

Н. И. Курышев, Т. А. Шмелева

## ОПТИМАЛЬНАЯ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПРОИЗВОДСТВ РЕГИОНА

Предложен критерий эколого-экономической эффективности региона и получено решение задачи оптимального планирования товарных выпусков в условиях сложившейся структуры производств региона.

Фундаментальные вопросы эколого-экономического управления регионами получили широкое развитие в трудах В. И. Гурмана [4, 8] и его последователей [3]. Особый вес данные исследования приобрели после Конференции ООН по окружающей среде и развитию [1]. Балансы устойчивого развития нефтегазодобывающих регионов — важнейшая тема многочисленных конференций и выставок, проводимых в Тюменской области [6].

Данная работа посвящена вопросам эколого-экономического планирования объемов товарного производства в регионах со сложившейся промышленной инфраструктурой с учетом экологических факторов, связанных с производством, вторичным использованием и размещением отходов [2].

В статье рассматривается следующая задача.

Пусть  $X \in R^{n_1}$  — пространство полезных (товарных) выпусков (продукты, работы, услуги и т. п.), определяемое производственной деятельностью региона и включающее  $n_1$  наименований, а  $x_i \in X$  неотрицательный вектор выпусков  $i$ -ого предприятия,  $i \in \{1, \dots, np\}$ , где  $np$  — количество предприятий региона. Каждое предприятие характеризуется объемом производимых отходов, удовлетворяющим нормативным условиям [7]

$$m_i = D_i x_i \in M,$$

где  $M \in R^{n_2}$  — пространство отходов с типизированной номенклатурой из  $n_2$  наименований. Всякое производство связано с потреблением ресурсов —  $s_i = [sx_i, sl_i, sv_i, sm_i]^T$ , которое также нормируется:

—  $sx_i = A_i x_i \in X$  — ресурсы (сырье, работы, услуги и т. п.), входящие в товарную группу производств региона;

—  $sl_i = r_{li}^T x_i + sl_{0i} \in R^1$  — трудовые ресурсы, необходимые для функционирования производства (количество людей (труда), занятых на  $i$ -м предприятии);

—  $sv_i = R_{vi} x_i \in V \subset R^{n_3}$  — ресурсы, не производимые в регионе (импортные поставки);

—  $sm_i = R_{mi} x_i \in M$  — отходы, используемые как вторичное сырье.

Среди компонент вектора  $m_i$  не учитываются те отходы, которые  $i$ -м же предприятием используются в виде сырья. Нас будут интересовать свойства взаимной полезности предприятий в смысле совместного использования отходов как вторичного сырья, т. е.  $sm_i > 0$ , но  $sm_i^T m_i = 0$ .

В соответствии с введенными обозначениями, можно определить суммарные векторы эколого-экономического состояния региона.

Общий объем произведенных товарных выпусков (продуктов, изделий, услуг, работ и т. п.)

$$x = \sum_1^{np} x_i, \quad x_i \leq x_{i+},$$

где  $x_{i+}$  — предельно возможный объем выпусков  $i$ -ого предприятия, определяемый мощностью основных фондов.

Общий объем производимых отходов

$$m = \sum_1^{np} m_i = \sum_1^{np} D_i x_i. \quad (1)$$

Суммарное количество ресурсов производственного потребления, входящих в номенклатуру товаров, выпускаемых в регионе, т. е.

$$sx = \sum_1^{np} sx_i = \sum_1^{np} A_i x_i \in X. \quad (2)$$

Необходимое количество трудовых ресурсов региона, определяемое производственной деятельностью

$$sl = \sum_1^{np} sl_i = \sum_1^{np} r_{li}^T x_i + sl_0, \quad sl_0 = \sum_1^{np} sl_{0i} \quad (3)$$

Объем потребления ресурсов производственного назначения по импорту (не производимые в регионе)

$$sv = \sum_1^{np} sv_i = \sum_1^{np} R_{vi} x_i \quad (4)$$

Суммарная взаимная потребность в отходах как вторичном сырье

$$sm = \sum_1^{np} sm_i = \sum_1^{np} R_{mi} x_i \in M \quad (5)$$

Способность предприятий региона в максимальной степени поглощать отходы друг друга свидетельствует об оптимальном экологическом устройстве региона.

Пусть  $c_m$  — вектор норматива плат за размещение отходов. Тогда суммарный экологический ущерб территории можно вычислить по выражению:  $\Phi_m^+ = c_m^T m$ , однако в силу взаимного потребления отходов как вторичного сырья эта величина уменьшается до значения\*

$$\Phi_m = c_m^T (m - sm)_+$$

что и будет в денежном выражении характеризовать суммарную экологическую ущербность территории. Однако в силу объявленных производств возможные ненулевые значения вектора  $(sm - m)_+$  (поставки вторичного сырья (отходов) по импорту) могут рассматриваться как дополнительная статья доходов региона за счет утилизации и вторичного использования отходов других территорий. В простейшем случае это оценивается выражением

$$J_m = c_m^T (sm - m)_+ \quad (6)$$

Вводя доход (6), следует учесть возможность вывоза размещаемых отходов  $(m - sm)_+$  в сопредельные регионы. Указанное обобщение здесь не рассматривается.

Пусть  $c_x$  — цены на товарные выпуски региона. Тогда доход от продаж с учетом объемов собственного потребления может быть вычислен по выражению

$$J_x = c_x^T (x - sx)_+$$

Общие затраты по всему региону образуют сумму

$$\Phi_s = c_x^T (sx - x)_+ + c_l^T sl + c_v^T sv,$$

где  $c_x^T (sx - x)_+$  — затраты на дополнительные поставки по импорту товаров, производимых в регионе;  
 $c_l^T sl$  — затраты на труд;

$c_v^T sv$  — затраты по импорту сырья, не производимого в регионе.

Из введенных определений следует показатель эколого-экономической эффективности региона

$$J = J_x + J_m - \Phi_m - \Phi_s$$

или

$$J = c_x^T [(x - sx)_+ - (sx - x)_+] + c_m^T [(sm - m)_+ - (m - sm)_+] - c_l^T sl - c_v^T sv$$

Анализ знаковых свойств компонент суммы подтверждает линейный вид полученного критерия

$$J = c_x^T (x - sx) + c_m^T (sm - m) - c_l^T sl - c_v^T sv \quad (7)$$

С учетом (1–5) приведенное выражение может быть записано в виде

$$\begin{aligned}
 J &= c_x^T \sum_1^{np} (I_{n_1} - A_i) x_i + c_m^T \sum_1^{np} (R_{mi} - D_i) x_i - c_z \left( \sum_1^{np} r_{ij}^T x_i + s l_0 \right) - c_v^T \sum_1^{np} R_{vi} x_i = \\
 &= \sum_1^{np} w_i^T x_i - w_0,
 \end{aligned} \tag{8}$$

где

$$w_i^T = c_x^T (I_{n_1} - A_i) + c_m^T (R_{mi} - D_i) - c_z r_{ij}^T - c_v^T R_{vi},$$

$$w_0 = c_z \cdot s l_0.$$

Тогда задача об оптимальном эколого-экономическом состоянии производств региона сводится к условию вида

$$\langle x_1^*, \dots, x_{np}^* \rangle = \arg \max_{0 \leq x_{i1} \leq x_{i+}, \dots, 0 \leq x_{i np} \leq x_{i np+}} \left( \sum_1^{np} w_i^T x_i - w_0 \right), \tag{9}$$

что означает обеспечение максимальной доходности региона с минимально возможным экологическим ущербом.

Упрощенный вид полученной экстремальной задачи линейного программирования [5] позволяет выписать ее решение в явном виде

$$x_{ij}^* = \frac{1}{2} x_{ij+} (1 + \text{sign } w_{ij}), \quad i = \overline{1, np}; \quad j = \overline{1, n_1}, \tag{10}$$

где

$$x_i = [x_{i1}, \dots, x_{in_1}]^T, \quad w_i = [w_{i1}, \dots, w_{in_1}]^T, \quad x_{i+} = [x_{i1+}, \dots, x_{in_1+}]^T.$$

Подставляя полученное решение (10) в исходное целевое условие (9), выпишем выражение для максимальной доходности региона

$$J(x_1^*, \dots, x_{np}^*) = \sum_1^{np} (w_i)_+^T x_{i+} - w_0.$$

Упрощенная схема учета эколого-экономических балансов (1–9) позволяет довольно просто определить структуру и параметры производств для оптимальной структуры региона. Анализ полученных решений свидетельствует о том, что в оптимальных условиях максимальный товарный выход  $x_{ij}^* = x_{ij+}$  имеет те компоненты выпусков, которые обеспечивают положительный эколого-экономический баланс региона, что характеризуется условием:  $w_{ij} > 0$ . В том случае, если соответствующий баланс не обеспечен ( $w_{ij} \leq 0$ ) (8), то производство данного товара для региона оказывается ущербным, и соответствующий товар в регионы лучше завозить  $s x_{ij} > 0$ , но не производить  $x_{ij} = 0$ .

Отметим еще раз, что, несмотря на упрощенную схему анализа, полученный результат учитывает главные факторы развития региона (8), как-то: товарное производство, экология и труд. Важнейшие направления развития данного подхода, а именно: введение ограничений на трудовые ресурсы, на емкости мест для размещения отходов; учет различных схем ценообразования, неодинаковой структуры цен для внешнего и внутреннего рынков и т. п. — изменяют параметры оптимальных производств в сравнении с (10). Однако анализ оптимальных стратегий производств в общих задачах сбалансированного развития удобно осуществлять на основе базовых решений первого приближения, полученных в аналитическом виде (10).

## ЛИТЕРАТУРА

2. *Курьшев Н. И., Соловьев И. Г.* Территориальная модель процессов обращения отходов // Вестник кибернетики. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2003. Вып. 2. С. 119–125.
3. *Моделирование и управление процессами регионального развития* / Под ред. С. Н. Васильева М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. 432 с.
4. *Моделирование социо-эколого-экономической системы региона* / Под ред. В. И. Гурмана, Е. В. Рюминой. М.: Наука, 2001. 175 с.
5. *Моисеев Н. Н., Иванюков Ю. П., Столярова Е. М.* Методы оптимизации. М.: Наука, 1978. 352 с.
6. *Проблемы экологической безопасности нефтегазового комплекса Среднего Приобья и эколого-экономическое сбалансированное развитие Ханты-Мансийского автономного округа* // Материалы совещания. Нижневартовск: Приобье, 2001. 208 с.
7. *Сборник удельных показателей образования отходов производства и потребления* / Государственный комитет Российской Федерации по охране окружающей среды. М., 1999.
8. *Эколого-экономические стратегии развития региона* / В. Е. Викулов, В. И. Гурман, Е. В. Данилина и др. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. 184 с.

*N. I. Kuryshchev, T. A. Shmeleva*

*AN OPTIMUM ECOLOGICAL-AND-ECONOMIC STRUCTURE  
OF REGIONAL PRODUCTION*

*The authors suggest the criterion regarding optimum ecological-and economic planning of manufacturing output under conditions of shaped structure of regional production, obtaining problem solution.*

---

\* Если  $\lambda$ , то под функцией понимается положительная часть компонент вектора, т. е.