научно-технический и производственный журнал. 2001. № 1.

Материал поступил в редакцию 01.02.16.

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

DOI:10.18503/1995-2732-2016-14-1-5-12

SELECTION OF PARAMETERS OF A LAYER-BATCH TECHNOLOGY IN MINING OF COMPLEX-STRUCTURED FIELD DEPOSITS WITH COLD MILLING COMBINED MACHINES

Schwabenland Elena Yegorovna – Head of Sector, Department of Assessment Methodology of Project Documentation on Mining of Solid Minerals, ‘VIMS’, Moscow, Russia. Phone: +7(495)950-34-03. E-mail: schwabenland@vims-geo.ru.

Sokolovsky Alexander Valentinovich – D.Sc. (Eng.), Chairman of the Board of Directors of ‘NTC-Geotechnology’ LLC, Chelyabinsk, Russia. Phone: +7(351)265-55-51. E-mail: avs@ustup.ru.

Pichler Mathias – General Director of Wirtgen International GmbH, Stadt Windhagen, Germany. E-mail: mathias.pichler@wirtgen.de.

Abstract. Ensuring minimum losses and dilution of minerals is one of the most critical tasks in the mining of complex-structured mineral deposits. It is quite challenging to comply with such a requirement when employing conventional technology for mining deposits like these together with preliminary rock loosening with a drill and blast method. In addition, when mining mineral deposits, there occur conditions restricting the use of a drill and blast method to prepare for rock excavation due to environmental conditions or the mine's location in close proximity with secured facilities. At the same time, industrial enterprises produce milling combined machines able to mine half rocks as well as hard rocks without preparation for excavation. However, theoretical and practical experience of the use of this type of machinery for the development of complex-structured deposits is not enough since the use of conventional technology of a layer-by-layer cold milling of rocks will lead to mixing of different types of ores and stripping soils, which will significantly increase the costs of further raw materials processing. For that reason, the possibility and feasibility of using cold milling combined machines at a promising Oshurkovskoe deposit of apatite ores have been studied as part of the research. It has been proposed to divide run-of-mine ore into batches which form elementary flows with specified quality characteristics. An X-ray radiometric method was used for quality control of rock mass mined at the Oshurkovskoe deposit; and a place to install the device on a cold milling machine was determined. The research results have demonstrated the expediency of the use of this method in mining at the Oshurkovskoe field.

Keywords: Cold milling combined machine, complex-structured deposit, quality, losses, dilution, open pit mining.

References

1. Schwabenland E.Ye. O potentsiale frezernykh kombainov nepre-ryvnogo deistvia pri razrabotke mestorozhdenii otkrytym sposobom [Potential of milling continuous miners in open-pit mining]. *Ratsionalnoe osvoenie nedr* [Sustainable development of mineral resources]. 2014, no. 1.
2. Grabsky A.A. Sovremennoe sostoianie i perspektivy razvitiia konstruktssii kariernykh kombainov [State-of-the-art and development prospects of a surface miner design]. *Gornaja Promyshlennost* [Mining Industry]. 2010, no. 4 (92), pp. 60–62.
3. Grabsky A.A. *Tekhnicheskaya proizvoditelnost kariernogo kombaina* [Technical performance of surface miners]. *Gornyy informatsionno-analitichesky byulleten (nauchno-tekhnicheskyy zhurnal)* [Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal)]. 2010, no. 10, pp. 206–210.
4. Zaitsev G.D., Cheskidov V.I. Otsenka tekhnologicheskikh i tekhnicheskikh vozmozhnostei oborudovaniia dlia bezvzryvnoi dobychi poleznykh iskopaemykh [Evaluation of technological and technical capabilities of blastfree mining equipment]. *Gornyy informatsionno-analitichesky byulleten (nauchno-tekhnicheskyy zhurnal)* [Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal)]. 2006, no. 2, pp. 222–227.
5. Burmistrov K.V., Kolonyuk A. A., Argumbaev K.R. Vybory kompleksov oborudovaniia dlia proizvodstva vyemочно-pogruzochnykh rabot v stesnionnykh usloviakh nizhnikh gorizontov karirov [Selection of complexes of extraction-and-loading equipment in a confined area of subsurface pits]. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2010, no. 1 (29), pp. 22–25.
6. Pichler M., Pankiewicz B.U., Pankiewicz M.B. Tekhnologii Wirtgen Surface Mining v gornodobyvayushchei promyshlennosti [Wirtgen Surface Mining technologies in the mining industry]. *Osnovnye sredstva* [Fixed assets]. 2011, no. 1, pp. 58–64.

7. Final report on the applicability of a surface miner in a nongrai limestone mine at the Lafarge Umiam Mining Pvt. Ltd in Meghalaya, India / Achyuta Krishna Ghosh, Dr/ Sujit Kumar Mondal, Santosh Kumar Singh, Dr. Amalendu Sinha : technical information brochures. – Central Institute of Mining & Fuel Research [Council of Scientific and Industrial Research] Department of Science & Technology, Government of India. July, 2010. http://lumpl.com/pdf/surface_miner_report.pdf.
8. Mattis, A.R.; Cheskidov, V.I.; Labutin, V.N. Choice of hard rock surface mining machinery in Russia. *Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopayemykh* [Journal of mining science]. 2012. no. 2(48), pp. 329–338.
9. Eryomin A.M. Osobennosti otsenki poter pri dobyche s ispolzovaniem radiometricheskoi krupnokuskovoi i portsiionnoi sortirovki [Specifics of evaluation of losses in mining using radiometric lump and batch sorting]. *Doklad na seminare «Opyt i novovvedeniya v rassmotrenii i soglasovanii proektno-tekhnicheskoi dokumentatsii v TsKR-TPI Rosnedr»* [Report at the seminar 'Experience and innovations in the review and approval of technical documentation in the Central Committee for solid mineral deposits development of Rosnedra'], 22–23 October 2013, Moscow, 'VIMS' Federal State Unitary Enterprise.
10. Eryomin A.M. *Nauchnoe obosnovanie vozmozhnosti predvaritelnogo obogashcheniya zolotosulfidnykh rud i razrabotka tekhnologii rentgenoradiometricheskoi sortirovki: (na primere mestorozhdeniya «Kokpatas»)* [Scientific substantiation of the possibility of preliminary enrichment of gold sulfide ores and development of an X-ray radiometric sorting technology (a study of Kokpatas deposit). Extended abstract of Ph.D. dissertation]. Moscow, 2010, 32 p.
11. Latyshev V.E. *Obosnovanie i razrabotka effektivnykh tekhnologiy sortirovki yadernofizicheskimi metodami zolotosoderzhashchikh rud na karierakh* [Substantiation and development of effective technologies of gold-bearing ores sorting with nuclear-physical methods in open pits. Extended abstract of D.Sc. dissertation]. Moscow, 2011, 48 p.
12. Fedyanin S.N. Analiz vliyaniya asimmetrii izmereniy na pogreshnost radiometricheskogo opytovaniya fosforitovykh rud v avtosamosvalakh na RKS [Analysis of the impact of measurements asymmetry on the accuracy of radiometric assay of phosphorite ores in dump trucks at the NCC]. *Gorny Vestnik Uzbekistana. Nauchno-tekhnicheskyy i proizvodstvennyy zhurnal* [Mining Bulletin of Uzbekistan. Scientific-technical and industrial journal], 2001, no. 1.
13. Mednikov N.N., Chemetov P.A., Fedyanin S.N. Osnovnye polozheniya formirovaniya tekhnologicheskikh skhem i gruzopotokov rudy i vskryshi pri ekspluatatsii fosforitovogo kariera [Main provisions of the development of process flow charts and traffic of ore and overburden in operating a phosphorite mine]. *Gorny Vestnik Uzbekistana. Nauchno-tekhnicheskyy i proizvodstvennyy zhurnal* [Mining Bulletin of Uzbekistan. Scientific-technical and industrial journal], 2001, no. 1.
14. Inozemtsev S.B., Potapov V.A., Fedyanin S.N. Radiometricheskaya sortirovka fosforitovykh rud v avtosamosvalakh [Radiometric sorting of phosphorite ores in dump trucks]. *Gorny Vestnik Uzbekistana. Nauchno-tekhnicheskyy i proizvodstvennyy zhurnal* [Mining Bulletin of Uzbekistan. Scientific-technical and industrial journal], 2001, no. 1.
15. Filippov S.A. *Ekonomicheskaya otsenka posledstviy vozdeystviya na okruzhayushchuyu prirodnuyu sredu na baze uravneniy balansa tselostnykh resursov, vzaimodeystviyushchikh pri razrabotke mestorozhdeniy poleznykh iskopayemykh* [Economic evaluation of the consequences of environmental impacts on the basis of balance equations of integral resources interacting at the development of minerals deposits]. *Doklad na seminare «OVOS, ekologicheskaya ekspertiza i gosudarstvennyy ekologicheskyy kontrol pri realizatsii proektov v nedropolzovanii»* [Report at the seminar EIA, environmental impact assessment and state environmental control in the implementation of projects in subsurface resource management]. August 24–25, 2011, Moscow, 'VIMS' Federal State Unitary Enterprise.
16. Mednikov N.N., Sytenkov V.N. Metodika raschyota proizvoditelnosti rotornykh ekskavatorov i frezernykh kombainov primenitelno k tekhnologicheskim skhemam razrabotki vskryshnykh porod fosforitovogo kariera [Calculation methodology of the capacity of bucket wheel excavators and milling machines with regard to process flow charts of the development of phosphorite deposits]. *Gorny Vestnik Uzbekistana. Nauchno-tekhnicheskyy i proizvodstvennyy zhurnal* [Mining Bulletin of Uzbekistan. Scientific-technical and industrial journal], 2001, no. 1.

Швабенланд Е.Е., Соколовский А.В., Пихлер М. Выбор параметров послойно-порционной технологии при разработке сложноструктурных месторождений комбайнами фрезерного типа // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2016. Т. 14. №1. С. 5–12. doi:10.18503/1995-2732-2016-14-1-5-12

Schwabenland E.Ye., Sokolovsky A.V., Pichler M. Selection of parameters of a layer-batch technology in mining of complex-structured field deposits with cold milling combined machines. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2016, vol. 14, no. 1, pp. 5–12. doi:10.18503/1995-2732-2016-14-1-5-12

УДК 669.337

DOI:10.18503/1995-2732-2016-14-1-12-17

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГРАНУЛИРОВАННОГО ЧЕРНОВОГО МЕДНОГО СУЛЬФИДНОГО КОНЦЕНТРАТА ЗАБАЛАНСОВОЙ РУДЫ

Каримова Л.М.¹, Кайралапов Е.Т.¹, Бухарицин В.О.²

¹ ТОО «Инновация», Караганда, Казахстан

² Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева, Караганда, Казахстан

Аннотация. Цель работы состояла в определении возможности использования тепла химических реакций при обжиге некондиционных медных концентратов.

Методом дифференциально-термического анализа проведены исследования окислительного обжига гранулированного черного медного сульфидного концентрата. Дериватограммы гранул имеют два ярко выраженных термических эффекта. Первый, эндотермический эффект, соответствует удалению физической влаги.

© Каримова Л.М., Кайралапов Е.Т., Бухарицин В.О., 2016