

Н. И. Курышев

МОДЕЛЬ И СПОСОБ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕГИОНОВ^{*)}

Изложена математическая модель и способ оценки состояния экономики региона с заданным перечнем производств, ресурсов, потребляемой продукции и капитала. Модель объединяет три составляющих: «производство», «население» и «природную среду».

Основополагающим принципом современной экономической теории является свободный рынок, где спрос и предложение формируют цены на товары и услуги [1, 2]. Соотношение цен — главный экономический фактор, определяющий не только возможные варианты развития, но и характер экономической системы вообще [3]. В соответствии с этим общая теория спроса и предложения может быть принята исходным пунктом моделирования регионального рынка [1, 8].

Влияние спроса и предложения на цену товара можно определить с двух различных точек зрения: в краткосрочной перспективе — с позиции производителя и в долгосрочной — с позиции потребителя товаров и услуг [2]. Графики зависимостей цены от спроса и предложения товара для первого и второго случаев приведены на рис. 1а, б.

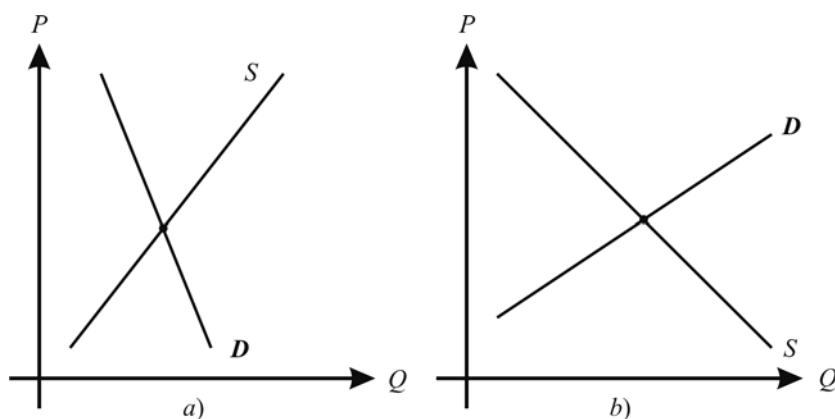


Рис. 1. Зависимость цены товара от спроса и предложения
(пояснения см. в тексте)

Единовременное увеличение объема производства приводит к росту затрат на выпуск единицы продукции (предельные издержки увеличиваются с увеличением объема выпуска), поэтому увеличение выпуска (Q) в краткосрочном плане означает рост цены товара (S). Увеличившийся спрос (D), вызывая

^{*)} Термин «эколого-экономическое состояние», употребляемый здесь, является довольно распространенным в литературе по проблемам устойчивого развития, посвященной разработке моделей экономических систем, позволяющих оценивать воздействие экономической деятельности (т. е. производства и организации рынков) на экологию. Так как в таких работах акцент делается на экономической оценке именно экологических последствий, сами модели называются «эколого-экономическими», хотя в связи с современной тенденцией рассматривать проблемы устойчивого развития в рамках общей экономической теории такое уточнение может быть лишним.

необходимость в росте производства, напротив, стремится снизить цену на товар, так как товар в результате увеличения выпуска становится менее дефицитным. Рыночное равновесие (стабилизация цен) устанавливается при равенстве величин спроса и предложения (в точке пересечения кривых D и S).

В долгосрочном плане расширение производства снижает цену на товар, так как долгосрочный рост производства уменьшает его себестоимость (фактор роста масштаба производства) и способствует насыщению рынка продукцией. Долгосрочное же увеличение спроса заставляет покупателей конкурировать за возможность приобрести товар, что, в свою очередь, вызывает рост цен. Поэтому в долгосрочной перспективе спрос и предложение оказывают противоположное случаю краткосрочных изменений действие на цены.

Очевидно, что при моделировании региона необходимо рассматривать динамику экономической системы в долгосрочной перспективе, так как любое существенное изменение регионального рынка происходит, как правило, в течение длительного промежутка времени [1, 9].

Разукрупнение экономики регионального рынка целесообразно производить по элементам ее рыночной структуры. Это дает возможность использовать в модели принципы микроэкономической теории. Основными элементами (элемента экономики): товарное производство (промышленность), трудовые ресурсы (население) и природную среду (экологическая и природоохранная деятельность). Каждый субъект (элемент) разукрупняется далее до номенклатуры товаров и услуг, которыми он представлен на рынке [7]. Таким образом, получается модель региона в терминах микроэкономической теории рынка.

Основные определения

Специфику открытой экономики в большей степени отражает модель экспортной базы, исходящая из того, что главным фактором развития региона является внешний спрос [1].

Исходные предпосылки анализа таковы:

а) В экономической системе производятся, продаются, потребляются и инвестируются n типов продуктов. Номенклатура этих продуктов составляет множество наименований товаров производственного и непроизводственного назначения $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$.

б) В процессе функционирования экономики образуются, размещаются, утилизируются и используются k видов отходов производства и потребления. Номенклатура этих отходов составляет множество $M = \{m_1, m_2, \dots, m_k\}$.

с) В экономике имеются s видов трудовых ресурсов, т. е. профессионально-квалификационный состав трудовых ресурсов экономической системы определяется списком из s наименований, составляющих множество $L = \{l_1, l_2, \dots, l_s\}$.

д) Множество отходов производства и потребления подразделяется на две части: $M_1 = \{m_1, m_2, \dots, m_{k_1}\}$ — наименования отходов, подлежащих только размещению или утилизации, $M_2 = \{m_{k_1+1}, m_{k_1+2}, \dots, m_{k_2}\}$ — множество отходов, которые используются или могут быть использованы в производстве в качестве вторичного сырья. $M_1 \cap M_2 = \emptyset$, $M_1 \cup M_2 = M$.

е) Перечень видов (наименований технологий) размещения (хранения, захоронения) отходов составляет множество $R = \{r_1, r_2, \dots, r_b\}$. Соответствие между множествами M и R (видов отходов и технологий их размещения) определяется отношением $N: R \rightarrow 2^M$, которое ставит в соответствие каждому элементу R некоторое подмножество M .

f) Рынок товаров подразделяется на внешний (R^V) и внутренний (R). Во взаимодействиях между внешним и внутренним рынком активным является внутренний рынок^{*)}.

г) Все множество продуктов, производимых и потребляемых в регионе (P), делится на множество продуктов, производимых в регионе ($X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$), и множество продуктов, выпуск которых в регионе по тем или иным причинам не осуществляется^{†)} ($H = \{\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_2\}$). Вывоз (экспорт) производится только для товаров первой группы, а ввоз товаров этих видов дополняет собственные ресурсы, т. е. является дополняющим (конкурирующим) ввозом. Потребности в продукции отраслей второй группы полностью удовлетворяются за счет ввоза (импорта), который получил название недополняющего (неконкурирующего). $P = X \cup H$, $X \subset P$, $H \subset P$, $X \cap H = \emptyset$.

Пусть $\mathbf{q} = [\mathbf{x}, \mathbf{M}, \mathbf{I}, \mathbf{X}, \mathbf{L}]^T$, $\mathbf{q} \in R^{2n+2s+k}$ — структура внутреннего рынка (R) по продукции и ресурсам, где

$\mathbf{x} \in R^n$ — количество продукции, производимой в регионе по номенклатуре товаров X ;

$\mathbf{M} \in R^k$ — ресурсы (мощности) полигонов и мест размещения отходов производства и потребления по видам технологий утилизации и размещения R ;

$\mathbf{I} \in R^s$ — трудовые ресурсы региона (количество трудоспособного населения) по профессионально-квалификационному составу L ;

$\mathbf{X} \in R^n$ — объем основного производственного капитала (производственные фонды) по номенклатуре производимой продукции X ;

$\mathbf{L} \in R^s$ — уровень развития (воспроизводства) социальной инфраструктуры по профессионально-квалификационному составу населения L .

Баланс выпуска и затрат для экономики региона определяется отношением

$$\mathbf{d} = \mathbf{A}\mathbf{q}, \quad (1)$$

где

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_{xx} & \mathbf{A}_{Mx} & \mathbf{A}_{Lx} & \mathbf{A}_{Xx} & \mathbf{A}_{Lx} \\ \mathbf{A}_{xM} & \mathbf{A}_{MM} & \mathbf{A}_{IM} & \mathbf{A}_{XM} & \mathbf{A}_{LM} \\ \mathbf{A}_{xm} & \mathbf{A}_{Mm} & \mathbf{A}_{Im} & \mathbf{A}_{Xm} & \mathbf{A}_{Lm} \\ \mathbf{A}_{xl} & \mathbf{A}_{Ml} & \mathbf{A}_{Il} & \mathbf{A}_{Xl} & \mathbf{A}_{Ll} \\ \mathbf{A}_{x\eta} & \mathbf{A}_{M\eta} & \mathbf{A}_{L\eta} & \mathbf{A}_{X\eta} & \mathbf{A}_{L\eta} \end{bmatrix} \quad \text{— матрица материальных затрат}$$

ресурсов и капитала;

$\mathbf{d} = [\mathbf{d}_x, \mathbf{d}_M, \mathbf{d}_m, \mathbf{d}_l, \mathbf{d}_\eta]^T$ — вектор материальных затрат (вектор нормативного спроса на продукты, ресурсы и капитал);

$\mathbf{d}_x \in R^n$ — затраты производства товаров X ;

$\mathbf{d}_M \in R^k$ — затраты на размещение отходов;

^{*)} Деление на внешний и внутренний рынки осуществляется здесь с точки зрения регионального потребления (объемов потребления продукции и сырья, необходимого для функционирования экономики региона при текущем (заданном) уровне производства). Т. е. только уровень спроса на сырье и продукцию внутри региона определяет их цены на региональном рынке — внешний рынок либо рассматривается как предъявитель спроса на производимую в регионе продукцию (экспорт), либо восполняет ее нехватку или отсутствие на внутреннем рынке (импорт).

^{†)} Невозможность организации некоторых производств объясняется прежде всего природными факторами (отсутствие некоторых полезных ископаемых, почвенно-климатические условия и т. п.). Ограниченный набор производств в регионе может быть также следствием социально-исторических условий, низкой экономической эффективности определенных производств, научно-технического отставания и т. д. [1].

$\mathbf{d}_m \in R^k$ — количество вторичного сырья, необходимое для функционирования производства;

$\mathbf{d}_l \in R^s$ — требуемое количество трудовых ресурсов;

$\mathbf{d}_\eta \in R^z$ — импорт продукции и ресурсов.

$$\mathbf{Aq} = \mathbf{A}_x \mathbf{x} + \mathbf{A}_M \mathbf{M} + \mathbf{A}_l \mathbf{l} + \mathbf{A}_X \mathbf{X} + \mathbf{A}_L \mathbf{L}, \quad (2)$$

где $\mathbf{A}_x = [\mathbf{A}_{xx}, \mathbf{A}_{xm}, \mathbf{A}_{xl}, \mathbf{A}_{x\eta}]^T$, $\mathbf{A}_M = [\mathbf{A}_{Mx}, \mathbf{A}_{MM}, \mathbf{A}_{Mm}, \mathbf{A}_{ML}, \mathbf{A}_{M\eta}]^T$, $\mathbf{A}_l = [\mathbf{A}_{lx}, \mathbf{A}_{lm}, \mathbf{A}_{ll}, \mathbf{A}_{l\eta}]^T$, $\mathbf{A}_X = [\mathbf{A}_{Xx}, \mathbf{A}_{XM}, \mathbf{A}_{Xm}, \mathbf{A}_{Xl}, \mathbf{A}_{X\eta}]^T$, $\mathbf{A}_L = [\mathbf{A}_{Lx}, \mathbf{A}_{LM}, \mathbf{A}_{Lm}, \mathbf{A}_{Ll}, \mathbf{A}_{L\eta}]^T$.

Модель внешнего рынка (R^V)

В терминах теории спроса товарные потоки между внешним и внутренним рынками определяются величинами:

\mathbf{e}_x — предложение продукции (X) к продаже на внешнем рынке (R^V) — экспорт;

\mathbf{i}_x — спрос на товары номенклатуры (X) со стороны внутреннего рынка (R) на внешнем рынке (R^V) — импорт;

\mathbf{e}_{m1} — спрос на места размещения отходов на внешнем рынке (вывоз отходов);

\mathbf{i}_{m1} — предложение внутреннего рынка к размещению отходов внешнего (ввоз отходов);

\mathbf{e}_{m2} — предложение внутреннего рынка к продаже вторсырья на внешнем (вывоз вторсырья);

\mathbf{i}_{m2} — спрос внутреннего рынка на недостающее вторсырье на внешнем (ввоз вторсырья);

\mathbf{e}_l — предложение труда со стороны внутреннего рынка на внешний (экспорт трудовых ресурсов);

\mathbf{i}_l — спрос на труд на внешнем рынке со стороны внутреннего (импорт трудовых ресурсов);

η — спрос на импортные товары (H) на внутреннем рынке.

Обозначим цены на внешнем и внутреннем рынках:

\mathbf{p}_x — цены на продукцию (X) на внутреннем рынке (R) — внутренние цены;

\mathbf{p}_x^V — цены на продукцию (X) на внешнем рынке (R^V) — внешние цены;

\mathbf{p}_M — цены на размещение отходов производства и потребления (M) на внутреннем рынке (R);

\mathbf{p}_M^V — цены на размещение отходов производства и потребления (M) на внешнем рынке (R^V);

\mathbf{p}_{m2} — цены на вторичное сырье (M_2) на внутреннем рынке (R);

\mathbf{p}_{m2}^V — цены на вторичное сырье (M_2) на внешнем рынке (R^V);

\mathbf{p}_l — цены на труд (L) на внутреннем рынке (R);

\mathbf{p}_l^V — цены на труд (L) на внешнем рынке (R^V);

\mathbf{p}_η — цены на импортные товары и ресурсы (H).

Схема товарного и денежного оборота между внешним и внутренним рынками в указанных обозначениях приведена на рис. 2.

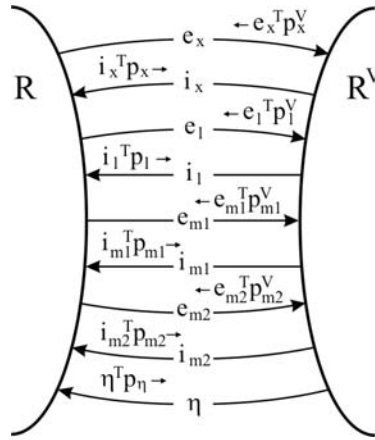


Рис. 2. Товарный и денежный оборот между внутренним и внешним рынками

Правило формирования рыночных цен на товары и ресурсы согласно изложенному механизму влияния на цены рыночных спроса и предложения в долгосрочной перспективе математически определяется так:

— статическая модель ценообразования для внешнего рынка:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{p}_x^V &= \mathbf{p}_{x0}^V + \Lambda_x^V (\mathbf{i}_x - \mathbf{e}_x) = \mathbf{p}_{x0}^V - \Lambda_x^V \cdot \delta \mathbf{x}, \\
 \mathbf{p}_M^V &= \mathbf{p}_{M0}^V + \Lambda_M^V \cdot \mathbf{N} \cdot (\mathbf{e}_{m1} - \mathbf{i}_{m1}) = \mathbf{p}_{M0}^V + \Lambda_M^V \cdot \mathbf{N} \cdot \delta \mathbf{m}_1, \\
 \mathbf{p}_l^V &= \mathbf{p}_{l0}^V + \Lambda_l^V (\mathbf{i}_l - \mathbf{e}_l) = \mathbf{p}_{l0}^V - \Lambda_l^V \cdot \delta \mathbf{l}, \\
 \mathbf{p}_{m2}^V &= \mathbf{p}_{m20}^V + \Lambda_{m2}^V (\mathbf{i}_{m2} - \mathbf{e}_{m2}) = \mathbf{p}_{m20}^V - \Lambda_{m2}^V \cdot \delta \mathbf{m}_2, \\
 \mathbf{p}_\eta &= \mathbf{p}_{\eta0} + \Lambda_\eta \cdot \boldsymbol{\eta},
 \end{aligned} \tag{3}$$

где $\mathbf{p}_{x0}^V, \mathbf{p}_{M0}^V, \mathbf{p}_{l0}^V, \mathbf{p}_{m20}^V, \mathbf{p}_{\eta0}$ — начальное (исходное, равновесное) значение цен; $\Lambda_x^V, \Lambda_M^V, \Lambda_l^V, \Lambda_{m2}^V, \Lambda_\eta$ — матрицы пересчета изменений разниц спроса и предложения в изменения соответствующих цен; \mathbf{N} — матрица, определяющая преобразование $\mathbf{N}: R \rightarrow 2^M$;

— динамическая модель ценообразования для внешнего рынка:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{W}_x \dot{\mathbf{p}}_x^V &= -\mathbf{p}_x^V + \mathbf{p}_{x0}^V - \Lambda_x^V \cdot \delta \mathbf{x}, \\
 \mathbf{W}_M \dot{\mathbf{p}}_M^V &= -\mathbf{p}_M^V + \mathbf{p}_{M0}^V + \Lambda_M^V \cdot \mathbf{N} \cdot \delta \mathbf{m}_1, \\
 \mathbf{W}_l \dot{\mathbf{p}}_l^V &= -\mathbf{p}_l^V + \mathbf{p}_{l0}^V - \Lambda_l^V \cdot \delta \mathbf{l}, \\
 \mathbf{W}_{m2} \dot{\mathbf{p}}_{m2}^V &= -\mathbf{p}_{m2}^V + \mathbf{p}_{m20}^V - \Lambda_{m2}^V \cdot \delta \mathbf{m}_2, \\
 \mathbf{W}_\eta \dot{\mathbf{p}}_\eta &= -\mathbf{p}_\eta + \mathbf{p}_{\eta0} + \Lambda_\eta \cdot \boldsymbol{\eta},
 \end{aligned} \tag{4}$$

где $\mathbf{W}_x, \mathbf{W}_M, \mathbf{W}_l, \mathbf{W}_{m2}, \mathbf{W}_\eta$ — матрицы постоянных времени динамики цен внешнего рынка (R^V). Элементы этих матриц определяют величину (скорость)

изменения цен в зависимости от предельного отклонения разности спроса и предложения от номинального значения (нуля).

Модель внутреннего рынка (R)

Описание механизма ценообразования на внутреннем рынке осложняется наличием конкурирующих ввоза и вывоза по всем компонентам вектора спроса (\mathbf{d}). В связи с этим определение составляющих спроса и предложения нуждается в детальном уточнении, в отличие от внешнего рынка, в отношении которого спрос и предложение очевидно определяются перечнем экспортно-импортных связей [1, 4].

Составляющие спроса и предложения на внутреннем рынке (R) описываются следующими величинами:

\mathbf{d}_x — нормативный (обусловленный потребностью производства) спрос на готовую продукцию X ;

\mathbf{d}_x^N — ненормативный (обусловленный индивидуальными потребностями и выбором потребителей) спрос на продукцию X ;

\mathbf{x} — предложение продукции X (общий объем выпуска);

$\delta\mathbf{x}$ — разность экспорта и импорта продукции X в регионе;

\mathbf{d}_l — нормативный спрос на труд;

\mathbf{d}_l^N — ненормативный спрос на труд;

\mathbf{l} — совокупное (общее) предложение трудовых ресурсов в регионе;

$\delta\mathbf{l}$ — разность экспорта и импорта трудовых ресурсов в регионе;

\mathbf{m} — спрос на места размещения (хранения, захоронения, утилизации) отходов производства и потребления;

\mathbf{d}_m — нормативный спрос на вторичное сырье;

\mathbf{M} — совокупное предложение мест размещения отходов производства и потребления;

$\delta\mathbf{m}$ — разность экспорта и импорта отходов и вторсырья в регионе.

Цены на товары непромышленного назначения (готовой продукции) согласно указанным величинам вычисляется по выражению

$$\mathbf{p}_x = \mathbf{p}_{x0} + \Lambda_x (\mathbf{d}_x + \mathbf{d}_x^N - \mathbf{x} + \delta\mathbf{x}), \quad (5)$$

где слагаемые $(\mathbf{d}_x + \mathbf{d}_x^N - \mathbf{i}_x)$ и $(\mathbf{e}_x - \mathbf{x})$ определяют соответственно спрос и предложение готовой продукции на внутреннем рынке (R), \mathbf{p}_{x0} — вектор установившихся цен на готовую продукцию, Λ_x — матрица норм изменения цен (если матрица имеет ненулевые антидиагональные элементы, существует взаимовлияние изменения цен различных видов товаров).

Цены на трудовые ресурсы рассчитываются аналогичным образом:

$$\mathbf{p}_l = \mathbf{p}_{l0} + \Lambda_l (\mathbf{d}_l + \mathbf{d}_l^N - \mathbf{l} + \delta\mathbf{l}), \quad (6)$$

где слагаемые $(\mathbf{d}_l + \mathbf{d}_l^N - \mathbf{i}_l)$ и $(\mathbf{e}_l - \mathbf{l})$ определяют соответственно спрос и предложение трудовых ресурсов на внутреннем рынке (R), \mathbf{p}_{l0} — установившиеся цены на труд, Λ_l — матрица норм изменения цен.

Зависимость изменения цен от разности спроса и предложения на места размещения отходов и вторсырья получается из следующих соображений.

Образующиеся, размещаемые и используемые в результате производства продукции и обмена с внешним рынком отходы подразделяются на две группы:

- 1) \mathbf{m}_1 — отходы, подлежащие размещению на полигонах региона (M) или вывозу;
- 2) \mathbf{m}_2 — отходы, которые могут быть использованы в производстве как вторичное сырье.

Далее если из региона вывозится \mathbf{e}_{m1} отходов из группы \mathbf{m}_1 , то очевидно, что размещению на региональных полигонах (M) подлежит $\mathbf{m}_1 - \mathbf{e}_{m1}$ отходов этой группы. Аналогично если \mathbf{m}_2 — количество отходов второй группы, образующееся в результате функционирования производств региона, и \mathbf{d}_m — нормативный спрос на вторичное сырье, то $(\mathbf{m}_2 - \mathbf{d}_m)_+$ — количество отходов второй группы (вторичное сырье), невостребованное производствами региона и подлежащее либо размещению на полигонах ($\partial\mathbf{m}_{21}$), либо вывозу (\mathbf{e}_{m2}). Очевидно, что

$$\mathbf{e}_{m2} = (\mathbf{m}_2 - \mathbf{d}_m)_+ - \partial\mathbf{m}_{21}. \quad (7)$$

Количество отходов второй группы, потребляемых производствами региона как вторичное сырье, определяется разностью $\mathbf{m}_2 - (\mathbf{m}_2 - \mathbf{d}_m)_+$. Недостаток (дефицит) вторичного сырья для производств региона восполняется посредством импортных поставок

$$\mathbf{i}_{m2} = (\mathbf{d}_m - \mathbf{m}_2)_+. \quad (8)$$

Схема распределения отходов на региональном рынке изображена на рис. 3.

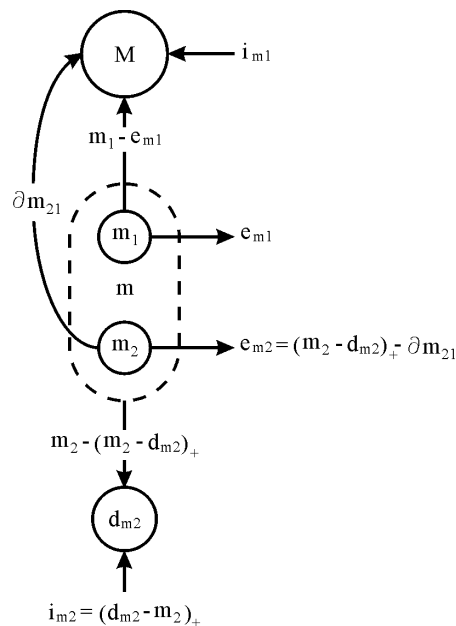


Рис. 3. Распределение отходов на региональном рынке

Соотношение между предложением и спросом на размещение и использование отходов в терминах означенных величин для внутреннего регионального рынка (R) описывается так:

— Для полигонов размещения и утилизации отходов (M) разность между предложением и спросом есть $\mathbf{N}(\mathbf{m} - \mathbf{d}_m - \delta\mathbf{m}) - \mathbf{M}$, где сумма $\mathbf{N}(\mathbf{m} - \mathbf{d}_m + \mathbf{e}_m)$ определяет спрос, а $(\mathbf{N}\mathbf{i}_m - \mathbf{M})$ — предложение на ресурс полигонов для размещения и утилизации отходов.

— Для вторичного сырья разность между спросом и предложением будет $\delta\mathbf{m}_2 + \mathbf{d}_m - \mathbf{m}_2$, где слагаемые $(\mathbf{e}_{m2} + \mathbf{d}_m)$ и $(\mathbf{m}_2 + \mathbf{i}_{m2})$ определяют соответственно спрос и предложение.

Выражения зависимостей цен на размещение и использование отходов от объемов образования будут:

— для цен на места размещения (хранение, захоронение)

$$\mathbf{p}_M = \mathbf{p}_{M0} + \Lambda_M (\mathbf{N}(\mathbf{m} - \mathbf{d}_m - \delta\mathbf{m}) - \mathbf{M}); \quad (9)$$

— для вторсырья

$$\mathbf{p}_m = \mathbf{p}_{m0} + \Lambda_m (\mathbf{d}_m - \mathbf{m} + \delta\mathbf{m}). \quad (10)$$

Логика анализа формирования цен на места размещения отходов и вторсырья состоит в следующем. Формулы (9) и (10) согласно введенным выше обозначениям можно переписать так:

$$\mathbf{p}_M = \mathbf{p}_{M0} + \Lambda_M \left(\mathbf{N} \left(\begin{bmatrix} \mathbf{m}_1 \\ \mathbf{m}_2 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{d}_m \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \mathbf{e}_{m1} \\ \mathbf{e}_{m2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{i}_{m1} \\ \mathbf{i}_{m2} \end{bmatrix} \right) - \mathbf{M} \right), \quad (11)$$

$$\mathbf{p}_m = \mathbf{p}_{m0} + \Lambda_m \left(\begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{d}_m \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \mathbf{m}_1 \\ \mathbf{m}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{e}_{m1} \\ \mathbf{e}_{m2} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \mathbf{i}_{m1} \\ \mathbf{i}_{m2} \end{bmatrix} \right). \quad (12)$$

Ясно, что суммы $\mathbf{m}_1 - \mathbf{e}_{m1} + \mathbf{i}_{m1}$ и $\mathbf{e}_{m1} - \mathbf{i}_{m1} - \mathbf{m}_1$ верхних частей блочных векторов в формулах (11) и (12) определяют спрос и предложение на рынке отходов первой группы. Сумма $\mathbf{m}_1 - \mathbf{e}_{m1} + \mathbf{i}_{m1}$ характеризует спрос на места размещения, а сумма $\mathbf{e}_{m1} - \mathbf{i}_{m1} - \mathbf{m}_1$ — предложение отходов первой группы на рынке вторсырья. Смысл сумм нижних частей блочных векторов, описывающих спрос и предложение для отходов второй группы, становится очевиден из приведенных ниже преобразований.

Выпишем из формул (11) и (12) выражения, описывающие движение отходов второй группы на региональном рынке:

$$\mathbf{m}_2 - \mathbf{d}_m - \mathbf{e}_{m2} + \mathbf{i}_{m2}, \quad (13)$$

$$\mathbf{d}_m - \mathbf{m}_2 + \mathbf{e}_{m2} - \mathbf{i}_{m2}. \quad (14)$$

Далее, заменим слагаемые экспорта и импорта их значениями из формул (7) и (8) и получим для обоих случаев соответственно:

$$\mathbf{m}_2 - \mathbf{d}_m - \mathbf{m}_2 + \mathbf{d}_m + \partial\mathbf{m}_{21} = \partial\mathbf{m}_{21}, \quad (15)$$

$$\mathbf{d}_m - \mathbf{m}_2 + \mathbf{m}_2 - \mathbf{d}_m - \partial\mathbf{m}_{21} = -\partial\mathbf{m}_{21}. \quad (16)$$

Равенство (15) показывает, что для отходов второй группы (вторсырья) спрос (цена) на места размещения отходов пропорционален излишкам вторичного сырья в регионе. Равенство (16) говорит о том, что спрос (цена) на вторсырье

снижается по мере увеличения его излишков. Очевидность этих выводов подтверждает общий характер принятых зависимостей.

Изложенная система уравнений для формирования цен на внутреннем региональном рынке позволяет рассчитывать значения изменения цен в зависимости от заданных изменений разности предложения и спроса. Эта система является статической моделью рынка. Описание непрерывной динамики рынка может быть получено из статической модели путем приравнивания предельных изменений цен товаров (дифференциалов цен по времени) и предельных отклонений цен в результате изменения соотношения рыночных предложения и спроса:

$$\begin{aligned} \mathbf{W}_x \dot{\mathbf{p}}_x &= -\mathbf{p}_x + \mathbf{p}_{x0} + \Lambda_x (\mathbf{d}_x + \mathbf{d}_x^N - \mathbf{x} + \delta \mathbf{x}), \\ \mathbf{W}_l \dot{\mathbf{p}}_l &= -\mathbf{p}_l + \mathbf{p}_{l0} + \Lambda_l (\mathbf{d}_l + \mathbf{d}_l^N - \mathbf{l} + \delta \mathbf{l}), \\ \mathbf{W}_M \dot{\mathbf{p}}_M &= -\mathbf{p}_M + \mathbf{p}_{M0} + \Lambda_M (\mathbf{N}(\mathbf{m} - \mathbf{d}_m - \delta \mathbf{m}) - \mathbf{M}), \\ \mathbf{W}_m \dot{\mathbf{p}}_m &= -\mathbf{p}_m + \mathbf{p}_{m0} + \Lambda_m (\mathbf{d}_m - \mathbf{m} + \delta \mathbf{m}), \end{aligned} \quad (17)$$

где $\dot{\mathbf{p}}_x = \frac{d\mathbf{p}_x}{dt}$, $\dot{\mathbf{p}}_l = \frac{d\mathbf{p}_l}{dt}$, $\dot{\mathbf{p}}_M = \frac{d\mathbf{p}_M}{dt}$, $\dot{\mathbf{p}}_m = \frac{d\mathbf{p}_m}{dt}$ — предельные значения изменения цен;

$\mathbf{W}_x, \mathbf{W}_l, \mathbf{W}_M, \mathbf{W}_m$ — матрицы постоянных времени изменения цен на внутреннем рынке, эти матрицы определяют скорость изменения цен (скорость реакции рынка или «емкость» рынка) в зависимости от величин предельных разностей спроса и предложения ($\Lambda_x (\mathbf{d}_x + \mathbf{d}_x^N - \mathbf{x} + \delta \mathbf{x})$, $\Lambda_l (\mathbf{d}_l + \mathbf{d}_l^N - \mathbf{l} + \delta \mathbf{l})$, $\Lambda_M (\mathbf{N}(\mathbf{m} - \mathbf{d}_m - \delta \mathbf{m}) - \mathbf{M})$, $\Lambda_m (\mathbf{d}_m - \mathbf{m} + \delta \mathbf{m})$) для каждого вида продукции. В простейшем случае, когда отсутствует взаимовлияние изменения цен разных товаров, матрицы постоянных времени являются диагональными, в случае же, когда скорости реакции рынков разных товаров зависят друг от друга, они будут иметь ненулевые антидиагональные элементы;

$\Lambda_x, \Lambda_l, \Lambda_M, \Lambda_m$ — матрицы, определяющие изменение цен в зависимости от разности спроса и предложения. Если антидиагональные элементы этих матриц имеют ненулевые значения, то существует взаимовлияние спроса и предложения различных товаров на их цены; таким образом, вообще они описывают взаимозаменяемость товаров на рынке (здесь имеется в виду как взаимозаменяемость товаров конечного потребления, так и взаимозаменяемость факторов производства).

Модель взаимодействия внешнего (R^V) и внутреннего (R) рынков региона

Различие цен на одни и те же товары в разных регионах определяется множеством факторов. В частности, цены на продукцию, производимую в том или ином регионе, могут зависеть от специфики развития производства (специализации, технологии, квалификации рабочих и т. п.), структуры регионального рынка (конкуренция или монополия), географического положения региона (удаленности от источников сырья и ресурсов, а также рынков сбыта продукции). Для простоты будем считать, что главным фактором, влияющим на разность цен на региональных рынках, является географическое положение регионов, т. е. транспортные издержки, связанные с обменом сырьем, ресурсами и продукцией между внешним и внутренним рынками регионов. Такое упрощение приемлемо, поскольку фактически именно к недостаткам или преимуществам

ществам местоположения территории можно свести большинство выгод и издержек ее экономического использования.

Принцип организации экспортно-импортных связей региона с точки зрения транспортных издержек можно представить так. Пусть два региона А и В осуществляют торговлю друг с другом. Пусть, далее, транспортные издержки по номенклатуре обмениваемых товаров определяются элементами вектора δp . Тогда ясно, что экономически целесообразной является торговля только теми товарами, для которых разность их региональных цен больше или равна издержкам их транспортировки из одного региона в другой. Экспорт товара осуществляется, если цены на этот товар у экспортера меньше цен, которые готов заплатить регион импортер. Это условие можно назвать **условием ценовой привлекательности**. Динамика объема экспорта (предложения) товаров от разности региональных цен может быть описана следующим образом:

$$\begin{aligned} T_x \dot{\delta x} &= \text{set}(\delta p_x, p_x^V - p_x), \\ T_{m1} N \dot{\delta m}_1 &= \text{set}(\delta p_{m1}, p_{m1}^V - p_{m1}), \\ T_{m2} \dot{\delta m}_2 &= \text{set}(\delta p_{m2}, p_{m2}^V - p_{m2}), \\ T_l \dot{\delta l} &= \text{set}(\delta p_l, p_l^V - p_l), \end{aligned} \quad (18)$$

где $y = \text{set}(\delta x, x)$ — линейная функция с зоной нечувствительности (график изображен на рис. 4); $\delta p_x, \delta p_{m1}, \delta p_{m2}, \delta p_l$ — вектора значений зон нечувствительности (транспортных издержек обмена товарами) по номенклатуре товаров для каждой группы (готовой продукции, подлежащих размещению отходов производства, вторичного сырья и трудовых ресурсов соответственно); $\dot{\delta x} = \frac{d\delta x}{dt}$, $\dot{\delta m}_1 = \frac{d\delta m_1}{dt}$, $\dot{\delta m}_2 = \frac{d\delta m_2}{dt}$, $\dot{\delta l} = \frac{d\delta l}{dt}$ — предельные значения изменения разности (сальдо) экспорта и импорта, зависящие от значения разности внешних и внутренних цен; T_x, T_{m1}, T_{m2}, T_l — матрицы постоянных времени изменения сальдо вывоза-ввоза (для каждой группы товаров соответственно). Если антидиагональные элементы этих матриц имеют ненулевые значения, то существует взаимовлияние изменений объемов экспорта и импорта различных товаров.

Механизм изменения разности экспорта и импорта объясняется следующим образом. Ясно, что увеличение экспортных цен на определенные, выпускаемые в регионе товары (p^V) приводит к увеличению предложения этих товаров на внешний рынок со стороны их производителей в регионе, т. е. росту экспорта. Процесс увеличения вывоза товаров продолжается до тех пор, пока предприниматели способны извлекать прибыль из разности внутренних и внешних цен при продаже товаров на внешнем рынке. Когда цены на эти товары на внешнем и внутреннем рынках выравниваются, получение прибыли становится невозможным и рост экспорта прекращается. Выравнивание внешних и внутренних цен происходит в результате увеличения внутренних и падения внешних. Эти процессы объясняются ростом дефицита экспортируемых товаров на внутреннем рынке из-за увеличения их вывоза и снижением их дефицита на внешнем рынке за счет ввоза (насыщения внешнего рынка товаром). Таким образом, очевидно, что сальдо вывоза-ввоза товаров зависит

от разности их цен на внешнем и внутреннем рынках. Эта зависимость (изменение разности вывоза-ввоза) для каждой группы товаров описывается системой дифференциальных уравнений (18). Вид этой зависимости изображен на рис. 4. Зоны нечувствительности (δp_x , δp_{m1} , δp_{m2} , δp_l) определяют интервал значений разности экспортных и импортных цен ($p_x^V - p_x$, $p_{m1} - p_{m1}^V$, $p_{m2}^V - p_{m2}$, $p_l^V - p_l$), в пределах которого продажа товаров на внешнем рынке оказывается нерентабельной, так как разность цен ниже операционных издержек организации экспорта. За пределами этого интервала функция изменения сальдо вывоза-ввоза линейно зависит от разности внешних и внутренних цен.

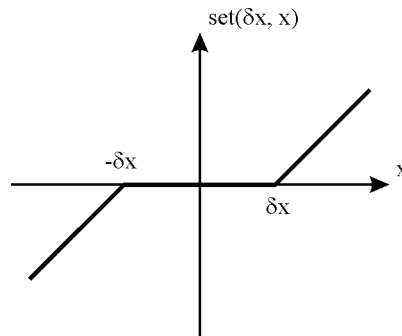


Рис. 4. Зависимость разности вывоза-ввоза товаров от разности их цен на внешнем и внутреннем рынках

Для простоты анализа экспортно-импортной динамики регионального рынка можно ограничиться линейным (линеаризованным) описанием зависимости разности вывоза-ввоза от разности внешних и внутренних цен без зоны нечувствительности. В этом случае система уравнений (18) будет иметь вид:

$$\begin{aligned} T_x \dot{\delta x} &= p_x^V - p_x, \\ T_{m1} N \dot{\delta m}_1 &= p_{m1} - p_{m1}^V, \\ T_{m2} \dot{\delta m}_2 &= p_{m2}^V - p_{m2}, \\ T_l \dot{\delta l} &= p_l^V - p_l. \end{aligned} \quad (19)$$

Такая модель зависимости изменения экспортно-импортных товарных потоков от разности внешних и внутренних цен определяет равенство этих цен как условие стабилизации внешнего рынка региона. Иными словами, экономическое взаимодействие разных регионов друг с другом приводит к образованию общего рынка и осреднению (выравниванию) экономической ситуации (цен). Однако на практике совершенного равенства между различными региональными экономическими системами ни по уровню цен, ни по объему потребления не наблюдается, хотя изменение общего благосостояния (здесь возможны как экономический рост, так и спад, в зависимости от исходного состояния рассматриваемой экономической системы в сравнении со средним) всегда имеет место в случае их выхода на внешний рынок. Это связано с использованием регионами преимуществ специализации, а также изменением со-

отношения общих предложения и спроса. Существование же неравенства потребления и цен здесь объясняется наличием зоны нечувствительности в реальных зависимостях сальдо экспорта и импорта от условий ценовой привлекательности (разности экспортных и импортных цен). Кроме того, наличие зоны нечувствительности определяет возможность существования в пределах этой зоны различных цен на сходные товары внутри одного региона.

Заключение

Изложенная модель регионального рынка представляет регион как единственный активный (самостоятельный) субъект, определяющий характер своей внешней экономической политики. Иными словами, регионы, образующие внешний рынок, не рассматриваются как возможные конкуренты на внутреннем региональном рынке, поскольку их участие целиком определяется потребностями экономической системы данного региона, а не их собственными. Для учета интересов других регионов на внутреннем рынке данного региона необходимо построение многорегиональной модели взаимодействия нескольких регионов на общем рынке, которая позволит анализировать все издержки и выгоды обмена [1–3]. Также приведенная здесь модель не содержит оценки влияния процессов использования основного капитала и инвестирования на уровень совокупного дохода, т. е. не располагает средствами для полного (объективного) анализа причин и следствий изменения региональных объемов производства и потребления [2]. С учетом этих недостатков в статье показан вариант (способ) объединения в одной математической модели механизмов затрат и воспроизводства различных форм капитала для анализа состояния и возможных путей развития региональной экономики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гранберг А. Г. Основы региональной экономики / Высш. шк. экономики. — М.: Изд. Дом ГУ ВШЭ, 2004. — 495 с.
2. Кейнс Дж. М. Избранные произведения: Пер. с англ. / Предисл., коммент., сост.: А. Г. Худокормов. — М.: Экономика, 1993. — 543 с.
3. Костюк В. Н. Нестационарные экономические процессы. — М.: Едиториал УРСС, 2004. — 240 с.
4. Курьшев Н. И. Рыночная эколого-экономическая модель региона // Вестн. кибернетики. — Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2005. — № 4. — С. 149–158.
5. Математические модели природы и общества / Н. Н. Калиткин, Н. В. Карпенко, А. П. Михайлов, В. Ф. Тишкин, М. В. Черенков. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. — 360 с.
6. Модели управления природными ресурсами / Под ред. В. И. Гурмана. — М.: Наука, 1981. — 264 с.
7. Никайдо Х. Выпуклые структуры и математическая экономика / Пер. с англ. А. В. Малишевского под ред. Э. М. Браверманна. — М.: Мир, 1972. — 517 с.
8. Нейман Дж. фон, Моргенштерн О. Теория игр и экономическое поведение / Пер. с англ. под ред. и с доб. Н. Н. Воробьева. — М.: Наука, 1970. — 707 с.
9. Экологические системы: Адаптивная оценка и управление / Пер. с англ. Г. А. Денисова, Ю. А. Кузнецова под ред. А. Д. Базыкина. — М.: Мир, 1981. — 396 с.

N. I. Kuryshv

A MODEL AND EVALUATION METHOD FOR ECOLOGICAL-AND-ECONOMIC REGIONAL CONDITIONS

The paper gives a mathematical model and evaluation method for economic regional conditions, using a preset list of industries, resources, consumed products, and capital. The model combines three constituents: "production", "population", and "natural environment".