

## Прогнозирование и моделирование инновационного развития горнопромышленных предприятий

В.С. Жаров<sup>1</sup>, В.А. Цукерман<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Экономический факультет КФ ПетрГУ, Апатиты

<sup>2</sup> Институт экономических проблем КНЦ РАН, Апатиты

**Аннотация.** В статье предлагается методологический подход к решению задачи определения наиболее эффективных параметров эксплуатации месторождений в любой прогнозируемый период времени. Решение поставленной задачи необходимо для формирования блока сырьевых ресурсов общей имитационной динамической модели развития горнопромышленного предприятия.

**Abstract.** The paper considers the methodical approach for solving the task of identification of the most effective parameters of mineral deposits' development in any forecasted period. The solution of the problem is necessary for formation of the raw material resources' block of the general imitation dynamic model of mining enterprise development.

### 1. Введение

В настоящее время на долю инновационных технологий, продукции, оборудования в развитых странах приходится более 70 % прироста ВВП. Интенсивность инновационной деятельности во многом отражается на уровне экономического развития: в условиях усиливающейся конкуренции на мировой арене выигрывают именно те регионы и страны, которые обеспечивают благоприятные условия для инновационной деятельности (Цукерман, 2003а,б).

Регионы сырьевой направленности, имея очевидные конкурентные преимущества, состоящие не только в природных богатствах и многоотраслевой промышленности, но и в научно-техническом потенциале и квалифицированных кадрах, располагая научной базой, ежегодно должны производить наукоемкую продукцию. Однако число предприятий, осуществляющих инновации, не превышает 9 %. Сложившаяся ситуация требует действий, направленных на активизацию инновационной деятельности предприятий.

В работе (Жаров, 1998) нами показано, что в условиях развития рыночной экономики основным методом моделирования развития различных экономических систем является имитационное моделирование на основе выделения реальных взаимосвязей между экономическими показателями. В этой же работе предложена концепция разработки системы моделей развития экономики субъекта федерации – региона сырьевой направленности. Основой такой системы является динамическая имитационная модель развития предприятия. В работе (Жаров, 1998) представлена общая характеристика различных взаимосвязанных между собой блоков этой модели с подробным изложением (в виде алгоритма действий) экономической части производственного блока. Блок внешнего финансирования подробно рассмотрен нами в работе (Жаров, 2000а), а экологический блок – в работе (Жаров, 2000б).

Взаимосвязь и взаимозависимость производственно-экономического и финансового блоков позволяет реализовать имитационную модель для кратко- и среднесрочного прогнозирования развития экономики любого субъекта федерации, не имеющих на своей территории крупных предприятий сырьевого типа, в значительной степени загрязняющих окружающую среду.

Для прогнозирования долгосрочного развития экономики регионов сырьевой направленности требуется включение в имитационную модель развития крупных предприятий, добывающих и перерабатывающих минеральное сырье, блока сырьевых ресурсов.

### 2. Прогнозирование и моделирование инновационного развития горнопромышленных предприятий

Процесс прогнозирования предприятий и отраслей, добывающих и перерабатывающих минеральное сырье, неразрывно связан с двумя важными понятиями – экономической оценкой минерально-сырьевых ресурсов и моделированием. Экономическая оценка представляет собой процесс определения пригодности источников минеральных ресурсов для их промышленной эксплуатации при сложившемся на момент проведения оценочных работ уровне технологии производства и ценах на выпускаемую из минерального сырья продукцию, суть которой состоит в соизмерении извлекаемой из

сырья ценности и затрат (капитальных и текущих) на его добычу и переработку, включая затраты на геолого-разведочные работы. Моделирование же (имея ввиду математическое и экономико-математическое моделирование, т.е. формализованное описание структуры и/или функций различных объектов) является основным методологическим подходом к прогнозированию объектов, входящих в состав минерально-сырьевых отраслей, во всяком случае, на средне- и долгосрочный период до 10-15 лет, поскольку иначе не представляется возможным на научном уровне отразить все то многообразие свойств, связей подсистем и входящих в них элементов, а также выполняемых ими функций, которые могут возникать в прогнозируемом периоде и, соответственно, оказывать воздействие на результаты прогноза.

Процесс выбора наиболее эффективного источника сырья или же варианта использования источника сырья является процессом итеративным, что при большом числе возможных вариантов приводит к необходимости использования ЭВМ. Конечно, по результатам предварительной и детальной разведки месторождений производится оконтуривание и подсчет запасов в нескольких вариантах среднего и бортового содержания полезного компонента. При использовании ЭВМ число вариантов может быть достаточно большим. Для каждого варианта намечаются технологические схемы добычи руды, ее обогащения и переработки (Русанов, 1987), после чего рассчитываются необходимые технико-экономические показатели. Однако в перспективном периоде могут меняться условия функционирования действующего предприятия, которое будет использовать ранее оцененное месторождение. Могут измениться и цены на товарную продукцию, и объем спроса на нее, и объем эксплуатационных затрат, и технология производства, и, наконец, условия финансирования развития предприятия. Все это в конечном счете потребует осуществлять выбор наиболее эффективных вариантов использования сырья на каждом шаге прогнозирования в течение всего прогнозируемого периода, а это уже свидетельствует о целесообразности моделирования взаимосвязей геологических, горнотехнических и экономических параметров оцениваемого источника сырья. Данное обстоятельство становится еще более существенным, когда требуется оценивать источник сырья на ранних стадиях его геологического изучения. В этих случаях практически отсутствует более или менее достоверная геологическая информация, и определить прямые взаимосвязи между вышеуказанными параметрами практически не представляется возможным.

До настоящего времени еще не существует общей комплексной геолого-горно-экономической модели месторождения или же какого-либо другого источника минерального сырья, хотя в отдельных областях геологии, горного дела и экономической оценки минерального сырья проблеме моделирования соответствующих показателей уделяется достаточно большое внимание.

В практике работ по экономической оценке использования минерального сырья, особенно на ранних стадиях его геологической изученности, нелинейный характер зависимости себестоимости добычи сырья и капитальных вложений в возможную эксплуатацию месторождения или рудопроявления от масштабов запасов сырья обычно отображают путем нахождения корреляционно-регрессионной связи между соответствующими затратами и годовой производительностью горнорудного предприятия (Герт, 1987; Русанов, 1987). При этом для открытого способа разработки месторождений рассчитывают несколько регрессионных зависимостей для задаваемых интервалов изменения коэффициента вскрыши, поскольку именно объем вскрышных пород в наиболее сильной степени определяет величину удельных текущих и капитальных затрат при добычных работах (Харченков, 1987).

В качестве решения задачи определения наиболее эффективных параметров эксплуатации месторождения в каждый прогнозируемый период времени (год, 5 лет) предлагается следующий методологический подход, основа которого рассмотрена в (Жаров, 1998).

При оценке экономической эффективности технологических вариантов добычи руды формула расчета единицы себестоимости продукции представляется следующим образом:

$$C = X + K_{\phi}^{\text{пас}} \cdot \kappa_{\text{пас}} \cdot (1 + p)/A \cdot T_3 \cdot (1 - q) + K_{\phi}^{\text{акт}} \cdot (K - K_{\text{пас}}) \cdot N/A + 3_0 A_0 a/A + \beta 3_0, \quad (1)$$

где  $X$  – затраты, изменяющиеся в зависимости от основных параметров разрабатываемой технологии;  $K$  – инвестиции, необходимые для реализации разрабатываемой технологии;  $N$  – норма амортизации основных фондов в долях ед.;  $A$  и  $A_0$  – годовая производительность по выпуску продукции, соответственно, по новому и базовому вариантам технологии в натур. ед.;  $3_0$  – затраты на получение единицы продукции без учета затрат по основным изменяющимся статьям и амортизации;  $a$  и  $\beta$  – соответственно, условно-постоянные и условно-переменные расходы в затратах  $3_0$  в долях единицы;  $K_{\text{пас}}$  и  $(K - K_{\text{пас}})$  – инвестиции, относимые на создание пассивной и активной частей основных производственных фондов рудника;  $K_{\phi}^{\text{пас}}$  и  $K_{\phi}^{\text{акт}}$  – коэффициенты перевода объема инвестиций в стоимость пассивной и активной частей основных производственных фондов;  $T_3$  – срок эксплуатации

месторождения;  $p$  – коэффициент разубоживания руды;  $q$  – коэффициент потери запасов руды при добыче.

В этой формуле выражение  $[(K_{\phi}^{\text{пас}} \cdot K_{\text{пас}}(1 + p)]/[A \cdot T_0(1 - q)]$  представляет собой часть амортизационных отчислений в себестоимости добычи 1 т руды, связанную с наличием пассивной части основных производственных фондов, необходимых для эксплуатации месторождения за весь срок его отработки, так как справедливо следующее равенство:

$$P_0 = T_0 A (1 - q) / (1 + p), \quad (2)$$

где  $P_0$  – эксплуатационные запасы руды на месторождении;  $A$  – средняя годовая производительность рудника по добыче руды.

В связи с этим формулу (1) можно представить и в следующем виде:

$$C = X + K_{\phi}^{\text{пас}} \cdot K_{\text{пас}} / P_0 + K_{\phi}^{\text{акт}} (K - K_{\text{пас}}) \cdot N / A + 3_0 A_0 a / A + \beta 3_0. \quad (3)$$

Предположим, что на каком-либо шаге прогнозирования, исходя из спроса на выпускаемую предприятием продукцию, требуется либо увеличить, либо уменьшить добычу руды на конкретном руднике. При этом нам известны, исходя из прогнозных расчетов на предыдущем шаге прогнозирования, значения всех показателей, отраженных в вышеприведенной формуле, кроме показателя  $A$ . Саму же формулу преобразуем в следующий вид:

$$C_n = (X_0 + \Delta X + O\Phi_0^{\text{пас}} + K_{\phi}^{\text{пас}} \cdot \Delta K_{\text{пас}}) / P_0 + O\Phi_0^{\text{акт}} + K_{\phi}^{\text{акт}} \cdot \Delta K_{\text{акт}} \cdot N / A + 3_0 A_0 a / A + \beta 3_0, \quad (4)$$

где  $C_n$  – предельное значение себестоимости добычи одной тонны руды в прогнозируемом периоде;  $\Delta X$  – изменение в прогнозируемом периоде части себестоимости добычи одной тонны, связанное с горно-техническими факторами;  $\Delta K_{\text{пас}}$  и  $\Delta K_{\text{акт}}$  – возможное предельное увеличение в прогнозируемом периоде объема инвестиций, направляемых на прирост пассивной или активной части основных производственных фондов;  $O\Phi_0^{\text{пас}}$  и  $O\Phi_0^{\text{акт}}$  – объемы основных производственных фондов в пассивной и активной их форме, определяемые на предыдущем шаге прогнозирования.

Пусть на основе прогнозных расчетов в производственно-финансовом блоке имитационной модели развития предприятия определены предельные значения показателей  $C_n$  и  $\Delta K$  ( $\Delta K = \Delta K_{\text{пас}} + \Delta K_{\text{акт}}$ ), а также желательное значение показателя  $A$ . В таком случае из последнего выражения можно определить и предельное значение  $\Delta X$ . Если в процессе предпрогнозных исследований была определена зависимость изменения ведущих факторов горной технологии, определяющих изменение себестоимости добычи 1 т руды при вариации годовой производительности рудника по добыче руды (например, при открытых горных работах таким фактором является прежде всего коэффициент вскрыши), то таким образом, зная величину  $A$ , можно рассчитать и фактически необходимое значение  $\Delta X$ . В случае, если оно оказалось меньше предельно допустимого уровня, тогда себестоимость добычи 1 т руды пересчитывается в сторону понижения и, соответственно, в производственно-финансовом блоке модели пересчитываются другие, связанные с  $C_n$ , показатели. В противном же варианте потребуется корректировка основных управляющих параметров имитационной модели развития предприятия, либо перерасчет технико-экономических параметров добычи на других рудниках предприятия (если они имеются), либо совершенствование технологии переработки руды с повышением коэффициента извлечения полезных компонентов (если предприятие имеет в своем составе и производство, перерабатывающее сырье).

С разработкой блока сырьевых ресурсов законченной становится модель имитационного развития предприятия, позволяющая осуществлять прогнозные расчеты всех необходимых экономических, финансовых и технико-технологических показателей.

### 3. Заключение

Анализируя результаты, достигнутые в области моделирования геологических, технологических и экономических показателей использования минерального сырья, можно сделать следующие выводы:

1) В отдельных областях моделирования показателей геологических, геолого-разведочных и горных работ уже достигнуты значительные успехи и в принципе для конкретного предприятия может быть создана имитационная модель, увязывающая указанные показатели в единое целое, однако она будет довольно сложной.

2) В условиях рыночной экономики в прогнозном периоде затраты на отработку источников минерального сырья будут определяться не только видом этого источника и его характерными

особенностями, но и внутренней и внешней средой предприятия, а также его финансовыми возможностями в этот период, следовательно, любые статистические зависимости экономических показателей от горно-технических, найденные в настоящее время, в перспективе не будут соответствовать действительности.

3) Включение блока сырьевых ресурсов в общую имитационную динамическую модель развития предприятия может быть осуществлено путем расчета в производственном блоке модели предельных значений себестоимости добычи и переработки сырья и предельных значений объема капитальных затрат, на основе которых уже могут определяться наиболее эффективные горно-технические и технологические показатели (объем запасов, эффективных для отработки; среднее содержание полезных компонентов в руде; годовая производительность предприятия по добыче руды и т.д.) по соответствующим имитационным горно-геологическим моделям.

## **Литература**

- Герт А.А.** Экономико-математические модели поисков, разведки и освоения месторождений минерального сырья. *М., Недра*, 119 с., 1987.
- Жаров В.С.** Управление развитием экономики региона. *Петрозаводск, ПетрГУ*, 168 с., 1998.
- Жаров В.С.** Моделирование и прогнозирование финансовой сбалансированности предприятий и отраслей региональной экономики. *Петрозаводск, ПетрГУ*, 49 с., 2000.
- Жаров В.С.** Согласование интересов предприятий и региона в сфере природопользования. *Петрозаводск, ПетрГУ*, 28 с., 2000.
- Русанов Д.К.** Экономическая оценка минеральных ресурсов. *М., Недра*, 196 с., 1987.
- Харченко А.Г.** Принципы и методы прогнозирования минеральных ресурсов. *М., Недра*, 230 с., 1987.
- Цукерман В.А.** Проблемы научно-инновационной стратегии регионов Севера. *В сб.: Темпы и пропорции социально-экономических процессов в регионах Севера. Апатиты, КНЦ РАН*, с.122-124, 2003а.
- Цукерман В.А.** Инновационная экономика и развитие горнопромышленного комплекса. *Там же*, с.135-145, 2003б.