

УДК 622.271.33

Д.Г. Одаев, А.И. Косолапов, Д.Е. Малофеев

ОБОСНОВАНИЕ ГРАНИЦ ЭТАПОВ ГОРНЫХ РАБОТ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГРУППОЙ КАРЬЕРОВ

Изложен вариант снижения пиковых совокупных объемов вскрышных пород по группе карьеров за счет изменения глубины этапов разработки отдельных карьеров. Выполнена оценка разработки сближенных месторождений тремя карьерами, находящимися на различных стадиях горных работ. На основе полученной модели выполнены расчеты объемов вскрышных и добычных работ, а также значение среднего и текущего коэффициентов вскрыши. Приведены варианты календарных графиков, соответствующих разным стратегиям освоения сближенных месторождений.

Ключевые слова: группа карьеров, календарный план горных работ, интенсивность расконсервации временно-нерабочего борта.

Чаше всего, месторождения одного вида полезного ископаемого, расположенные в непосредственной близости друг от друга, разрабатывают группой карьеров, с которых руду доставляют на одну обогатительную фабрику. Это позволяет снизить затраты на обогащение за счет концентрации и специализации обогатительных мощностей. Кроме этого, подобная практика обеспечивает возможность управления режимом горных работ, а также качеством руды, поступающей на обогащение. В любой промежуток времени должна выполняться производственная программа горно-обогатительного комбината за счет рациональной нагрузки между карьерами и соблюдения регламента к качеству руды.

При этом, как правило, в процессе разработки месторождений требуется решать оптимизационную задачу с целью минимизации объемов горных работ при условии выполнения производственной программы по руде требуемого качества.

Особенности решения данной задачи обусловлены следующими обстоятельствами:

- карьеры находятся на разных стадиях разработки месторождений;
- крупные месторождения разрабатываются этапами;
- карьеры в оцениваемый момент времени имеют разную глубину и горные работы производятся на различных относительных высотных отметках;
- руда, как правило, вначале поступает на буферно-усреднительные склады, с которых с учетом распределения качества ее отгружают на обогатительную фабрику;
- вскрыша складировается в отвалы, расположенные вблизи карьеров.

Для любого карьера выделяют следующие стадии горных работ: первая – строительство карьера; вторая – выход на проектную мощность; третья – работа карьера на проектной мощности (максимальные объемы выемки горной массы); четвертая – «затухание» горных работ.

Причем, на любой стадии разработку месторождения можно осуществлять этапами или очередями в рамках выделенных промежуточных границ карьера. Это позволяет распределять объемы горных работ во времени.

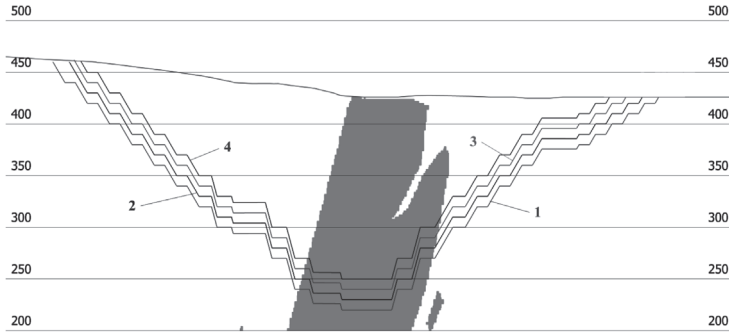


Рис. 1. Границы вариантов этапов разработки с отметкой дна карьера: 1 – +220 м; 2 – +230 м; 3 – +240 м; 4 – +250 м

Для каждой стадии объемы горных работ распределяются с учетом особенностей месторождения и для оценки изменения их во времени предложено использовать коэффициент неравномерности выполнения горных работ, который рассчитывается по формуле:

$$K_{нгр} = \frac{K_3}{K_{ср}} = f(t), \quad (1)$$

где K_3 – эксплуатационный коэффициент вскрыши, м³/т; $K_{ср}$ – средний коэффициент вскрыши на оцениваемой стадии или этапе разработки месторождения, м³/т; t – год разработки месторождения на оцениваемой стадии или этапе.

В этом случае общий годовой объем добычи руды на карьерах задается производственной программой и распределяется следующим образом

$$A_o = \sum_1^n A_i = f_1(T) \Rightarrow const; \quad (2)$$

$$C_o = \sum_1^n \frac{C_i \cdot A_i}{A_o} = f_2(T) \Rightarrow const, \quad (3)$$

где A_i – производственная мощность i -ого карьера, работающего в группе, т/год; n – число карьеров, ед.; T – год планирования; C_o – среднее годовое содержание металла в руде, поступающей на обогащение, г/т; C_i – среднее годовое содержание металла

в руде, поступающей на обогащение из i -ого карьера.

В свою очередь

$$C_i = f_3(T); \quad (4)$$

$$A_i = f_4(T). \quad (5)$$

Именно, с учетом вышеизложенного и необходимо определять характер распределения объемов вскрышных работ во времени и обосновывать область возможного управления ими за счет перераспределения объемов горных работ между карьерами.

При этом при разработке календарного плана для группы карьеров определяющим является то, что они в оцениваемый промежуток времени находятся на разных стадиях горных работ.

Для этого, в первую очередь необходимо, для каждого карьера обосновать границы этапов разработки и установить временную и пространственную вариацию объемов горных работ.

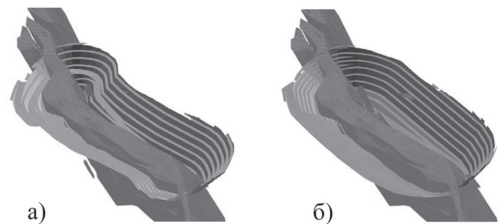


Рис. 2. Контуры этапов разработки: а) проектный; б) рекомендуемый

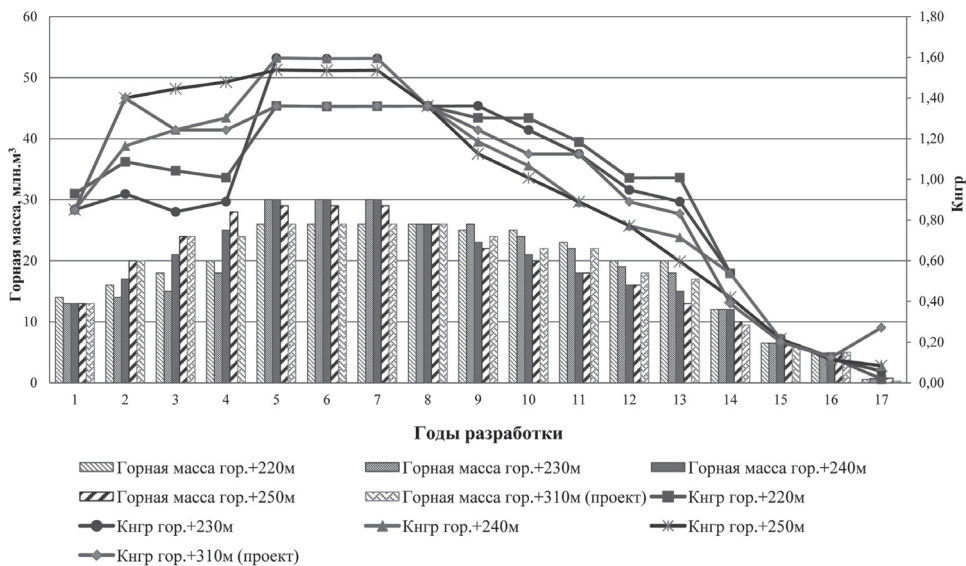


Рис. 3. Временная динамика показателей выемки горной массы в зависимости от глубины этапа

При этом, следует исходить из того, что формируя значение $K_{нгр}$ можно задавать требуемый режим горных работ. Это определяется тем, что его уменьшение или увеличение приводит к соответствующему варьированию эксплуатационного коэффициента

вскрыши, как в текущем году, так и на планируемом промежутке времени.

Анализ распределения объемов горных работ карьера показывает, что характер изменения значения $K_{нгр}$ во времени зависит от границ этапов разработки месторождения. Поэтому

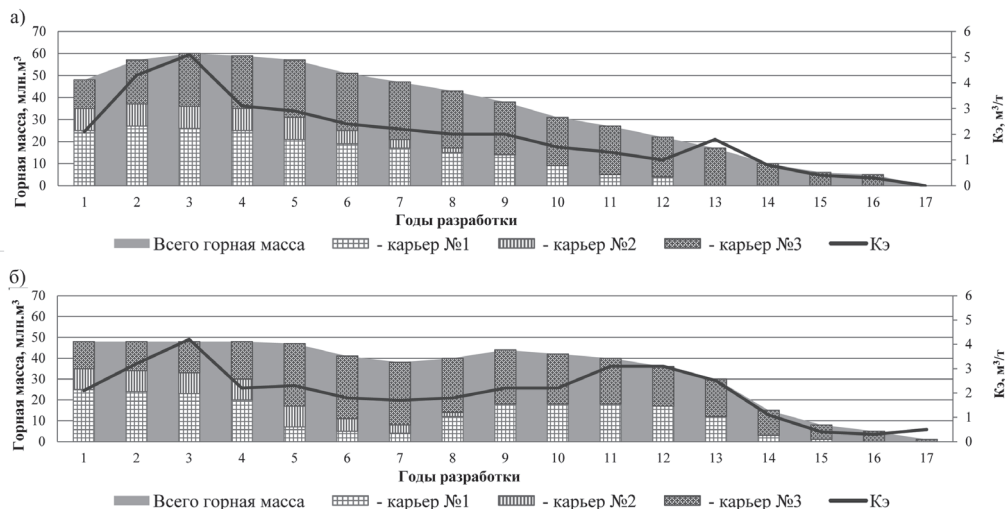


Рис. 4. Временная динамика показателей выемки горной массы в группе карьеров по вариантам развития горных работ: а) проектный; б) предлагаемый. Список информационных источников

для планируемого промежутка времени необходимо установить соответствующую зависимость, используя которую для принятой стратегии освоения месторождений группой карьеров разрабатывается общий для них календарный план.

В качестве примера, выполнена оценка разработки сближенных месторождений тремя карьерами, находящимися на различных стадиях горных работ. При этом, наибольший объем вскрыши имеется на одном из карьеров (рис. 1), где можно управлять его годовым значением в широком диапазоне (как увеличивать, так и уменьшать). Для определения временной динамики значения $K_{нпр}$ в программной среде Micromine смоделированы рудные тела и положения горных работ для оцениваемых вариантов (рис. 2) с различными отметками дна карьера. На основе полученной модели выполнены расчеты объемов вскрышных и добычных работ, а также значение среднего и текущего коэффициентов

вскрыши. С их помощью построены графики $K_{нпр} = f(t)$ для оцениваемых вариантов границ этапа (рис. 3).

Анализ графиков (см. рис. 3) показывает о том, что если требуется перенести объемы вскрышных работ на более поздний период, то следует глубину карьера этапа ограничить отметкой +230 м; для выполнения максимального объема вскрышных работ в первые годы – отметкой +250 м. Таким образом, целенаправленно подбирается вариант, отвечающий заданной стратегии освоения группы месторождений.

На основании этих данных можно сделать вывод о том, что за счет обоснования границ этапа, как одного карьера, так и всех, входящих в группу карьеров расширяется возможность рационально управлять режимом горных. Для иллюстрации подобного утверждения на рис. 4. приведены варианты календарных графиков, соответствующих разным стратегиям освоения сближенных месторождений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Косолапов А.И., Малофеев Д.Е., Одаев Д.Г. Календарное планирование горных работ при открытой разработке группы сближенных золоторудных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. – № 5. – С. 62–67.

2. Арсентьев А.И. Горные работы в карьерах (основы теории). – СПб., 2006.

3. Анистратов Ю.И., Анистратов К.Ю., Шадов М.И. Справочник по открытым горным работам. – М.: НТЦ «Горное дело», 2010. – 700 с., 453 илл.

4. Полищук А.К., Полищук Г.К., Михайлов А.М. Разработка месторождений группой карьеров в системе комбината. – М.: Недра, 1975. – 200 с.

5. Баженов М.В., Холодняков Г.А., Фомин С.И. Обоснование целесообразности разработки месторождений группой карьеров. – 1995.

6. Капутин Ю.Е. Горные компьютерные технологии и геостатистика. – СПб.: Недра, 2002. – 424 с.: ил. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Одаев Денис Геннадьевич – аспирант, начальник горно-геологического отдела ООО «Полус Проект», e-mail: OdaevDG@PolyusGold.ru,

Косолапов Александр Иннокентьевич – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой, действительный член академии горных наук, член-корреспондент САН ВШ, e-mail: kosolapov1953@mail.ru,

Сибирский федеральный университет;

Малофеев Дмитрий Евгеньевич – кандидат технических наук, доцент, главный инженер, e-mail: MalofeevDE@polyusgold.com, ООО «Полус Проект».

JUSTIFICATION OF BORDERS OF STAGE OPEN-MINING AT GROUP FIELDS

Odayev D.G., Graduate Student, Chief Officer, Mining and Geology Department, Polyus-Proekt Ltd, e-mail: OdaevDG@PolyusGold.ru,

Kosolapov A.I., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Chair, Full member of the Academy of Mining Sciences, Corresponding member of the Siberian Branch of the Higher Education Academy of Sciences, e-mail: kosolapov1953@mail.ru, Siberian Federal University e-mail: rector@sfu-kras.ru;

Malofeev D.E., Candidate of Engineering Sciences, Assistant Professor, Chief Engineer, e-mail: MalofeevDE@polyusgold.com, ООО «Полюс Проект».

The volumes of mining distributed taking into account the peculiarities of the field and for estimating change them in time it is proposed to use the factor of non-uniformity of mining. Assessment of the development of contiguous deposits three quarries in various stages of mining operations. On the basis of the model calculations of volumes of overburden and mining operations and the value of mid-life and current ratios overburden. Variants of schedules, corresponding to different strategies of development of contiguous deposits.

Key words: open pits group, scheduling of mining operations, density of temporarily basset edge depreservation.

REFERENCES

1. Kosolapov A.I., Malofeev D.E., Odayev D.G. *Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'*, 2013, no 5, pp. 62–67.

2. Arsent'ev A.I. *Gornye raboty v kar'erah (osnovy teorii)* (Opencast mining (theoretic framework)), Saint-Petersburg, 2006.

3. Anistratov Ju.I., Anistratov K.Ju., Shhadov M.I. *Spravochnik po otkrytym gornym rabotam* (Handbook on opencast mining), Moscow, NTC «Gornoe delo», 2010, 700 p., 453 pict.

4. Polishhuk A.K., Polishhuk G.K., Mihajlov A.M. *Razrabotka mestorozhdenij gruppoj kar'erov v sisteme kombinata* (Mineral mining by a batch of open pits within an integrated works), Moscow, Nedra, 1975, 200 p.

5. Bazhenov M.V., Holodnjakov G.A., Fomin S.I. *Obosnovanie celesoobraznosti razrabotki mestorozhdenij gruppoj kar'erov* (Reasoning on expediency of mineral mining by a batch of open pits), 1995.

6. Kaputin Ju.E. *Gornye komp'yuternye tehnologii i geostatistika* (Computer technologies in mining and the geostatistics), Saint-Petersburg, Nedra, 2002, 424 p.



**РУКОПИСИ,
ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»**

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ РАЗРАБОТКИ ТОРФЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

(1013/06-14 от 18.02.14, 3 с.)

Яконовская Т.Б. – кандидат экономических наук, e-mail: tby81@yandex.ru,

Жигульская А.И. – кандидат технических наук, e-mail: 9051963@gtgmail.com,

Жигульский М.А. – магистр техники и технологии, e-mail: maxim.zhigulsky@yandex.ru, Тверской государственный технический университет.

FEATURES OF ESTIMATION OF ECONOMIC EFFICIENCY OF TECHNOLOGIES OF DEVELOPMENT OF PEAT DEPOSIT

Yakonovskaya T.B., Zhigulskaya A.I., Zhigulskiy M.A.