

А. Ю. АГАБАЛЯН

СОВМЕСТНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ГРАНИЦ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КАРЬЕРА ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ОСВОЕНИИ НЕДР

Главными параметрами открытой разработки месторождений полезных ископаемых являются границы и производительность карьера, а вопросы их определения всегда находились в центре внимания многочисленных исследователей. Анализ предложенных ими методик позволяет сделать вывод о том, что почти во всех из них решение поставленных задач осуществлялось изолированно друг от друга, не учитывая взаимосвязи между главными параметрами карьера.

Основой методики определения границ карьеров является граничный коэффициент вскрыши, который, в отличие от других показателей коэффициентов вскрыши, является экономической категорией. Границы карьера (глубина) определяются из условия равенства граничного и контурного коэффициентов вскрыши. Как видно из вышеизложенного, в вопросе определения границ карьера исключительно важная роль отводится граничному коэффициенту вскрыши, объективно определенная величина которого только и может быть гарантом определения действительно оптимальной конечной глубины карьера.

Исходя из чрезвычайной важности данного вопроса, рассмотрим более подробно методологическую основу методик определения граничного коэффициента вскрыши, получивших наибольшее применение к настоящему времени.

Начало было положено работой М. И. Гобермана [1], который ввел в горную науку понятие предельного коэффициента вскрыши (термин «граничный» был введен позднее академиком В. В. Ржевским). При определении искомой величины автор исходил из условия равенства полных себестоимостей руды из открытых (с учетом себестоимости вскрыши) и подземных работ. Несмотря на то, что это было по-существу первым предложением, а может быть именно поэтому оно получило столь широкое распространение, что и в настоящее время является основой практически всех методик, с той лишь разницей, что принцип равенства себестоимостей обобщен и формулируется в настоящее время как принцип равенства предельно допустимых и необходимых полных затрат на добычу и переработку единицы полезного ископаемого. В течение многих десятилетий оживленная дискуссия идет по вопросу, что же именно понимать под «предельно допустимыми» и «необходимыми» затратами, оставив в тени главенствующий вопрос о самой принципиальной основе метода.

Величину граничного коэффициента вскрыши $K_{гp}$, определяемого

на основе приведенного выше условия, аналитически можно выразить в следующем виде:

$$K_{гр} = \frac{Z_{п.д} - Z_p}{Z_v}, \quad (1)$$

где $Z_{п.д}$ — предельно допустимые затраты; Z_p — полные затраты на руду (за вычетом затрат на вскрышу); Z_v — полные затраты на вскрышу.

Рассмотрим более подробно выражение (1). Входящие в нее величины Z_p и Z_v , независимо от того, что под ними подразумевается — себестоимость или приведенные затраты, зависят от производительности карьера, которая, как будет показано ниже, зависит от эксплуатационных запасов месторождения, а последние являются функцией глубины карьера. В конечном счете получается замкнутый круг вопросов: для определения конечной глубины карьера необходимо иметь значения величин Z_p и Z_v , которые нельзя определить не зная глубины карьера.

Таким образом, резюмируя вышеизложенное, можно сделать вывод о том, что сам принцип, на котором должна быть основана методика определения граничного коэффициента вскрыши, должен быть кардинально пересмотрен и базироваться на объективных исходных данных.

В работах [2, 3] решена рассматриваемая задача на основе целевой функции, выражающей максимизацию дифференциальной горной ренты за весь срок освоения эксплуатационных запасов полезного ископаемого. Принимая во внимание, что учет проблемы комплексного освоения недр стал назревшей необходимостью при разработке месторождений, решим поставленную задачу для этих условий. В этом случае очевидно, что целевая функция, помимо максимизации дифференциальной ренты по основному полезному ископаемому, должна учитывать также максимизацию дифференциальных рент по использованию пород вскрыши и хвостов обогащения.

Решив поставленную задачу аналогично методике, описанной в работах [2, 3], но на основе расширенной целевой функции, получим функцию граничного коэффициента вскрыши от оптимальной производительности карьера по базовому полезному ископаемому A_0 :

$$K_{гр} = d_1 - \frac{d_2}{A_0}, \quad (2)$$

$$\text{где } d_1 = \frac{(C_\phi K_k - C_x) \Pi_k}{(C_k - C_s) Z'_{пвт}} - \frac{Z'_{псх}}{Z'_{пвт}};$$

$$d_2 = \frac{Z'_n - (u + R_v) P_v - (f + R_s) P_x}{Z'_{пвт}};$$

C_ϕ , C_x , C_k — содержание полезного компонента, соответственно, в недрах, хвостах обогащения и концентратах (%). K_k — коэффициент

изменения качества руды при добыче, доли ед.; C^k — цена концентрата, руб/т; $Z'_{\text{пот}}$ — пропорциональная часть приведенных затрат на добычу и переработку 1 т руды (без учета затрат на вскрышу и амортизацию затрат на ГКР, строительство зданий и сооружений), руб/т; $Z'_{\text{пвг}}$ — пропорциональная часть приведенных затрат на 1 т вскрышных пород, руб/т; $Z''_{\text{п}}$ — пропорциональная часть приведенных затрат, постоянных в год, млн. руб/год; u, f — удельные приведенные затраты на транспортирование пород до отвалов, отвалообразование с последующей рекультивацией и на развитие хвостового хозяйства, с учетом цены земельных отводов, отчуждаемых под внешние отвалы и хвостохранилища, соответственно, руб/т; $K_{\text{в}}, R_{\text{x}}$ — дифференциальные ренты, получаемые от реализации соответственно вскрышных пород и хвостов обогащения, руб/т; $P_{\text{в}}, P_{\text{x}}$ — фиксированная годовая потребность соответственно во вскрышных породах и хвостах обогащения, млн. т/год.

Нетрудно убедиться, что, подставив в выражение коэффициента d_2 формулы (2) $P_{\text{в}} = P_{\text{x}} = 0$ (попутная продукция не используется) получим выражение граничного коэффициента вскрыши без учета комплексности освоения недр. Как показывает анализ полученной формулы, при комплексном использовании минеральных ресурсов месторождения величина граничного коэффициента вскрыши возрастает.

Предложенная методика определения граничного коэффициента вскрыши, несмотря на то, что она значительно повышает степень объективности получаемых результатов, также содержит элемент неопределенности, так как в этом случае аргументом является оптимальная производительность карьера A_0 . Неопределенность в этом случае выражается тем, что оптимальная производительность карьера зависит от величины эксплуатационных запасов полезного ископаемого, которая, очевидно, зависит от глубины карьера.

В работе [4] выведена зависимость оптимальной производительности карьера от эксплуатационных запасов, Q_3 при комплексном освоении недр имеет следующий вид:

$$A_0 = \sqrt{\frac{Z''_{\text{п}} - (u + R_{\text{в}})P_{\text{в}} - (f + R_{\text{x}})P_{\text{x}}}{K'_{\text{го}}} Q_3}, \quad (3)$$

где $K'_{\text{го}}$ — пропорциональная часть капиталовложений на ГКР, строительство зданий и сооружений, постоянная на единицу добытого полезного ископаемого, руб. год/т.

Устранить указанную неопределенность можно с помощью совместной оптимизации главных параметров карьера. Реализация основной идеи предлагаемой методики возможна как аналитическим, так и графо-аналитическим способами.

Суть аналитического способа заключается в следующем. Эксплуатационные запасы месторождения выражаются в виде функции от глубины карьера. При выдержанных с глубиной размерах рудного тела полученная зависимость будет прямолинейной, в противном слу-

чае—с помощью методов математической статистики устанавливается вид корреляционной зависимости запасов от глубины, которая подставляется в формулу (3), а последняя—в формулу (2). В результате получается зависимость граничного коэффициента вскрыши от глубины разработки.

Далее формула определения глубины карьера представляется в виде неявного уравнения (то есть уравнения, в правой части которого нуль), в которое вместо граничного коэффициента вскрыши подставляется его значение из преобразованного ранее выражения (2).

В идеализированном случае—при постоянной мощности рудного тела с выходом последнего на поверхность—получается неполное кубическое уравнение, а при наличии толщи наносов—полное кубическое уравнение, решаемое по формулам Кардано. Если же мощность рудного тела величина переменная, то есть величина эксплуатационных запасов связана с глубиной корреляционной зависимостью, то решение задачи осуществляется с помощью ЭВМ. Для этого случая автором составлена программа решения задачи на языке Бейсик.

Поставленную задачу можно решить также графо-аналитическим способом с помощью специальной номограммы (см. рис. 1). В первой четверти координатной плоскости строится график изменения нарастающих с глубиной объемов эксплуатационных запасов полезного ископаемого. В четвертой четверти строится график зависимости контурного коэффициента вскрыши от глубины карьера, а во второй—

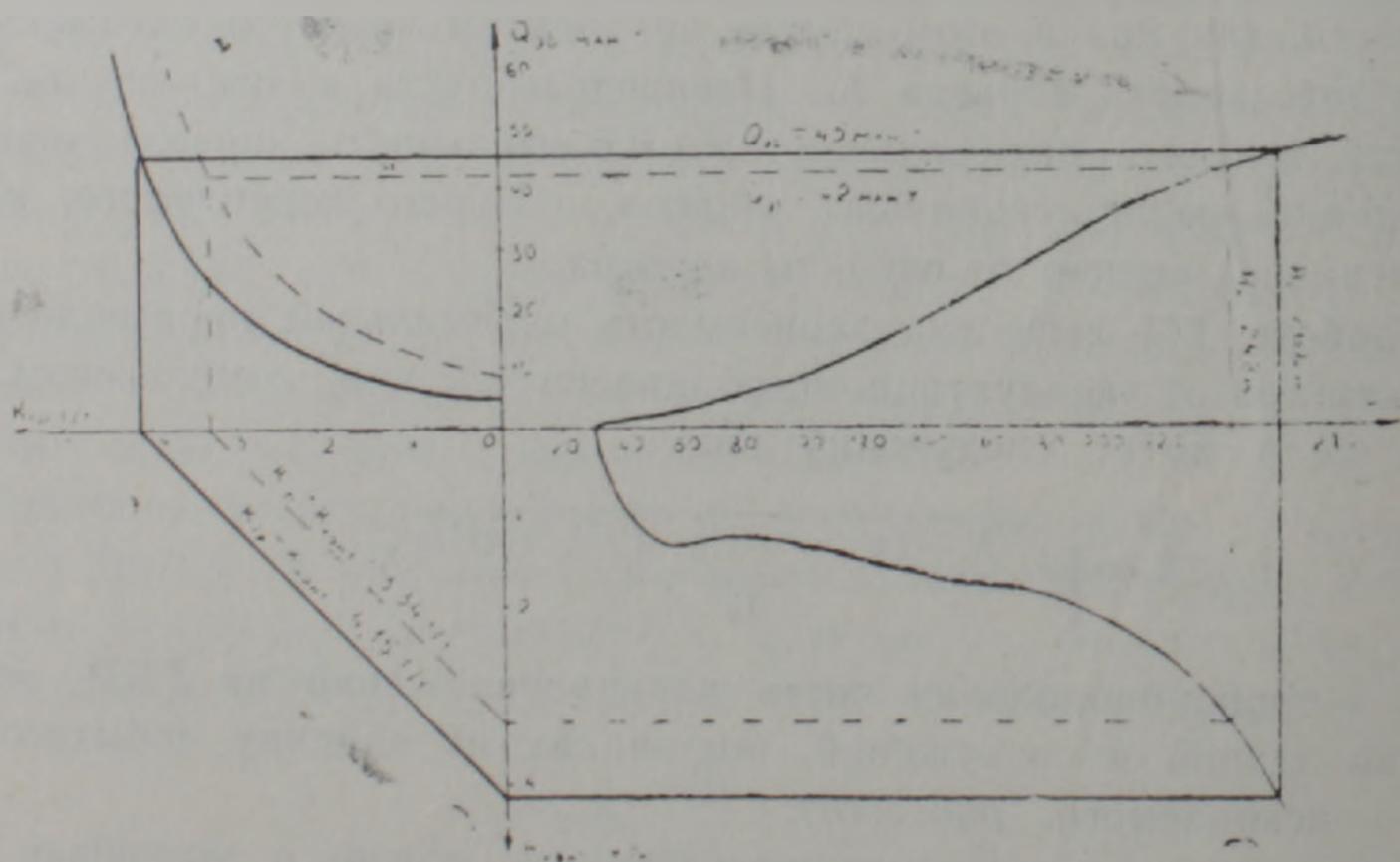


Рис. 1. Номограмма к определению границ карьера.

график зависимости граничного коэффициента вскрыши от величины эксплуатационных запасов.

Указанная зависимость, как было отмечено выше, получается путем подстановки в формулу (2) вместо оптимальной производительности карьера ее значения из формулы (3). Выше также было пока-

зано, что учет влияния комплексного освоения месторождения сказывается на возрастании граничного коэффициента вскрыши. Отмеченное обстоятельство отражено на графике, где сплошной линией показана зависимость граничного коэффициента вскрыши от запасов при учете влияния комплексности освоения, а пунктирной линией— без учета. Результатом решения по номограмме является то значение глубины карьера, при котором значение контурного коэффициента вскрыши равно граничному.

Таким образом, предложенная методика учитывает взаимозависимость главных параметров карьера, оптимальные значения которых определяются на основе единого критерия оптимальности и объективных исходных данных. При этом происходит полное соответствие друг другу показателей, изображенных на номограмме. По определенной глубине карьера определяются значения эксплуатационных запасов, на основе которых по формуле (3) определяется величина оптимальной производительности карьера.

Попутно отметим также благотворное влияние комплексности освоения недр, которое приводит к увеличению глубины разработки и эксплуатационных запасов полезного ископаемого.

Институт геологических наук
НАН РА

Поступила 3.III.1992.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гоберман М. И. Нахождение предельной глубины открытых работ.—Инженерный работник, 1927, № 4, с. 17—22.
2. Агабалян Ю. А. Обоснование лимитов содержаний и некоторые вопросы разработки месторождений.—Ереван: Айнастан, 1975, 200 с.
3. Агабалян Ю. А. Обоснование граничного коэффициента вскрыши.—Проблемы совершенствования технологии открытой разработки месторождений.—М.: ИПКОИ АН СССР, 1989, с. 18—29.
4. Агабалян А. Ю. Определение оптимальной производительности карьера с учетом комплексного освоения недр.—Народное хозяйство Армении, 1990, № 12, с. 38—45.