УДК 622.014.2:652.012.2

Ю.Г.РОСЛАВЦЕВА, *инженер, магистр техники и технологии, Roslavtseva@mail.ru*
В.П.ФЕДОРКО, *д-р техн. наук, профессор, go_gor@istu.edu*
Национальный исследовательский иркутский государственный технический университет

J.G.ROSLAVTSEVA, *engineer, master of engineering and technology, Roslavtseva@mail.ru*
V.P.FEDORKO, *Dr. in eng. sc., professor, go_gor@istu.edu*
National Research Irkutsk State Technical University

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО РЕЖИМА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ, РАЗРАБАТЫВАЮЩИХ МАЛЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Изложен материал по установлению рационального режима горных работ при разработке малых месторождений. Предложена новая методика обоснования рационального варианта режима горных работ с помощью суммы текущих коэффициентов вскрыши за весь период отработки месторождения.

***Ключевые слова*:** открытые горные работы, малые месторождения, режимы, критерии оптимальности, методика.

RATIONALE MANAGEMENT REGIME ON THE COMPANIES WHO DEVELOP SMALL DEPOSITS

Given the material to establish a rational regime of mining operations in the development of small fields. A new method of study of rational treatment option with the mining operation the amount of current overburden coefficient for the entire period of mining the deposit.

***Key words*:** open pit mining, small-field regimes, optimality criteria, methodology.

Минеральная база России представлена значительным количеством маломасштабных (малых) месторождений либо месторождений с трудноизвлекаемыми, а нередко с трудноперерабатываемыми запасами, а также истощенными, остаточными, низкорентабельными, законсервированными участками месторождений. Большие капитальные вложения на освоение этих месторождений, требования рационального использования недр диктуют пересмотр традиционных подходов к их проектированию и эксплуатации.

По данным Министерства по природным ресурсам и охране окружающей среды РФ, в нефтедобывающей промышленности доля малых и средних месторождений в числе разрабатываемых и подготовленных к освоению составляет 74 %, в числе разведанных 82 %. Малых месторождений фосфоритов на территории Центрального района России насчитывается более 250 с общими запасами и прогнозными ресурсами около 5 млрд т. Из почти 3000 открытых месторождений золота на долю малых, т.е. с запасами до 10 т, приходится 98 %, причем подавляющая их часть коренные. Заметно увеличилась роль малых месторождений в производстве строительных материалов. Так, доля малых месторождений строительного камня составляет 82 %, а песчано-гравийных 87 %.

Одно из условий рационального природопользования состоит в том, что отработка месторождений полезных ископаемых должна осуществляться при оптимальных

параметрах горного предприятия. Установление границ открытых горных работ, планирование горных работ основывается на анализе распределения объемов вскрышных и добычных работ по годам отработки.

К настоящему времени сформированы и обоснованы несколько подходов к выбору рационального распределения объемов вскрышных и добычных работ:

• постоянные объемы вскрышных работ в течение всего срока отработки запасов;

• перенос объемов вскрышных работ на более поздние периоды эксплуатации месторождения;

• маневрирование извлекаемыми объемами вскрышных работ;

• извлечение больших объемов вскрышных работ в первые периоды отработки месторождения.

Отсутствие единого критерия влечет за собой принятие решения, целиком зависящее от знаний и опыта проектировщика.

В.В.Ржевский [3] рекомендовал использовать при выборе оптимального режима горных работ динамическое программирование, которое позволяет эффективно планировать рациональный режим горных работ. Сетевой график и табличная форма расчетов в сочетании с планом карьерного поля дают наглядное представление о возможных вариантах траекторий режима горных работ и весьма удобны для корректировки полученной оптимальной траектории, если она неприемлема по каким-либо технологическим причинам.

Динамический подход значительно повышает достоверность решения и влияет на результаты расчета, так как позволяет учесть такие факторы, как неравномерность объемов работ, затрат и прибыли в течение длительного срока оценки, разновременность затрат на вскрышные и добычные работы, изменчивость технико-экономических показателей и капитальных затрат в период эксплуатации.

В качестве экономического критерия при определении оптимального варианта ранее предлагалась прибыль или затраты за весь период отработки. При этом слагающие годовые значения прибыли или затрат должны быть предварительно дисконтированы.

Применение динамического программирования при выборе оптимального варианта с использованием современных экономических критериев влечет за собой многократное увеличение трудозатрат.

Выбор рационального режима горных работ осуществляется в несколько этапов.

1. Горно-геометрический анализ. Для наклонных и крутопадающих месторождений используется метод А.И.Арсентьева [1]. Использование его при проведении горно-геометрического анализа для малых месторождений в традиционной реализации дает чаще всего ограниченную область зоны регулирования. Данное обстоятельство затрудняет использование методов оптимизации режима горных работ.

Увеличение зоны регулирования позволяет оптимизировать режим горных работ не только при изменении направления первоначального фронта горных работ в последующей эксплуатации, но и варьировать параметрами системы разработки.

2. Выбор критерия оптимальности. Для небольших месторождений с их характерными особенностями (низким содержанием полезных компонентов, труднообогатимым составом руд, более сложными горно-техническими условиями залегания), когда в процессе эксплуатации возникает проблема пересмотра принятого решения, необходимо привлечение критерия, который позволит быстро и оптимально выбрать нужный вариант.

Все исследования по определению оптимального варианта распределения объемов вскрышных и добычных работ решаются по технологическим показателям и направлены на стабилизацию экономических показателей [2]. Из формулы для определения затрат видно, что общая сумма затрат прямо пропорциональна коэффициенту вскрыши:

$$Э_t = A_t\left(a_o\sum_{t=1}^{T}\frac{1}{(1+E)^t} + b\left[(n_0+n_1)\sum_{t=1}^{t_1}\frac{1}{(1+E)^t} + \right.\right.$$

$$\left.\left. + (n_0+n_2)\sum_{t=1}^{t_2}\frac{1}{(1+E)^t} + \ldots (n_0+n_i)\sum_{t=T-t_i+1}^{T}\frac{1}{(1+E)^t}\right]\right),$$

где A_t – годовая производительность карьера по руде, млн т; $a_д$ – себестоимость 1 т полезного ископаемого без учета затрат на вскрышные работы, руб.; T – продолжительность эксплуатации месторождения, годы; b – затраты на вскрышные работы, руб.; n_0 – первоначальный коэффициент вскрышных работ, м^3/м^3; E – норма дисконта.

Для выбора оптимального варианта распределения объемов вскрышных и добычных работ предлагается использовать технологический критерий, прямо пропорциональный эксплуатационным затратам, – сумму текущих коэффициентов вскрыши. При этом выбор оптимального режима горных работ отвечает стратегии поиска оптимальных решений, используемой в динамическом программировании.

Порядок выбора рационального распределения объемов вскрышных и добычных работ по предлагаемой методике следующий: для конкретного месторождения проводится горно-геометрический анализ. Конечной целью его является установление зоны регулируемого распределения объемов вскрышных и добычных работ. Затем в установленной зоне графика зависимости накопленных объемов вскрышных (V) и добычных (P) работ $V=f(P)$ назначаются варианты графиков режимов горных работ.

Для каждого варианта по этапам рассчитываются текущие коэффициенты вскрыши

$$K_{вi} = \frac{V_{вi} - V_{вi-1}}{V_{п.и.i} - V_{п.и.i-1}},$$

где $V_{вi}$ и $V_{вi\text{-}1}$ – объем вскрышных работ на i-м и $(i-1)$-м этапах, тыс.м^3; $V_{п.и.i}$ и $V_{п.и.i\text{-}1}$ – объем добычных работ на i-м и $(i-1)$-м этапах, тыс. м^3.

Далее на пути от последней точки графика $V=f(P)$ к начальной выбирается тот вариант, в котором сумма текущих поэтапных коэффициентов вскрыши минимальна.

При оценке вариантов распределения объемов вскрышных и добычных работ, разнящихся по продолжительности этапов, предлагается использовать сумму поэтапных взвешенных коэффициентов вскрыши:

$$\sum K_{вi} = К_{в1}t_1 + К_{в2}t_2 + ... + К_{вi}t_i,$$

где $K_{в1}$, $K_{в2}$, …, $K_{вi}$ – коэффициенты вскрыши 1-го, 2-го, …, i-го этапов; t_1, t_2, …, t_i – продолжительность этапов, годы.

Предлагаемая методика позволяет сократить время выбора оптимального варианта распределения объемов вскрышных и добычных работ и получить результат без проведения сложных экономических расчетов. Затем наиболее выгодные варианты, определенные по предложенным критериям, можно просчитать по экономическим показателям.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Арсентьев А.И.* Определение производительности и границ карьеров. М., 1970. 320 с.
2. *Арсентьев А.И.* Технико-экономические особенности поэтапной отработки карьерных полей. Развитие теории открытых горных работ. М., 1991. 321 с.
3. *Ржевский В.В.* Режим горных работ при открытой добыче угля и руды. М., 1957. 200 с.

REFERENCES

1. *Arsentiev A.I.* Definition of performance and boundaries quarries. Moscow, 1970. 320 p.
2. *Arsentiev A.I.* Feasibility especially phased mining career fields. The development of the theory of open cast mining. Moscow, 1991. 321 p.
3. *Rzhevskij V.V.* Mode of mining in open pit coal and ore. Moscow, 1957. 200 p.