

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ В МОДЕЛИ «ЗАПАСЫ–ПРИБЫЛЬ»**

Посвящена моделированию качественной динамики основных показателей хозяйственной системы горнодобывающего предприятия. Разработана математическая модель хозяйственной системы горнодобывающего предприятия в форме системы однородных дифференциальных уравнений, имитирующей потоки запасов и прибыли в хозяйственной системе горнодобывающего предприятия.

**Ключевые слова:** запасы, прибыль, сырьевой товар, горнодобывающее предприятие, система дифференциальных уравнений.

**P.A. VAYSERO**  
*post-graduate student of Amur State University,  
Blagoveschensk  
e-mail: cud@list.ru*

## **ECONOMIC SYSTEM DYNAMICS FORECASTING FOR A MINING ENTERPRISE USING THE «RESOURCES AND PROFIT » MODEL**

The article deals with the modeling of qualitative dynamics of the key indices for the economic system of a mining enterprise. A mathematical model is developed for the mining enterprise economic system in a form of homogeneous differential equations which simulates resources and profit flows in the mining enterprise economic system.

**Keywords:** resources, profit, raw materials, mining enterprise, system of differential equations.

Рост скорости экономических процессов выявил неспособность современных эконометрических моделей адекватно прогнозировать динамику экономических процессов [2]. Следствием этого являются периодические случающиеся экономические кризисы. Прогнозирование динамики показателей горнодобывающих предприятий — актуальная проблема современной экономической науки вследствие высокого удельного веса горнодобывающих отраслей в ВВП РФ [1].

В настоящей статье нами предложена модель прогнозирования динамики хозяйственной системы горнодобывающего предприятия методом математического моделирования потока запасов сырьевого товара и потока прибыли от реализации добытого сырьевого товара.

Для моделирования хозяйственной системы горнодобывающего предприятия нами использована эволюционная модель — система обыкновенных дифференциальных уравнений с одним управляющим параметром — цена на сырьевой товар [5].

Рассмотрим хозяйственную систему некоторого горнодобывающего предприятия при следующих ограничениях:

- горнодобывающее предприятие производит один вид товара;
- весь объем произведенного товара реализуется на рынке по рыночной цене, незавершенное производство отсутствует;
- горнодобывающее предприятие не имеет возможности существенного воздействия на цену реализуемого сырьевого товара;

– кредитные ресурсы являются недоступными.

Прибыль предприятия распределяется на инвестиционные цели и неинвестиционные цели:

$$Y = I + C, \quad (1)$$

где  $Y$  — объем полученной прибыли;  $I$  — расходы из прибыли на инвестиционные цели;  $C$  — расходы из прибыли на неинвестиционные цели.

В структуре инвестиционных расходов выделим инвестиции в воспроизводство геологической информации:

$$I = I_g + I_o,$$

где  $I_g$  — инвестиции в воспроизводство геологической информации;  $I_o$  — прочие инвестиции.

Следовательно, равенство (1) преобразуется в  $Y = I_g + I_o + C$ .

Разделим и умножим на общую величину прибыли, получим равенство

$$Y = i_g Y + i_o Y + c Y,$$

где  $i_g$  — норма инвестиций в воспроизводство геологической информации ( $I_g / Y$ );  $i_o$  — норма прочих инвестиций ( $I_o / Y$ );  $c$  — норма потребления ( $C / Y$ ).

Общее изменение объема балансовых запасов  $\Delta Z$  обозначим как

$$\Delta Z = \Delta Z_+ - \Delta Z_-,$$

где  $\Delta Z_+$  — прирост геологической информации о балансовых запасах руды, содержащей сырьевой товар, в результате инвестиций в воспроизводство геологической информации;  $\Delta Z_-$  — уменьшение геологической информации о балансовых запасах руды, содержащей сырьевой товар, в результате процесса производства сырьевого товара.

Для построения модели введем два технологических коэффициента системы:

1.  $\alpha_1$  — коэффициент эффективности инвестиций в воспроизводство геологической информации. Он характеризует скорость преобразования инвестиций в воспроизводство геологической информации.  $\alpha_1 = \Delta Z_+ / \Delta I_g$ . Величина коэффициента зависит от технологии получения геологической информации.

2.  $\alpha_2$  — коэффициент содержания сырьевого товара. Он характеризует норму извлечения сырьевого товара из запасов.  $\alpha_2 = \Delta q / \Delta Z_-$ , где  $q$  — объем извлеченного сырьевого товара. Величина коэффициента

зависит от технологии извлечения сырьевого товара из запасов и качества запасов.

Введем показатель нормы вовлеченности запасов в процесс производства  $i_{ex}$ . Норма вовлеченности запасов  $i_{ex} = \Delta Z_- / Z$  соответствует доле запасов сырьевого товара, используемых в процессе производства.

Исходя из анализа параметров безубыточности определим критическую цену на сырьевой товар, при которой предприятие не получает прибыль, —  $p_{крит}$ .

Таким образом, для характеристики системы «запасы–прибыль» нами может быть использована одна из модификаций модели «хищник–жертва» [6].

$$\begin{cases} \frac{dZ}{dt} = \alpha_1 i_g Y - i_{ex} Z, \\ \frac{dY}{dt} = \alpha_2 \frac{p_G - p_{крит}}{p_{крит}} i_{ex} Z, \end{cases} \quad (2)$$

где  $dZ / dt$  — прирост геологической информации о балансовых запасах руды, содержащей сырьевой товар;  $dY / dt$  — прирост прибыли от реализации добытого сырьевого товара;  $p_G$  — цена на сырьевой товар на мировом рынке.

В модели (2) присутствуют два параметра, прямо регулируемые руководящими органами хозяйствующего субъекта, —  $i_g$  и  $i_{ex}$ . Регулирование значения  $i_g$  осуществляется путем распределения управляющими органами хозяйствующего субъекта потока прибыли на инвестиционные цели. Регулирование значения  $i_{ex}$  осуществляется путем постановки плановых заданий в части объема производства сырьевого товара.

Технологические параметры  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  являются условно постоянными вследствие медленного характера изменений в технологии получения геологической информации и технологии извлечения сырьевого товара. Параметр  $p_{крит}$  также является условно постоянным в краткосрочном периоде.

Параметр  $p_G$  представляет собой быстроменяющуюся величину и управляющий параметр системы в краткосрочном периоде. В среднесрочном и долгосрочном периодах управляющим параметром системы (2) выступает соотношение  $p_G - p_{крит}$ . Именно от знака соотношения  $p_G - p_{крит}$  зависит динамика объема прибыли. При  $p_G - p_{крит} > 0$  в системе наблюдается экспоненциальный рост прибыли от продаж сырьевого товара,

а при  $p_G - p_{\text{крит}} < 0$  — снижение прибыли от продаж сырьевого товара. Предельный случай  $p_G - p_{\text{крит}} = 0$  характеризует неустойчивое состояние.

Рассмотрим фазовый портрет модели (2) более подробно.

Решение системы (2) находится в следующей форме [4]:

$$\begin{cases} Z = c_1 \exp k_1 t + c_2 \exp k_2 t, \\ Y = c_1 \beta_1 \exp k_1 t + c_2 \beta_2 \exp k_2 t, \end{cases}$$

где  $\beta_1, \beta_2$  — решения уравнения

$$\alpha_1 i_g \beta^2 - i_{\text{ex}} \beta - \alpha_2 \frac{p_G - p_{\text{крит}}}{p_{\text{крит}}} = 0;$$

$k_1, k_2$  — решения уравнения

$$k^2 + i_{\text{ex}} k - \alpha_1 \alpha_2 i_g \frac{p_G - p_{\text{крит}}}{p_{\text{крит}}} = 0. \quad (3)$$

Фазовый портрет системы (2) зависит от значений параметров уравнения (3) [3]. Решения данного уравнения имеют вид

$$k_{1,2} = \frac{-i_{\text{ex}} \pm \sqrt{i_{\text{ex}}^2 + 4\alpha_1 \alpha_2 i_g \frac{p_G - p_{\text{крит}}}{p_{\text{крит}}}}}{2}.$$

Рассмотрим условия существования различных фазовых портретов системы (2):

1.А. Устойчивый узел. Условия осуществления данного фазового портрета:  $k_1$  и  $k_2$  действительны, различны и отрицательны.

$$\begin{cases} i_{\text{ex}} > \sqrt{i_{\text{ex}}^2 + 4\alpha_1 \alpha_2 i_g \frac{p_G - p_{\text{крит}}}{p_{\text{крит}}}}, \\ i_{\text{ex}}^2 + 4\alpha_1 \alpha_2 i_g \frac{p_G - p_{\text{крит}}}{p_{\text{крит}}} > 0. \end{cases}$$

Хозяйственная система горнодобывающего предприятия в ситуации фазового портрета «устойчивый узел» характеризуется стремлением параметров объема геологической информации и прибыли от реализации сырьевого товара к равновесному значению.

Данный фазовый портрет характерен для горнодобывающих предприятий, сокращающих деловую активность (при наличии точки равновесия вблизи начала координат), и для горнодобывающих предприятий, хозяйственная система которых находится в поиске нового равновесия (например, при введении новых технологий извлечения сырьевого товара).

1.Б. Неустойчивый узел. Условия осуществления данного фазового портрета:  $k_1$  и  $k_2$  действительны, различны и положитель-

ны. Реализация данного фазового портрета в системе (2) невозможна.

2. Седловая точка. Условия существования:  $k_1$  и  $k_2$  действительны, различны и имеют разный знак.

$$\begin{cases} i_{\text{ex}} < \sqrt{i_{\text{ex}}^2 + 4\alpha_1 \alpha_2 i_g \frac{p_G - p_{\text{крит}}}{p_{\text{крит}}}}, \\ i_{\text{ex}}^2 + 4\alpha_1 \alpha_2 i_g \frac{p_G - p_{\text{крит}}}{p_{\text{крит}}} > 0. \end{cases}$$

Фазовый портрет характеризуется сложной динамикой, обтеканием точки равновесия и зависит от значений параметров хозяйственной системы горнодобывающего предприятия.

3. Устойчивый фокус, неустойчивый фокус, центр. Условия существования фазового портрета «устойчивый фокус»:  $k_1$  и  $k_2$  комплексно сопряжены.

$$i_{\text{ex}}^2 + 4\alpha_1 \alpha_2 i_g \frac{p_G - p_{\text{крит}}}{p_{\text{крит}}} < 0.$$

Реализация фазового портрета «неустойчивый фокус» в системе (2) невозможна.

В хозяйственной системе горнодобывающего предприятия данный фазовый портрет может существовать в условиях отрицательной рентабельности продаж сырьевого товара. Параметры хозяйственной системы горнодобывающего предприятия асимптотически стремятся к точке равновесия.

4. Узел. Условия существования данного фазового портрета:  $k_1$  и  $k_2$  равны.

$$i_{\text{ex}}^2 + 4\alpha_1 \alpha_2 i_g \frac{p_G - p_{\text{крит}}}{p_{\text{крит}}} = 0.$$

В хозяйственной системе горнодобывающего предприятия данный фазовый портрет может существовать в условиях отрицательной рентабельности и сокращения экономического потенциала хозяйствующего субъекта.

5. Множественное равновесие. Условия существования данного фазового портрета:  $k_1$  и (или)  $k_2$  равны (равен) нулю.

На основании модели (2) возможно прогнозирование основных параметров динамики хозяйственной системы горнодобывающих предприятий.

Разработанная в настоящей статье модель «запасы–прибыль» успешно апробирована на показателях золотодобывающего предприятия ОАО «Покровский рудник» для периода 2004–2008 гг.

**Список использованной литературы**

1. База данных по макроэкономическим параметрам РФ, субъектов РФ. Госкомстат РФ. Официальный сайт. Центральная база статистических данных [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gks.ru/dbscripts/Cbsd/DBInet.cgi>.
2. Занг В.-Б. Синергетическая экономика: Время и перемены в нелинейной экономической теории: пер. с англ. М., 1999.
3. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах: пер. с англ. М., 1979.
4. Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления. М., 1985. Т. 2.
5. Попков В.В., Берг Д.Б. Эконофизика и эволюционная экономика — перспективное направление исследований: материалы 1-й Всерос. Интернет-конф. по проблемам эконофизики и эволюционной экономики, Екатеринбург, 12–18 апр. 2004 г. Екатеринбург, 2004.
6. Пугачева Е.Г., Соловьев К.Н. Самоорганизация социально-экономических систем. Иркутск, 2003.

**Bibliography (transliterated)**

1. Baza dannykh po makroekonomicheskim parametram RF, sub'ektov RF. Goskomstat RF. Ophitsial'nyi sait. Tsentral'naya baza statisticheskikh dannykh [Elektronnyi resurs]. URL: <http://www.gks.ru/dbscripts/Cbsd/DBInet.cgi>.
2. Zang V-B Sinergeticheskaya ekonomika: Vremya i peremeny v nelineinoy ekonomicheskoy teorii: per. s angl. M., 1999.
3. Nikolis G., Prigozhin I. Samoorganizatsiya v neravnovesnykh sistemakh: per. s angl. M., 1979.
4. Piskunov N.S. Differentsial'noe i integral'noe ischisleniya. M., 1985. T. 2.
5. Popkov V.V., Berg D.B. Econophizika i evolyutsionnaya ekonomika - perspektivnoe napravlenie issledovaniy: materialy 1-i Vseros. Internet-conf. po problemam econophiziki i evolyutsionnoy ekonomiki, Yekaterinburg, 12–18 apr. 2004 g. Yekaterinburg, 2004.
6. Pugacheva E.G., Solov'enko K.N. Samoorganizatsiya sotsial'no-ekonomicheskikh sistem. Irkutsk, 2003.