

корректно. Проводится изученность гидрогеологического разреза с различной детальностью, искажается оценка запасов и ресурсов подземных вод и т. д. Для исправления указанной ситуации необходимо завершить работы по составлению новых серийных легенд гидрогеологических карт, начатые в конце прошлого столетия [5], но они должны быть привязаны к гидрогеологическим структурам, а не к Схеме разграфки России на серии листов Государственной геологической карты. Создание серийных легенд гидрогеологических карт РФ явится логическим завершением упомянутой Карты общего гидрогеологического районирования территории РФ масштаба 1:2500 000 и реально повысит эффективность изучения геологических недр.

При этом подготовленная во ВСЕГИНГЕО база данных графических образов и символов гидрогеологических объектов может обеспечить стандартизацию представления информации гидрогеологических карт различного масштаба [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Барон, В.А. Соподчиненность гидрогеологического и водно-балансового районирования при гидрогеологическом картировании для оценки ресурсов хозяйственно-питьевых вод, на примере Азово-Кубанского артезианского бассейна / В.А. Барон // Разведка и охрана недр. — 2010. — № 7. — С. 35–40.

2. Барон, В.А. Принципы мелкомасштабного гидрогеологического картографирования и его реализация в ГИС-формате / В.А. Барон // Разведка и охрана недр. — 2015. — № 8. — С. 11–17.
3. Брехов, Г.В. Опыт создания баз данных геологических карт / Г.В. Брехов. — 2011. <http://www.earthdoc.org/publication/publicationdetails/?publication=51629>.
4. Круподеров, В.А. База данных гидрогеологической изученности территории РФ и пути представления и использования в интерактивном режиме / В.А. Круподеров, Е.С. Гришин, В.А. Барон / IV н.-практ. конф. «Актуальные вопросы геодезии и геоинформационных систем». — Казань, 2015. — С. 38–44.
5. Методические рекомендации по составлению карт гидрогеологического районирования масштаба 1:2 500 000, схем гидрогеологической стратификации и классификаторов объектов гидрогеологического районирования и стратификации. — М., 2002.
6. Методическое руководство по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:1 000 000 (третьего поколения). — М.-СПб., 2007. — 174 с.
7. Основные положения по составлению серийных легенд государственных гидрогеологических карт масштаба 1:200 000 и 1:1 000 000. — М.: Геоинформарк, 2001. — 18 с.
8. Стратиграфический кодекс России (издание третье). — СПб.: ВСЕГЕИ, 2006. - 95 с.
9. Челидзе, Ю.Б. Общее гидрогеологическое районирование как основа системного геологического изучения недр, использования и оценки состояния ресурсного потенциала подземных вод России / Ю.Б. Челидзе, В.А. Барон, С.Л. Пугач, С.В. Кокорева // Разведка и охрана недр. — 2015. — № 5. — С. 41–49.

© Барон В.А., 2017

Барон Владимир Александрович // zgerka@rambler.ru

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 622.271.622:(622.725:539.16)

Швабенланд Е.Е. (ФГБУ «ВИМС»)

ПРИМЕНЕНИЕ ПОСЛОЙНО-ПОРЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ РУДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФРЕЗЕРНЫХ КОМБАЙНОВ ДЛЯ РАЦИОНАЛЬНОГО И КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ НЕДР

На примере Ошурковского сложноструктурного месторождения показано, что технология послойно-порционной выемки руды и методика разделения потока горной массы на основе радиометрического экспресс-метода позволяют повысить полноту извлечения полезного ископаемого из недр, снизить потери и разубоживание добываемого сырья, улучшить условия труда, существенно уменьшить вредное воздействие горных работ на окружающую среду и сократить эксплуатационные затраты горного производства. **Ключевые слова:** апатит, сложноструктурное месторождение, карьер, разубоживание руды, потери при добыче, повышение извлечения, рентгенорадиометрическая сортировка.

Shvabenland E.E. (VIMS)

APPLICATION OF LAYER-BY-LAYER-PORTION-MINING TECHNOLOGY ORE USING A MILLING CUTTER IN A RATIONAL AND COMPREHENSIVE SUBSOIL USE

For example complex structure apatite deposit calculations have shown that the technology layer-by-layer-portion of the ore and method of dividing flow of the rock mass on the basis of radio-

*metric rapid method allows to increase the completeness of extraction of minerals from subsoil to reduce losses and dilution of extracted raw materials, to improve working conditions, significantly reduce the harmful effects of mining operations on the environment and reduce operating costs of mining. **Keywords:** apatite, complex structural deposit, open pit mine, surface miner, dilution, ore losses during extraction, the increase in the extraction of, x-ray radiometric sorting.*

Применение новых энерго- и ресурсосберегающих технологий добычи, сокращение потерь и разубоживания руды, осуществление оперативного контроля над качеством руды в потоке, ведение достоверного учета движения рудной массы по складам и объемов отгрузки готового продукта Потребителю — являются важнейшими задачами горного производства и рационального использования недр. Особенно это касается тех случаев, когда валовое содержание полезного компонента в рудах месторождения ниже заданных технологически условиями их переработки, а подготовка (обогащение) руды до требуемых кондиций сопряжена с большими трудозатратами, которые можно избежать или существенно снизить, если вести выемку и отгрузку отбитой массы порциями с минимальным смешением в них руды разных сортов (по содержанию полезного компонента) и пород [9]. В качестве примера можно привести Ошурковское апатитовое месторождение в Бурятии, расположенное в бассейне р. Селенга, впада-

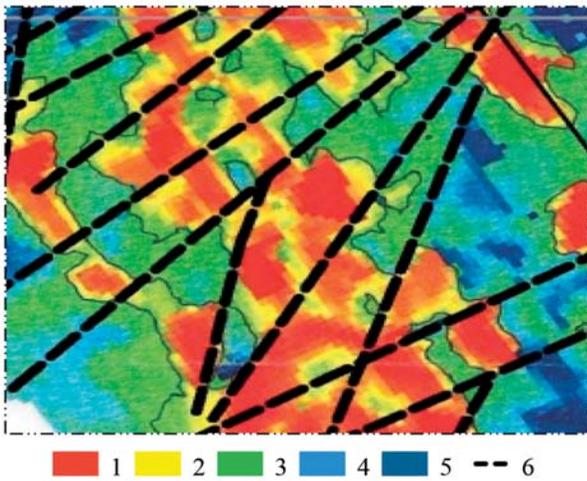


Рис. 1. Схема геологического строения (план) месторождения Ошурковское: 1 — кондиционная апатитовая руда, содержание $C_{P_2O_5} > 4,5 \%$; 2 — то же, $4,5 > C_{P_2O_5} > 3,9 \%$; 3 — то же, $3,9 > C_{P_2O_5} > 3,5 \%$; 4 — некондиционная руда ($C_{P_2O_5} < 3,5 \%$) и пустая порода; 5 — безрудные дайки; 6 — геологические нарушения

ющей в оз. Байкал [1,8]. Апатитовая минерализация месторождения приурочена к сиенит-диоритам, занимающим около 87 % площади, и представлена рудными телами размером от 50×50 до 200×800 м. Практически всю остальную площадь месторождения занимают пустые породы. Резкая граница между ними и апатитовыми рудами отсутствует. Апатит в массиве распространен повсеместно и неравномерно (коэффициент вариации равен 24,5 %). Содержание полезного компонента — пентаоксида фосфора (P_2O_5) — в среднем по месторождению составляет 3,89 %, 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 кондиционных и некондиционных апатитовых руд образуют сплошные рудно-породные зоны различных форм, размеров и структур. Соотношение кондиционных и некондиционных руд определяется коэффициентом рудоносности $K_{руд}$, который, изменяясь в пределах от 0,32 до 1,0, в среднем по месторождению равен 0,68 [5].

Месторождение Ошурковское обладает следующими особенностями (рис. 1):

отсутствие геологических границ между пустой породой, некондиционной и кондиционной рудой;

бессистемное чередование в рудных зонах участков пустой породы и некондиционной руды, в породных зонах — наличие участков кондиционной руды;

неравномерное распределение и низкое содержание полезного компонента в массиве, что требует минимизации примешивания вмещающих пород при добыче;

относительно небольшое различие кондиционного и некондиционного полезного ископаемого по содержанию P_2O_5 ;

вероятность нахождения на границе участка с кондиционной рудой участков вмещающих пород с содержанием P_2O_5 в пределах от 0 до 3,5 %;

невозможность прямого оперативного измерения содержания P_2O_5 в разрабатываемом массиве.

Учитывая, кроме прочих особенностей, наличие экологических ограничений при разработке Ошурковского месторождения, не позволяющих осуществлять ее с применением буровзрывных работ (БВР) и механического дробления руды, для добычи руды необходимо внедрение безвзрывной технологии добычи комбайнами фрезерного типа, например, Wirtgen SM. Принцип действия комбайнов заключается в фрезеровании массива пород слоями фиксированной ширины и изменяемой глубины с одновременным формированием потока отбитой горной массы управляемого гранулометрического состава, отгружаемой в автосамосвалы, на конвейер или в штабель [6, 10, 11]. Такую технологию называют послойно-полосной. При этом фрезерные комбайны позволяют без предварительного рыхления разрабатывать породы с пределом прочности на сжатие до 120 Мпа [2].

Очевидно, что главным недостатком послойно-полосной технологии в рассматриваемых условиях является неконтролируемая валовая выемка горной массы, при которой произойдет перемешивание кондиционной, некондиционной руды и пустой породы с усреднением содержания в рудном потоке, что приведет к дополнительным потерям полезного ископаемого из-за его разубоживания. Для устранения этого недостатка требуется разработка дополнительных технических решений и приемов управления качественными характеристиками рудного потока путем разделения руды на различные классы. Решающим условием применения раздельного складирования руды является наличие метода, позволяющего оперативно с высокой степенью надежности и с удовлетворительной погрешностью разделять отбитую массу на порции оптимального объема и определять в них содержание полезного компонента. Главными звеньями в технологической цепи селекции рудной массы являются порционная выемка, например, в объеме кузова автосамосвала и сортировка выемочных порций, например, с помощью геофизических методов опробования (экспресс-анализа руд) [3].

Методология рудосортировки наиболее основательно разработана для разбраковки контрастных руд, например, для порционного радиометрического опробования руд редких или благородных металлов. Разделение неконтрастных руд (в традиционном понимании) на «узкие» классы содержаний уже на стадии добычи требует пересмотра общепринятых методических приемов выбора оптимальных геометрических параметров выемочных порций рудной массы, границ технологических классов руд, определения представительности и методической погрешности способов, с одной стороны — используемого для рудосортировки (геофизического), а с другой — для его градуировки, т.е. опорного метода сравнения (геологического опробования).

Таким образом, при разработке фрезерными комбайнами сложноструктурных месторождений, и в частности Ошурковского апатитового месторождения, основной задачей является придание рудному потоку, формируемому из отдельных порций рудной массы с неопределенными качественными характеристиками, управляемости, для чего необходимо определить рациональный размер порции рудной массы и соответ-

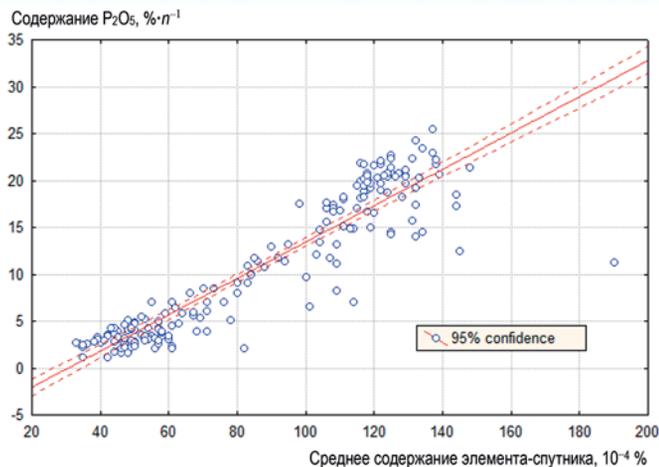


Рис. 2. График зависимости содержания P_2O_5 от содержания элемента-спутника

ственно грузоподъемность применяемого автосамосвала, разработать способ контроля качественных характеристик каждой порции рудной массы, загруженной в автосамосвалы и 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, достигается при формировании грузопотока порциями массой 25 т. Поэтому для обработки Ошурковского апатитового месторождения рекомендуется применение фрезерного комбайна Wirtgen SM в комплексе с автосамосвалами грузоподъемностью $Q_{a/c} = 25$ т.

Способ контроля качественных характеристик каждой порции рудной массы, загруженной в автосамосвалы, разработан на основе накопленного опыта крупно-порционной сортировки рудной массы при разработке месторождений различных полезных ископаемых [4]. Из рассмотренных промышленных способов контроля качества добываемой рудной массы (авторадиометрический, фотонейтронный, нейтронно-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 учитывалось, 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. По

содержанию этого элемента-спутника можно определить содержание полезного компонента в анализируемой порции горной массы (рис. 2).

Принцип определения содержания P_2O_5 с помощью радиометрического контрольно-измерительного комплекса заключается в следующем. Радиометрический контрольно-измерительный комплекс размещается на радиометрической контрольной станции (РКС). При движении через РКС груженого автосамосвала поверхность содержащейся в кузове рудной массы несколько раз обрабатывается рентгеновскими лучами заданной мощности с помощью излучающего блока комплекса. Возникшее под их воздействием в элементе-индикаторе (элементе-спутнике) вторичное (характеристическое) излучение измеряется, и по его интенсивности с помощью полученной зависимости (рис. 2) рассчитывается содержание P_2O_5 в порции рудной массы.

Для Ошурковского месторождения достоверность результатов имеет большое значение. Применительно к этому месторождению разработан метод измерения содержания P_2O_5 во всем объеме порции рудной массы, загруженной в автосамосвал фрезерным комбайном. Для этого 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 каждой порции горной массы выполняется не менее 60 измерений, по которым рассчитывается среднее содержание P_2O_5 в загружаемой в кузов горной массе, после чего самосвал получает адрес разгрузки. Добытая масса со средним содержанием полезного компонента выше промышленного отгружается на склад обогатительной фабрики, со средним содержанием выше бортового, но меньше промышленного — на временный склад для последующего предварительного обогащения, а с содержанием ниже бортового — в отвал (рис. 4). Таким образом, обеспечивается возможность разделения грузопотока извлеченной горной массы на порции, из которых формируются элементарные грузопотоки с заданными качественными характеристиками.

Разработанные технология послойно-порционной выемки руды и методика разделения потока горной

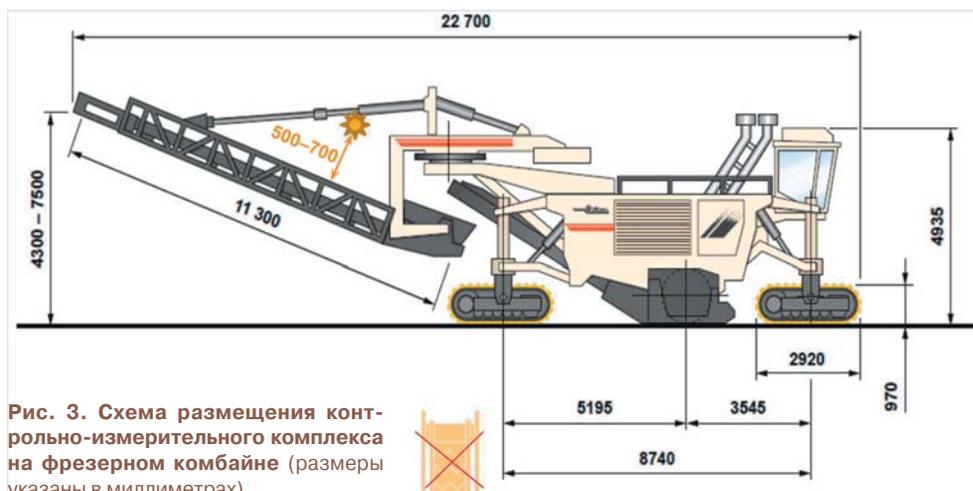


Рис. 3. Схема размещения контрольно-измерительного комплекса на фрезерном комбайне (размеры указаны в миллиметрах)

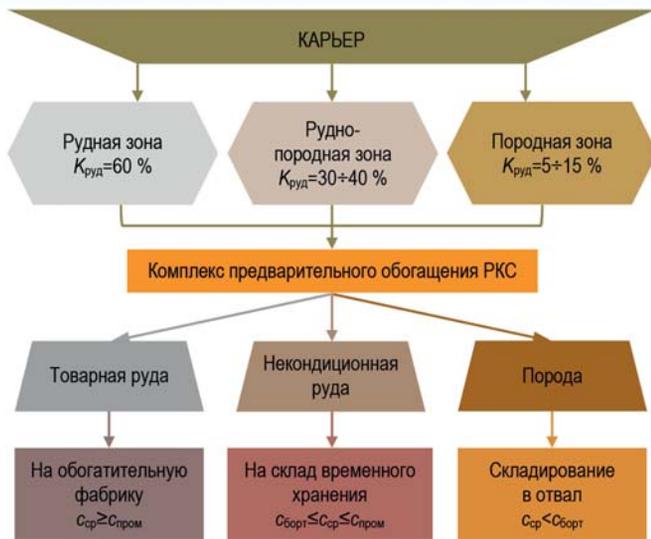


Рис. 4. Схема формирования грузопотоков с заданными качественными характеристиками

массы на основе радиометрического экспресс-метода позволяют повысить полноту извлечения полезного ископаемого из недр.

Взаимосвязь показателей полноты извлечения полезного компонента из недр с горно-геологическими, технологическими и экономическими условиями добычи и предварительной сортировки руды с использованием радиометрического метода измерений раскрытом с помощью уравнений материального баланса [7]. При этом исходим из условия прибыльности разработки месторождения:

$$\sum \Pi_{p,m} \geq \sum C_i \text{ или } \sum \Pi_{p,m} - \sum C_i \geq 0,$$

где $\sum C_i$ — суммарные затраты на получение готовой продукции из единицы добытой рудной массы; $\sum \Pi_{p,m}$ — суммарная извлекаемая ценность полезных компонентов из 1 т добытой рудной массы с учетом ценностей в примешенных вмещающих породах. Разница между извлекаемой ценностью из 1 т добытой рудной массы и суммарными затратами на получение 1 т готовой продукции является удельной прибылью:

$$P_{уд} = \Pi_{p,m} - \sum C_i \text{ или } \Pi_{p,m} = P_{уд} + \sum C_i.$$

Для раскрытия взаимосвязи между планируемым объемом добычи и величиной балансовых запасов воспользуемся уравнениями баланса ценностей, взаимодействующих при добыче с предварительной сортировкой радиометрическим методом ($D_{p,m}^{PKC}$) и без нее ($D_{p,m}$):

$$D_{p,m}^{PKC} = B \cdot K_{p/p}^{PKC};$$

$$D_{p,m}^{PKC} = B \cdot K_{p/p}^{PKC} + B \cdot (1 - K_{руд}) \cdot K_{p/п}^{PKC};$$

$$D_{p,m} = B \cdot (1 - K_n + K_v) = B - \Pi + B,$$

где B , Π , B — количество соответственно балансовых запасов, потерь балансовых запасов, примешенных вмещающих пород; $K_{руд}$, $K_{p/p}$, $K_{p/п}^{PKC}$ — коэффициенты соответственно рудоносности ($K_{руд} = 0,68$), извлечения

руды из рудной ($K_{p/p} = 0,85$) и породной ($K_{p/п}^{PKC} = 0,2$) зон. Приносящую доход извлекаемую часть полезных компонентов из общего объема добытой горной массы можно определить с помощью следующих выражений:

$$\alpha_{p,m} = \frac{(B - \Pi) \cdot c_6 + B c_b}{D_{p,m}};$$

$$\alpha_{p,m}^{PKC} = \frac{B c_6 - \Pi_{PKC} \cdot c_n^{PKC} + B_{PKC} \cdot c_b^{PKC}}{D_{p,m}^{PKC}},$$

где $\alpha_{p,m}$, $\alpha_{p,m}^{PKC}$ — содержание полезного компонента в добытой рудной массе без предварительной сортировки и с применением сортировки на РКС соответственно; c_6 , c_b — содержание полезного компонента в потерянных балансовых запасах руды ($c_6 = 4\%$) и примешенных вмещающих породах при добыче руды без предварительной сортировки ($c_b = 0,4\%$) соответственно; c_n^{PKC} , c_b^{PKC} — содержание полезного компонента соответственно в потерянных балансовых запасах руды ($c_n^{PKC} = 2\%$) и в примешенных вмещающих породах ($c_b^{PKC} = 3,8\%$) при добыче руды с применением сортировки на РКС; Π_{PKC} , B_{PKC} — потери и примешивание при добыче и предварительной сортировке на РКС.

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

$$\Pi_{PKC} = B \cdot (1 - K_{p/p}^{PKC}); \quad B_{PKC} = B \cdot (1 - K_{руд}) \cdot K_{p/п}^{PKC}.$$

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

В качестве основного показателя полноты извлечения балансовых запасов при добыче используется коэффициент извлечения из недр ценностей K_n^u , равный отношению ценности в 1 т добытой рудной массы к ценности 1 т погашенных балансовых запасов. Когда известны и достаточно надежно определены все 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 формулам [7]:

$$\text{в абсолютной форме — } K_n^u = \frac{D_{p,m} \cdot \Pi_{p,m}}{B \cdot \Pi_0},$$

$$\text{или в удельной форме — } K_n^u = K_{кол} \cdot K_{p,m}^{кач},$$

где $K_{кол}$, $K_{p,m}^{кач}$ — коэффициенты количества добытой рудной массы и изменения качества полезного ископаемого соответственно.

Представим ценности в 1 т добытой рудной массы и в 1 т балансовых запасов как произведение содержания полезного компонента $\alpha_{p,m}$ на его цену Π_0 . Тогда выражение для коэффициента извлечения из недр ценностей (в абсолютной форме) может быть преобразовано следующим образом:

$$K_n^u = D_{p,m} \cdot \alpha_{p,m} \cdot \Pi_0 / B \cdot \alpha_6 \cdot \Pi_0 = D_{p,m} \cdot \alpha_{p,m} / B \alpha_6.$$

Таким образом, в качестве основного показателя полноты извлечения балансовых запасов при добыче апатитовой руды может быть принят коэффициент извлечения пентаоксида фосфора из недр, равный отношению количества P_2O_5 в 1 т добытой рудной массы к его 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 $K_{p/p} = 0,85$;

коэффициент рудоносности $K_{руд} = 0,68$;

коэффициент извлечения руды из породной зоны при добыче с применением предварительной сортировки на РКС $K_{p/п}^{PKC} = 0,2$;

потери руды при добыче с применением предварительной сортировки на РКС — $П_{PKC} = 0,15 \%$;

потери руды при добыче без применения предварительной сортировки на РКС — $П_{PKC} = 0,12 \%$;

примешивание руды при добыче с применением предварительной сортировки на РКС — $B_{PKC} = 0,06 \%$;

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

содержание полезного компонента в потерянных балансовых запасах руды $c_6 = 4 \%$;

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

содержание полезного компонента в потерянных балансовых запасах руды $c_п^{PKC} = 2 \%$;

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

После подстановки данных определим содержания полезного компонента в добытой рудной массе без предварительной сортировки и с применением сортировки на РКС:

$$\alpha_{p,m} = \frac{(B - П) \cdot c_6 + Bc_в}{D_{p,m}} = \frac{(1 - 0,12) \cdot 4 + 0,25 \cdot 0,4}{1 - 0,15 + 0,25} = 3,09 \%$$

$$\alpha_{p,m}^{PKC} = \frac{B \cdot c_6 - П_{PKC} \cdot c_п^{PKC} + B_{PKC} \cdot c_в^{PKC}}{D_{p,m}^{PKC}} =$$

$$= \frac{1 \cdot 4 - 0,15 \cdot 2 + 0,06 \cdot 1 \cdot 3,8}{1 - 0,15 + 0,06} = 4,32 \%$$

Соответственно значения коэффициентов извлечения из недр апатитовой руды без предварительной сортировки и с применением сортировки на РКС составят:

$$K_H = \frac{D_{p,m} \cdot \alpha_{p,m}}{B\alpha_6} = \frac{(1 - 0,12 + 0,25) \cdot 3,09}{1 \cdot 4} = 0,87 \%$$

$$K_H^{PKC} = \frac{D_{p,m}^{PKC} \cdot \alpha_{p,m}^{PKC}}{B\alpha_6} = \frac{(1 - 0,15 + 0,06) \cdot 4,32}{1 \cdot 4} = 1,02 \%$$

Критерием эффективности комплексного и рационального освоения недр является достижение оптимальных для интересов государства и недропользователя показателей полноты использования недр и участвующих в процессе их освоения трудовых и материальных ресурсов. Так, выполненные расчеты показывают, что сочетание эффективных технологий послыно-порционной выемки руды и разделения потока горной массы на основе радиометрического экспресс-метода позволяют на 17 % повысить полноту извлечения полезного ископаемого из недр, на 5 % снизить потери при добыче и на 15 % разубоживание добываемого сырья, кроме того, улучшить условия труда рабочих и уменьшить вредное воздействие на окружающую среду, и тем самым на 30 % сократить эксплуатационные затраты горного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенов, Е.М. Современное состояние и перспективы развития минерально-сырьевой базы России / Е.М. Аксенов, Н.Г. Васильев // Разведка и охрана недр. — 2012. — № 5. — С. 3–8.
2. Грабский, А. А. Техническая производительность карьерного комбайна / А.А. Грабский // ГИАБ. — 2010. — № 10. — С. 206–210.
3. Еремин, А.М. Научное обоснование возможности предварительного обогащения золотосульфидных руд и разработка технологии рентгенорадиометрической сортировки (на примере месторождения Кокпатас): Автореф. дис. ...канд. техн. наук. — М.: ВНИПИпромтехнологии, 2010. — 32 с.
4. Еремин, А.М. Особенности оценки потерь при добыче с использованием радиометрической крупноткусковой и порционной сортировки / А.М. Еремин, С.Н. Федянин / Опыт и нововведения в рассмотрении и согласовании проектно-технической документации в ЦКР-ТПИ Роснедр: доклад на семинаре 22–23 октября 2013 г. — М.: ФГУП «ВИМС», 2013.
5. Ордин, А.А. Обоснование параметров технологии открытого способа добычи апатитового сырья фрезерными комбайнами / А.А. Ордин, Е.Е. Швабенланд // ФТПРПИ. — 2016. — № 2. — С. 80–86.
6. Пихлер, М. Технологии Wirtgen Surface Mining в горнодобывающей промышленности / М. Пихлер, Ю.Б. Панкевич, М.Б. Панкевич // Основные средства. — 2011. — № 1. — С. 58–64.
7. Филиппов, С.А. Экономическая оценка последствий воздействия на окружающую природную среду на базе уравнений баланса ценностей ресурсов, взаимодействующих при разработке месторождений полезных ископаемых / С.А. Филиппов / ОВОС, экологическая экспертиза и государственный экологический контроль при реализации проектов в недропользовании; доклад на семинаре 24–25 августа 2011 г. — М.: ФГУП «ВИМС», 2011.
8. Ческидов, В.И. Перспективы применения безвзрывных технологий разработки массивов горных пород на месторождениях полезных ископаемых Урала и Сибири / В.И. Ческидов, М.Г. Саканцев, Г.Г. Саканцев, В.Л. Яковлев и др. / Безвзрывные технологии открытой добычи твердых полезных ископаемых. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. — С. 302–317.
9. Швабенланд, Е.Е. Выбор параметров послыно-порционной технологии при разработке сложноструктурных месторождений комбайнами фрезерного типа / Е.Е. Швабенланд, А.В. Соколовский, М. Пихлер // Вестник Магнитогорского технического университета. — 2015. — № 1. — С. 5–12.
10. Final report on applicability of surface miner in nongtrai limestone mine of Lafarge Umiam Mining Pvt. Ltd in Meghalaya, India : Technical information brochure / A.K. Ghosh, Dr. S.K. Mondal, S.K. Singh, Dr. A. Sinha. — Central Institute of Mining & Fuel Research [Council of Scientific and Industrial Research], Department of Science & Technology, Government of India. July, 2010. — URL: http://lumpl.com/pdf/surface_miner_report.pdf.
11. Mattis, A.R. Choice of the hard rock surface mining machinery in Russia / A.R. Mattis, V.I. Cheskidov, V.N. Labutin // Journal of mining science. — 2012. — Vol. 48. — No 2. — pp. 329–338. (Original Russian Text published in Fiziko-Tekhnicheskie Problemy Razrabotki Poleznykh Iskopaemykh, 2012. — No 2. — pp. 121–132).

© Швабенланд Е.Е., 2017

Швабенланд Елена Егоровна // e.schwabenland@mail.ru