

Продукционный баланс экономики региона

Т. Л. Самков

Статья посвящена созданию материального блока модели Леонтьева «затраты – выпуск», цель которого – отразить деятельность как производственных, так и торговых предприятий, т.е. объектов, создающих реальный ВВП в рамках каждого региона конкретного территориального образования (включая всю экономику РФ). Указанная деятельность предусматривает производство/ввоз продукции на территорию региона всеми отраслями и ее распределение между опять-таки как производственными, так и торговыми предприятиями для обеспечения их функционирования. Помимо отображения торговой части указанных товарных потоков, новизна модели заключается в учёте госзакупок, использовании наряду с нормативами удельного потребления материальных ресурсов/товаров не только в производстве, но и в торговле. Также разработаны формальные взаимосвязи между вложениями в научно-технические разработки и рост/уменьшение затрат ресурсов на выпуск/продажу единицы продукции. Показатели модели составлены из частей – вкладов со стороны производства и торговли, при этом имея многоаспектное представление, массивы данных которых образованы годовым, региональным и отраслевыми срезами, декомпозируемыми соответственно на месяцы, районы и корпорации. Это позволяет формировать необходимый для расчетов временной ряд путем технологии гиперкуба данных и реализовывать его с помощью языков поколения 4GL. В модели имеются соотношения, определяющие искомые значения ее изменяемых параметров исходя из ориентации на экономический рост, включающий насыщение регионального рынка продукцией отрасли, индикатором чего является ее потребление сектором, предоставляющим услуги. Этот показатель больше нуля в случае покрытия потребности всех остальных хозяйствующих субъектов региона и меньше либо равен нулю в остальных случаях.

Ключевые слова: модель «затраты – выпуск», коэффициент прямых затрат, отрасль, удельные затраты, сектор сервисного потребления, доля технологического перерасхода, доля технологической экономии.

1. Введение

Данная работа посвящена разработке модели АТМО – модели анализа территориальных мультисекторных объектов.

Модель включает в себя блоки:

- межотраслевого продукционного баланса;
- межотраслевого финансового баланса;
- межрегионального торгового баланса;
- межрегионального рентного баланса.

Указанные блоки описывают движение товарных и финансовых потоков для системы предприятий разных отраслей в нескольких регионах – как внутри каждого региона, так и между ними. Таким образом моделируется функционирование производственно-торговой регионально-отраслевой системы, при этом учитывается принадлежность предприятий конкретным корпорациям, и наличие в регионе торговых предприятий, участвующих вместе с ними в товарообмене с другими регионами и странами.

Важнейшим из блоков разработанной модели является блок межотраслевого производственного баланса. Этот блок основан на модели «затраты – выпуск», или межотраслевого баланса (МОБ) Леонтьева, применяемого для планирования работы промышленности.

2. Постановка задачи

В блоке межотраслевого производственного баланса предпринята попытка исправить ряд черт самых детализированных из имеющихся моделей МОБ, к которым на основе сделанного ниже обзора относятся:

- фрагментарный учет вклада ввозных товаров, в т.ч. импортных, региона в выпуске его продукции как в уравнениях модели, так и в технологических коэффициентах;
- отрицание встречных потоков вывозимой и ввозимой продукции, в т.ч. экспорт и импорт, и смешивание их в одном показателе со знаком, совпадающим со знаком сальдо ввоза – вывоза в регионе;
- игнорирование такого кластера региональной экономики, как торговые предприятия, ввозящие продукцию для промышленности и домохозяйств, а также удельного расхода продукции на этот ввоз;
- невнимание к влиянию государства на производственную и торговую деятельность в виде госзаказов на поставки продукции;
- рудиментарная реализация механизмов изменения технологических коэффициентов в зависимости от объема инвестиций в научно-технологические разработки и соответствующее оборудование;
- непридание балансовым уравнениям неравновесного характера, где небалансы содержат поставки остальным субъектам региона; кроме производственных и торговых предприятий, госучреждений, домохозяйств, партнеров вне региона и по экспорту это малый бизнес оказания услуг;
- почти полное отсутствие учета влияния энергетики на региональные экономические процессы, за исключением общей зависимости роста ВВП от деятельности ТЭК и экстраполирования выбросов CO₂ на эффективность использования энергоресурсов посредством моделей МОБ.

Разработанный блок межотраслевого производственного баланса призван избавиться от указанных недостатков для более адекватного моделирования хозяйственных связей субъектов отраслей региона.

3. Характеристики имеющихся моделей МОБ

В [1], обозначив за x_{ij} поставки i -ой продукции j -ой отрасли, y_i – конечный спрос на товары этой отрасли и z_i – общий объем выпуска отрасли, функционирование каждой отрасли j выражают следующим образом:

$$z_i = \sum_j x_{ij} + y_i. \quad (1)$$

Объем закупок отрасли j как q_j – это сумма промежуточных покупок предприятиями, населению (v_j) и по импорту (m_j):

$$q_j = \sum_i x_{ij} + v_j + m_j. \quad (2)$$

Технологические коэффициенты вводят как набор технических условий:

$$a_{ij} = x_{ij} / q_j. \quad (3)$$

Эти коэффициенты переопределяют на основе p_{ij} – доли ресурсов, закупаемых у отрасли j , а также «регионального торгового коэффициента», r_{ij} – процента от этой покупки, сделанной в регионе:

$$a_{ij} = p_{ij} \cdot r_{ij}, a_{ij} = ({}_i x_{ij} / q_j) \cdot ({}_i x_{ij} - m_{ij}) / {}_i x_{ij}. \quad (4)$$

Здесь ${}_i x_{ij}$ – это закупки из отрасли j без учета местоположения отрасли, и m_{ij} – это импорт продукции из сектора i в сектор j .

В технологическом коэффициенте отражают перемены технологии производства [2]. Они заданы промежуточными поставками для общего объема выпуска отрасли:

$$a_{ij} = a_{ij}^0 \cdot \frac{x_j^0}{x_j^0 + x_j^n} + a_{ij}^n \cdot \frac{x_j^n}{x_j^0 + x_j^n}, \quad (5)$$

где a^0 и x^0 представляют старый процесс, а x^n – процесс после технологических изменений.

В [3] модель межотраслевого баланса Канады иллюстрирует равновесие общего предложения продукции к общему спросу:

$$q + m_D + m_R + b + v + s = Ag + e + x_D + x_R, \quad (6)$$

где $(n \times 1)$ – векторы товарных потоков определяют как (в денежных единицах):

- q – всего товаров и услуг отечественного производства;
- m_D – импортируемые товары и услуги, используемые внутри страны;
- m_R – импортируемые товары и услуги, реэкспортируемые;
- b – товары и услуги, производимые на госпредприятиях;
- v – стоимость изъятий из запасов;
- s – прочие потоки, от других организаций (доход), сбыт транспортных средств и запчастей, услуги учебных заведений и т.д.;
- Ag – промежуточный спрос на товары и услуги, связанный с $(m \times 1)$ -вектором g производства и технологическими коэффициентами в $(n \times m)$ -матрице A ;
- e – внутренний конечный спрос (сумма личных расходов, накопления основного капитала, госрасходов и пополнения запасов);
- x_D – экспорт отечественного производства;
- x_R – реэкспорт.

В [4] разработана модель равновесия межрегиональной экономики ЕС. Индексы $r = 1 \dots R$ обозначают регионы, i или $j = 1 \dots I$ – отрасли, $k = 1 \dots K$ – факторы производства. Вводят следующие обозначения:

- $A^r (I \times I)$ – матрица промежуточных коэффициентов затрат, где a_{ij}^r – ввод товаров из отрасли i на единицу продукции сектора j .
- $B^r (K \times I)$ – матрица первичных данных входных коэффициентов b_{kj}^r , задающих спрос товаров производственного назначения k на единицу продукции сектора j ;
- $x^r (I \times 1)$ – вектор региональных выпусков с обозначением x_i^r
- $D^r (I \times 1)$ – вектор регионального спроса изделий с обозначением D_i^r ;
- $F^r (I \times 1)$ – вектор конечного спроса на региональные изделия;
- $f^r (K \times 1)$ – вектор регионального фактора питания с обозначением f_k^r ;
- $Y^r (K \times 1)$ – вектор дохода с обозначением Y_k^r ;
- $S^r (K \times 1)$ – вектор предложения регионального фактора с обозначением s_k^r ;
- w^r – ценовой вектор с обозначением w_k^r ;
- N^r – трансферты чистых доходов из других регионов в регион r ;

Баланс экономики региона имеет вид (с учетом изменения коэффициентов a_{ij}^r и b_{kj}^r и минимума затрат и спроса на ее товары):

$$D^r = A^r x^r + F^r. \quad (7)$$

$$f^r = B^r x^r. \quad (8)$$

$$Y^r = S^{rT} w^r + N^r. \quad (9)$$

$$S^r = f^r. \quad (10)$$

В [5] дается модель МОБ для Австрии, где исследуются поставки части продукции банковской сфере, что в представляемой работе трактуется как *сервисное потребление*.

Пусть q – вектор общего выпуска товаров:

$$q = (I - A)^{-1} \cdot f, \quad (11)$$

а I – единичная матрица, A – матрица технологических коэффициентов; f – вектор конечного спроса по товарам широкого потребления.

Вектор взвешенного мультипликатора выпуска для экспорта имеет вид:

$$mq = (I - A)^{-1} \cdot fs_{x'}. \quad (12)$$

Здесь $fs_{x'}$ – вектор экспортных долей товаров i , элементы которых определяются как:

$$fs_{x'} = f_{xi} / \sum_{i=1}^n f_{xi}. \quad (13)$$

Взвешенный вектор мультипликатора добавленной стоимости экспорта $mva_{x'}$ равен:

$$mva_{x'} = VA \cdot (I - A)^{-1} \cdot fs_{x'}. \quad (14)$$

где VA – матрица коэффициентов добавленной стоимости (на единицу продукции).

Вектор мультипликатора занятости для экспорта me_x с диагональной матрицей \hat{E} коэффициентов занятости e равен:

$$me_x = \hat{E} \cdot (I - A)^{-1} \cdot fs_{x'}. \quad (15)$$

Отдельные элементы в векторах множителей объединены в группы товаров, а сумма по всем элементам вектора мультипликатора обеспечивает общие экспортные мультипликаторы для выпуска продукции, добавленной стоимости или занятости. Для этих товаров проводится мультипликативный анализ влияния банковской сферы услуг как *небаланса* на характер добавленной стоимости в секторах.

Для определения уровня экономического развития на комплексной и скоординированной основе по регионам и секторам разработана мультирегиональная модель «затраты – выпуск» (МОБ) MRIO [6]. Модель опирается на предположение, что для каждого региона r и сектора i промежуточный и конечный спрос i в r удовлетворяется в фиксированных пропорциях продукции сектора i из разных регионов системы (в т.ч. регион r) без различия конечного и промежуточного потребления среди разных секторов использования. Основные уравнения модели MRIO имеют вид:

$$X = (I - T \cdot A)^{-1} \cdot [T \cdot (C + F + DS + E) - P_T - \text{Imp}], \quad (16)$$

где: X – вектор (340×1) выпуска (17 секторов в 20 областях); A – диагональная квадратная матрица с 20 блоками (17×17) технологических коэффициентов: $a(i, j, r) = x(i, j, r) / x(j, r)$; T – квадратная матрица (17×20) × (17×20), разделенная на блоки диагональных векторов (20×20) размерности (17×17) межрегиональных обменных коэффициентов долей спроса на продукцию, сбываемую регионе r . Далее для 17 секторов в 20 регионах: C – вектор расходов на внутреннее потребление (личное и государственное); E – вектор экспорта; F – вектор инвестиций; DS – вектор изменения запасов; Imp – импорт; P_T – вектор трансфертов продукции.

В качестве данных для модели МОБ обычно используется т.н. прямоугольная система учета на основе принципов национального учета ООН и Евростата [7]. Основные компоненты этой системы – таблицы поставок и использования региона r , аналогичные соответственно таблицами затрат и выпуска. Таблица производства по региональным отраслям ($v_{ic}^r \in V^r$) дает предложение товаров s отраслей i . В таблице поставок отражаются товары/услуги от основных и вспомогательных видов деятельности. Она содержит строку импорта товаров из-за рубежа (m^r). Верхняя часть таблицы использования содержит поставки товаров отраслям i ($u_{ci}^r \in U^r$) и затраты товаров по конечному спросу типа f ($e_{cf}^r \in E^r$), включая столбец с экспортом за рубеж (x^r). Использование товаров/услуг группируется в товары так, как и в таблице предложения. Нижняя часть таблицы описывает использование первичных ресурсов v отраслю i , то есть создание добавленной стоимости ($Y_{vi}^r \in Y^r$). Это компенсация производственных факторов (зарплата, соцпакет, амортизация и т.д.), косвенные налоги и субсидии, операционный профит.

Есть две связи между таблицами поставок и использования. Первое – это уравнение выпуска, где выпуск отрасли i , считываемый по строкам из таблицы предложения региональных поставок сырьевых товаров региона r (q^r), равен общему использованию товаров плюс добавленная стоимость отрасли i из столбцов из таблицы использования.

$$g^r = V^r i = [i' U^r + i' Y^r]', \quad (17)$$

где i – единичный вектор. Второе – уравнение товарного баланса, где предложение товара c из столбцов матрицы предложения (q^r) равно общему спросу на товар c из строк матрицы использования. Здесь включены отрасли промышленности, население, импорт из других регионов (t^r), межрегиональный экспорт в другие регионы (t^{**}) и др.

$$g^{r'} = i' V^r + m^{r'} + t^{r'} = [U^r i + E^r i + x^r + t^{r*}]'. \quad (18)$$

В практике есть механизм того, как межотраслевые таблицы обрабатываются в модели МОБ [8]. Обычно таблицы затрат и выпуска используются для получения т.н. «матрицы воздействия». Основным уравнением вывода такой матрицы является выражение:

$$[I - D(I - \mu - \beta)V]^{-1}D, \quad (19)$$

где D – матрица коэффициентов, полученная из таблицы выпуска для каждого товара в этой таблице, каждая из 300 ячеек которой делится на объем выпуска товара.

V – матрица технологических коэффициентов, полученных из таблицы затрат – для каждой отрасли в матрице затрат каждая из 727 ячеек делится на общий выпуск.

I – единичная матрица;

μ – диагональная матрица коэффициентов, полученных из импорта как отношение использования – для каждого товара общий объем импорта делится на общее использование товаров как: (i) промежуточных затрачиваемых на выпуск ресурсов; (ii) конечного спроса, т.е. отношения импорта и объема потребления товаров;

β – диагональная матрица коэффициентов, полученных от изъятия запасов в качестве коэффициента использования – для каждого товара общая сумма изъятий запасов делится на общее использование сырьевых товаров как: i) промежуточных ресурсов выпуска; ii) конечного потребительского спроса, т.е. отношение изъятий запасов по отношению к общему объему использования товара.

Использование матриц V и U затрат и выпуска при использовании модели МОБ должно придавать ей рыночную гибкость [9]. Элемент u_{ji} – объем продукта j , используемый при выпуске продукции отрасли i . Потоки u_{ji} включают свою и импортную продукцию j -ой отрасли; v_{ij} обозначает внутренний выпуск продукта j по отраслям i . Конечный спрос y – это частное и государственное потребление, инвестиции и экспорт. Он покрыт своими и импортными товарами отрасли j . Выпуск p каждого продукта есть товарный баланс:

$$p_j = \sum_i v_{ij} + m_j = \sum_i u_{ij} + y_j. \quad (20)$$

Аналогичный баланс имеется и для отрасли i с вектором w_i ее добавленной стоимости:

$$g_i = \sum_j v_{ij} = \sum_j u_{ji} + w_i. \quad (21)$$

Технологический коэффициент $q_{ji} = u_{ji} / g_i$ в уравнении (1) дает:

$$p_i = \sum_j q_{ji} g_j + y_i. \quad (22)$$

Или в матричном виде:

$$p = Qg + y, \quad (23)$$

где Q – матрица технических коэффициентов. Доля отрасли i в поставках продукта j имеет вид: $s_{ji} = v_{ji} / p_j$ или $v_{ij} = s_{ij} p_j$, тогда из (21):

$$g_i = \sum_j s_{ij} p_j \quad (24)$$

или в матричном виде:

$$g = Sp. \quad (25)$$

После ряда преобразований получаем:

$$g = Sp = S(I - QS)^{-1}y \Leftrightarrow g = S(I - QS)^{-1}y. \quad (26)$$

Это уравнение оценивает воздействие, оказываемое на производство продукции отрасли при изменении конечного спроса на продукцию независимо от географии.

Модель МОБ применима, например, к туристической отрасли [10]. Продукция секторов – это свой выпуск и закупки из других регионов и зарубежа. Спрос, с другой стороны, имеет промежуточную и конечную компоненты. Конечный спрос включает потребительский и инвестиционный спрос, госзакупки, поставки регионам и зарубеж. Для сектора i имеем:

$$X_i + M_i^{TR} + M_i^D = \sum_i^N X_{ij} + C_i + Z_i + G_i + E_i^{TR} + E_i^D, \quad (27)$$

где (для продукции сектора i) X_i – выпуск; M_i^{TR} – закупки в других регионах; M_i^D – импорт; X_{ij} – промежуточные продажи в сектор j ; C_i – спрос; Z_i – инфраструктурные вложения; G_i – госзакупки; E_i^{TR} – продажи путевок; E_i^D – экспорт. Получаем из (27):

$$X_i = \sum_i^N X_{ij} + C_i + Z_i + G_i + E_i^D - M_i^D + NE_i^{TR}, \quad (28)$$

$$NE_i^{TR} = E_i^{TR} - M_i^{TR}. \quad (29)$$

Вводя $X_{ij} = a_{ij} X_j$, где a_{ij} – технологические коэффициенты, (28) переписывают как:

$$X_i = \sum_i^N a_{ij} X_j + C_{i0} + Z_{i0} + G_{i0} + E_{i0}^D - M_{i0}^D + NE_{i0}^{TR}, \quad (30)$$

где подиндекс 0 представляет экзогенную переменную. Эта система в матричном виде:

$$X = AX + C_0 + Z_0 + G_0 + E_0^D - M_0^D + NE_0^{TR}. \quad (31)$$

И решение получается следующим образом:

$$X^* = (I - A)^{-1} (C_0 + Z_0 + G_0 + E_0^D - M_0^D + NE_0^{TR}). \quad (32)$$

Уравнение (31) используется для анализа влияния экзогенных факторов на регион.

Широкое использование возобновляемых источников энергии требует инвестиций, что не обязательно связано с самой отраслью энергетики, созданием фотоэлектрических устройств и т.д. Поскольку возобновляемые и невозобновляемые источники энергии распределены неравномерно, происходит межстрановое распределение инвестиций и решение проблем передачи энергии на большие расстояния, приближая эту инфраструктуру к нефтегазовой. Данные по странам содержатся в БД AMADEUS с информацией о 5 млн фирм из 27 стран ЕС. С ней работает модель МОБ NEMESIS, применяемая в расчете прямого и косвенного влияния на экономику и занятость [11]. Она отражает работу секторов экономики, а цена электроэнергии берётся из ценовых уравнений модели секторов экономики и домохозяйств. Модель NEMESIS имеет следующий вид для s -го сектора страны c :

$$PUSH_{c,s} = INVNATRES_{c,s} - INVNATavoid_{c,s} + FUEDEM - FUEDEMAV - EXPRES_{c,s} - IMPRES_{c,s} + OPMAINRES_{c,s} - OPMAINavoid_{c,s} + AGRIRES, \quad (33)$$

где

- $PUSH_{c,s}$ – управляющее воздействие;
- $INVNATRES_{c,s}$ – инвестиции в исследования;
- $INVNATavoid_{c,s}$ – инвестиции, излишние в силу развертывания ВИЭ;
- $EXPRES_{c,s}$ – экспорт продукции ВИЭ;
- $IMPRES_{c,s}$ – импорт продукции ВИЭ;
- $OPMAINRES_{c,s}$ – затраты на эксплуатацию и техобслуживание из-за развертывания ВИЭ;
- $OPMAINavoid_{c,s}$ – затраты на эксплуатацию и техобслуживание, излишние в силу развертывания ВИЭ;
- $FUEDEM - FUEDEMAV$ – спрос на топливо минус спрос на топливо, ненужное из-за развертывания ВИЭ;
- $AGRIRES$ – дополнительные потребности в сельском хозяйстве и лесном хозяйстве.

Цель такого развития энергетики – экономия невозобновляемых ресурсов и решение проблем изменения климата из-за выбросов. Государства, экономящие на выбросах, сбывают излишки квоты выбросов другим государствам. Это товар, имеющий отрицательную цену. При падении его выпуска возникает положительный (не отрицательный, как обычно) экономический эффект в виде платежей. Отражает это модель МОБ «углеродного налога» [12]. Для применения налоговых ставок к таблице потребления, на чьей основе строится модель МОБ, налоговая матрица строится на основе нулевой матрицы товаров по отраслям. Ставка налога на уголь t_c , отображается в каждом столбце строки для угля. Ставка налога на нефть t_o применяется к почти каждому столбцу строк добычи нефти и газа. Налоговая ставка для физлиц на газ t_g появляется в строке добычи нефти и газа, но только для столбца природного газа распределительной промышленности и электроэнергетики. Матрица имеет вид:

$$T = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ t_c & t_c & t_c & t_c & t_c & t_c & t_c & t_c & \dots & t_c \\ t_o & t_o & t_o & t_g & t_g & t_o & t_o & \dots & t_o & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}. \quad (34)$$

Эта матрица для пользователей топлива преобразуется в вектор коэффициентов косвенного налога в добавленной стоимости:

$$t = (U \otimes T) \hat{g}^{-1} D' i, \quad (35)$$

где U – матрица товаров промежуточных затрат; M – матрица отраслей, получающих промежуточные товары как сырье; g – объем выпуска; D – матрица доли рынка:

$$D = M \hat{q}^{-1}, \quad (36)$$

где q – выпуск товара, $q = U i + e$ ($U i$ – продукция отраслей, e – конечный спрос), $\hat{\cdot}$ – знак диагональной матрицы, i – суммирование по всем товарам. Коэффициент налогового вектора t корректирует добавленную стоимость в модели МОБ, оценивая изменения цен сырья:

$$p = (I - A')^{-1} (v + nci + t), \quad (37)$$

v – добавленная стоимость, nci – доля импорта товаров, не выпускаемых в регионе.

В связи с этим появляется необходимость анализа межрегиональных эффектов загрязнения с использованием моделей МОБ с включением показателей загрязнения в эти модели. На примере Великобритании произведены расчеты на основе методологии TELAS [13] полного учета потребления для основного парникового газа CO_2 , но с использованием аналитических методов, которые могут быть применены к любому парниковому газу или другому загрязнителю.

Ввиду глобализации экономики важное значение приобретает косвенный импорт парниковых газов, когда выпуск товаров, предназначенных для другой страны, приводит к большим выбросам парниковых газов в стране-производителе. Модель MRIO (ранее описанная в обзоре) учитывает это явление [14]. Проведены расчеты для 11 европейских стран и 37 видов продукции. Расчеты показывают, что, например, Испания является нетто-импортером парниковых газов, которые составляют 29 % внутреннего их выпуска. И при использовании кюотской квоты это должно быть учтено.

Модель снижения выбросов углекислого газа в Великобритании на 60 % до 2050 года рассмотрена в [15]. Применены оценки выпуска углекислого газа по разным его источникам и отраслям. Например, выброс углекислого газа на одну денежную единицу (например £) выпуска в i -ой отрасли равен:

$$u_i = \frac{1}{x_i} \sum_{n=1}^m f_n c_n, \quad (38)$$

где f_n – объем топлива типа n , используемого в i -ой отрасли; c_n – доля углекислого газа, выбрасываемого топливом типа n , x_i – валовый объем выпуска i -ой отрасли.

Естественным образом этот показатель включают в обычную модель МОБ.

Перечисленные выше задачи призваны решить следующий комплекс вопросов [16].

1) Какой объем выбросов в конкретной отрасли страны предназначен для собственного использования, а какой – для потребления другими странами и отраслями?

2) Как выпуск в стране определенного конечного продукта вызывает выбросы в других отраслях и между странами в глобальной производственной сети?

3) Кто делает выбросы, для кого и по какому маршруту глобальной производственной сети при производстве валового экспорта?

4) Сколько выбросов произведено для создания одной единицы ВВП на каждой стадии выпуска и по разным маршрутам глобальной производственной сети?

Основываясь на сочетании модели МОБ Леонтьева и уже указанной в обзоре модели MRIO, авторы частично ответили на эти вопросы путем анализа выбросов CO₂ в глобальной производственной и торговой сети между 41 экономикой в 35 секторах с 1995 по 2009 год на основе БД World Input Output Database (WIOD), показавшего влияние межстранового разделения выпуска на окружающую среду.

В глобальной экономике важны и энергопотребление, и энергосбережение. Его осуществляют традиционными технологиями (повышающими параметр «косинус фи»), и технологиями снижения потребления энергии устройствами. Также необходима эффективная инфраструктура аккумуляции энергии. В [17] эти проблемы энергосистемы Австрии решались региональной энергетической моделью МОБ. Она ищет энергопотребность 57 отраслей по 23 энергоносителям. Введены технологические коэффициенты A и энергоемкости e , которые находят как:

$$e_j^t = \frac{FE_j^t}{X_j}, \quad (39)$$

где e_j^t – интенсивность энергоносителя t в секторе j [кВт·ч/€]; FE_j^t – применение энергоносителя t из сектора j [кВт·ч/год]; X_j – выпуск сектора j [€/год]. Применена матрица норм потребления энергоносителя выпуска единицы продукции (RE). В столбцах – затраты энергии по цепочке поставок. Сумма столбцов равна сумме затрат одного энергоносителя на выпуск единицы продукции отрасли для покрытия конечного спроса.

$$RE = \hat{e} \cdot (I - A)^{-1} = \begin{bmatrix} r_{11}e_1 & r_{12}e_1 & \dots & r_{1n}e_1 \\ r_{21}e_2 & r_{22}e_2 & \dots & r_{2n}e_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1}e_n & r_{n2}e_n & \dots & r_{nn}e_n \end{bmatrix}. \quad (40)$$

Потребность в энергоносителях выражена как функция конечного спроса в экономике:

$$E = \hat{e} \cdot (I - A')^{-1} \cdot Y. \quad (41)$$

Умножение диагональной матрицы спроса дает вектор суммы потребления энергии:

$$E_{pg} = \hat{e} \cdot (I - A')^{-1} \cdot \hat{Y}. \quad (42)$$

Применение модели показало, что Австрия является нетто-импортером энергии.

В [18] предлагается объединить модель роста Солоу с моделью МОБ для анализа воздействия роста экономики на потребление энергии. Возникает обратная управляющая связь, т.к. энергия сама является условием роста экономики. Смоделирована структура потребления энергии в матрице МОБ. Исследованы факторы роста для анализа параметров модели по темпам потребления возобновляемой и невозобновляемой энергии, при этом потребление имеет вид:

$$Z_t = P_{rt} X_t, E_t = P_{mt} X_t, \quad (43)$$

где Z_t и E_t – векторы ($m \times 1$) отраслевого энергопотребления, а P_{rt} и P_{mt} – матрицы ($m \times m$) коэффициентов энергопотребления с элементами $z_{it} = Z_{it} = X_{it}$ и $e_{it} = E_{it} = X_{it}$.

Пусть Y_{it} – продукция сектора i в период t . Её объем равен объему спроса (в равновесии):

$$Y_t = \sum_{i=1}^m Y_{it} = \sum_{i=1}^m (C_{it} + D_{it} + G_{it} + NE_{it}), \quad (44)$$

C_{it} – потребление, D_{it} – инвестиции, G_{it} – госрасходы, NE_{it} – экспорт. Потребление энергии как конечный спрос имеет вид:

$$Z_t = P_{rt} \cdot (I - A_t)^{-1} \cdot Y_t, \quad E_t = P_{nt} \cdot (I - A_t)^{-1} \cdot Y_t, \quad TE_t = P_t \cdot (I - A_t)^{-1} \cdot Y_t, \quad (45)$$

где TE_t – вектор спроса на возобновляемые и невозобновляемые энергоресурсы в период t , P_t – матрица коэффициентов потребления энергии. Потребление энергии в период $t + 1$:

$$Z_{t+1} = P_{rt} \cdot (I - A_t)^{-1} \cdot Y_{t+1}, \quad E_{t+1} = P_{nt} \cdot (I - A_t)^{-1} \cdot Y_{t+1}, \quad (46)$$

где Y_{t+1} задают через $Y_{it+1} = g_{yit} Y_{it}$, а рост g_{yit} , определяемый энергетикой, имеет вид:

$$g_{yit} \approx \frac{1}{\beta_i + \kappa_i + \varepsilon_i} g_{Ai} + \frac{\kappa_i}{\beta_i + \kappa_i + \varepsilon_i} (z_t - s^z) - \frac{\varepsilon_i}{\beta_i + \kappa_i + \varepsilon_i} s^E - \frac{\kappa_i + \varepsilon_i}{\beta_i + \kappa_i + \varepsilon_i} g_{Lit}, \quad (47)$$

где β_i , κ_i и ε_i – доли труда, возобновляемой и невозобновляемой энергии, g_{Ai} – рост производительности, g_{Lit} – рост занятых, z_t и s^z – скорость регенерации возобновляемых ресурсов и доля имеющихся, s^E – часть невозобновляемых ресурсов в производстве.

Инструмент управления ТЭК – инвестиции в создание электростанций, обслуживающих несколько регионов, и совместный анализ их эффективности и экологичности [19]. Здесь определяют вектор (p) объема выбросов отраслей в каждом регионе (т.е. загрязняющих веществ / млн R\$), который имеет следующий вид:

$$p_i^L = \frac{TP_i^L}{X_i^L}, \quad (48)$$

где TP_i^L – вектор выбросов, сбрасываемых за год, а X_i^L – вектор выпуска для каждой i -ой отрасли в регионе L . Во-вторых, вводят вектор энергоемкости (e), определяющий потребление энергии выпуска продукции на 1 млн R\$ для сектора i в регионе L (МВт·ч):

$$e_i^L = \frac{CTE_i^L}{X_i^L}, \quad (49)$$

где CTE_i^L – вектор ($n \times 1$) потребления электроэнергии за год отрасли i в регионе L .

Далее находят выпуск (X), прямые и косвенные воздействия спроса на строительство электростанций (\dot{Y}). Эти величины преобразуют в выбросы для поиска объема выбросов $P_{construction}$. Затем оценивают спрос на энергию $E_{construction}$, умножая диагональную матрицу выпуска (\dot{X}) на вектор энергоемкости (e). Этот вектор является параметром в энергетической модели на базе межрегиональной модели МОБ Леонтьева.

Для межстранового уровня подобная модель GINFORS предложена в [20]. Прогноз по модели указывает на проблемы в устойчивости потребления природных ресурсов и решения проблем экологии.

Ядро модели состоит из модели МОБ (ИОМ и модели эмиссии энергетики (ЕЕМ)).

В модели ИОМ конечный спрос на продукцию i в постоянных ценах имеет вид:

$$f_i[t] = c_i[t] \cdot C[t] + b_i[t] \cdot B[t] + d_i[t] \cdot G[t] + X_i[t], \quad i \in [1, \dots, 41], \quad (50)$$

где f_i – конечный спрос; c_i , b_i , d_i – экзогенные переменные; C – частное потребление, B – объем инвестиций; G – объем госзакупок; X – экспорт. Цены на импорт $q_i[t]$ в местной валюте приводят к ценам на импорт в \$ США $\tilde{q}_i[t]$ и обменного курса $EXRA[t]$:

$$q_i[t] = q_i(q_i[t-1], \tilde{q}_i[t] \cdot EXTRA[t]). \quad (51)$$

Импорт в постоянных ценах $m_i[t]$ является функцией относительной цены на основе цен импорта и выпуска $q_i[t] / p_i[t]$ в местной валюте и конечного спроса $f_i[t]$ продукции i :

$$m_i[t] = m_i \left\{ \frac{q_i[t]}{p_i[t]}, f_i[t] \right\}. \quad (52)$$

Вектор валового производства y имеет вид:

$$y[t] = [I - AR[t]]^{-1} \cdot \{fd[t] - m[t]\}, \quad (53)$$

где AR – матрица технологических коэффициентов неэнергетических отраслей, для энергетических отраслей (2, 7 и 25) она обусловлена энергетической моделью (ЕЕМ).

Это модель взаимосвязи экономических процессов, потребления энергии и выбросов. Конечное энергопотребление fe сектора j определено выпуском y и отношением цены энергии

ре к цене p на продукцию сектора:

$$fe_j[t] = fe_j(y_j[t], pe[t] / p_j[t], t). \quad (54)$$

Конечную потребность в энергоносителе i ищут, умножая долю перевозчика i в энергопотреблении cf сектора j на конечный спрос на энергию по всем n секторам:

$$cf_j[t] = \sum_{j=1}^n cfc_{i,j}[t] \cdot fe_j[t]. \quad (55)$$

Объем поставок ископаемого топлива и доля углерода в них определяют выбросы CO_2 .

Оптимизационная межрегиональная межотраслевая модель [21] была предложена в 60-х годах прошлого столетия и получила систематическое описание в работах А. Г. Гранберга. Первые прогнозные расчеты для экономики Советского Союза для периода 1966–1975 гг. для 16 отраслей производства и 11 экономических регионов страны были осуществлены в 1967 г. К 1978 г. была осуществлена еще одна серия прогнозных расчетов – уже для периода 1975–1990 гг. Далее в 1978–1982 гг. по рекомендации Секретариата Генеральной Ассамблеи ООН сибирские межрайонные межотраслевые модели были привлечены для реализации проекта ООН «Будущее мировой экономики».

Концептуальной основой ОМММ являются, прежде всего, теории межотраслевого анализа и оптимального использования ресурсов.

Теоретические модели пространственной экономики могут включать описание взаимодействий очень большого числа экономических, социальных, технологических, природных, демографических и других факторов и иметь сколь угодно сложную математическую структуру, анализ которой затруднен даже при использовании современных информационных технологий. Всё это вынуждает отказываться от попыток построения всеобъемлющей и детализированной пространственной модели национальной экономики, приводит к необходимости ограничения сферы моделирования лишь важнейшими аспектами и к сознательному упрощению многих условий моделей и сильному агрегированию показателей. В ОМММ воплощен именно такой подход.

При этом расчетный (прогнозируемый) период при использовании ОМММ не может быть краткосрочным. Он должен быть достаточным для сооружения инвестиционных объектов в отраслях с большими сроками капитального строительства и освоения производственных мощностей. Практические расчеты по ОМММ проводятся на период 10–15 лет.

Модель представляет собой совокупность следующих групп условий:

1) региональные межотраслевые балансы производства и распределения продукции в последнем году прогнозного периода, предусматривающие возможность выбора оптимальных вариантов взаимосвязей между отраслями и регионами;

2) балансы наличия и использования трудовых ресурсов по каждому региону в последнем году прогнозного периода. Трудовые ресурсы закрепляются по регионам (т.е. являются экзогенными параметрами), в самой модели не предусматриваются условия перемещения трудовых ресурсов между регионами. Возможные и целесообразные миграционные потоки населения учитываются при обосновании прогнозных величин ограничений по труду;

3) балансы производства и потребления инвестиций в регионах за весь прогнозируемый период;

4) дополнительные ограничения по отдельным переменным (объемам производства, межрегиональным поставкам и т.д.), учитывающие лимитирующие природные условия, целесообразность использования имеющихся производственных мощностей и т.п.

При этих условиях находится вариант развития производства и межрегиональных связей, обеспечивающий максимальный рост затрат на потребление домашних хозяйств в целом по стране при заданной структуре (отраслевой и территориальной).

Приведем запись основных соотношений базовой ОМММ. Она включает n секторов продуктов и услуг (кроме транспорта), T видов транспорта и R регионов; в ней выделяется несколько капиталобразующих секторов (входящих в множество G) и, соответственно, столько же видов инвестиций. Каждый региональный блок r включает 5 типов ограничений – неравенства (1)–(6), целевая функция (7) относится не к отдельному региональному блоку, а к модели

В ЦЕЛОМ:

$$x_i^{r0} + x_i^{r1} - \sum_{j=1}^{n+T} a_{ij}^{r0} \cdot x_j^{r0} - \sum_{j=1}^{n+T} a_{ij}^{r1} \cdot x_j^{r1} - u_i^{r1} - \alpha_i^r \cdot Z - \quad (56)$$

$$- \sum_{\tau=1}^T \sum_{s \neq r} x_i^{rs} + \sum_{\tau=1}^T \sum_{s \neq r} x_i^{s\tau} - NEX_i^r \geq q_i^r, \quad i = 1, \dots, n;$$

$$x_\tau^{r0} + x_\tau^{r1} - \sum_{j=1}^n a_{\tau j}^{r0} \cdot x_j^{r0} - \sum_{j=1}^n a_{\tau j}^{r1} \cdot x_j^{r1} - \quad (57)$$

$$- \sum_{s \neq r} \sum_{j=1}^n a_{\tau rj}^{rs} \cdot x_i^{rs} + \sum_{s \neq r} \sum_{j=1}^n a_{\tau rj}^{sr} \cdot x_i^{sr} \geq q_\tau^r, \quad \tau = 1, \dots, T;$$

$$\sum_{j=1}^n l_\tau^{r0} \cdot x_j^{r0} + \sum_{j=1}^n l_j^{r1} \cdot x_j^{r1} + \sum_{\tau=1}^T l_\tau^{r0} \cdot x_\tau^{r0} + \sum_{\tau=1}^T l_\tau^{r1} \cdot x_\tau^{r1} \geq L^r; \quad (58)$$

$$\sum_{j=1}^n k_{gj}^{r0} \cdot x_j^{r0} + \sum_{j=1}^n k_{gj}^{r1} \cdot x_j^{r1} + \sum_{\tau=1}^T k_{g\tau}^{r0} \cdot x_\tau^{r0} + \quad (59)$$

$$+ \sum_{\tau=1}^T k_{g\tau}^{r1} \cdot x_\tau^{r1} - f(u_g^{r0}, u_g^{r1}) \geq 0, \quad g \in G;$$

$$x_i^{r0} \leq \zeta_i^{r0}, \quad i = 1, \dots, n; \quad (60)$$

$$\xi_i^{r0} \leq x_i^{r1} \leq \zeta_i^{r1}, \quad (\text{для некоторых } i, r); \quad (61)$$

$$Z \rightarrow \max. \quad (62)$$

Здесь к эндогенным переменным (определяемым в модели) относятся:

x_i^{r0} и x_i^{r1} – объемы выпуска продукции сектора i в регионе r соответственно на старых и вновь вводимых производственных мощностях;

x_τ^{r0} и x_τ^{r1} – объемы транспортной работы по виду транспорта τ в регионе r , реализуемые в рамках пропускных способностей транспортной инфраструктуры, имевшейся на начало периода и развитой в рамках рассматриваемого периода соответственно;

u_i^{r1} – объем капитальных товаров вида i , инвестируемых в регионе r в последнем году выделяемого периода;

Z – объем затрат на фактическое конечное потребление домашних хозяйств;

x_i^{rs} – объем продукции сектора i , перевозимой из района r в район s .

Экзогенными параметрами здесь выступают следующие:

a_{ij}^{r0} и a_{ij}^{r1} – затраты продукции сектора i на единицу выпуска сектора j в регионе r соответственно на старых и новых мощностях;

$a_{\tau j}^{r0}$ и $a_{\tau j}^{r1}$ – затраты транспортной работы вида τ региона r на единицу потребляемой в данном регионе продукции вида j ;

$a_{\tau rj}^{rs}$ – затраты транспортной работы вида τ региона r на вывоз единицы продукции сектора j в регион s ;

$a_{\tau rj}^{sr}$ – затраты транспортной работы вида τ региона r на ввоз единицы продукции сектора j из региона s ;

l_j^{r0} , l_j^{r1} , l_τ^{r0} , l_τ^{r1} – затраты труда на единицу выпуска сектора i в регионе r на старых мощностях, на единицу труда на новых мощностях, на единицу транспортной работы на старых мощностях и на единицу работы транспорта на новых мощностях соответственно;

k_{gj}^{r0} , k_{gj}^{r1} , $k_{g\tau}^{r0}$, $k_{g\tau}^{r1}$ – удельные затраты инвестиций вида g в регионе r последовательно: на поддержание производства на старых мощностях сектора j , на прирост производства в секторе j , на старые мощностях транспорта вида τ и на развитие инфраструктуры транспорта вида τ ;

α_i^r – доля i -го сектора (отрасли) региона r в общероссийском объеме затрат на фактическое конечное потребление домашних хозяйств;

u_g^{r0} – задаваемый экзогенно объем инвестиций вида g в регионе r в базовом году;

NEX_i^r – чистый экспорт (экспорт минус импорт) продукции сектора i , осуществляемый из региона r ;

q_i^r – фиксируемая часть потребности в продукции сектора i в регионе r ;

ζ_i^{r0} – максимальный объем продукции i -го сектора в r -ом регионе, который может быть получен в последнем году прогнозного периода с производственных мощностей, действовавших на начало прогнозного периода;

ξ_i^{r1}, ζ_i^{r1} – минимальный и максимально допустимый приросты производства продукции i -го сектора в r -ом регионе;

$f(u_g^{r0}, u_g^{r1})$ – функция суммы за период инвестиций вида g в регионе r .

4. Структура блока производственного баланса

В разработанной модели АТМО для r -го региона с n отраслями межотраслевой производственный баланс региона в матричном виде имеет вид (t – номер месяца):

$${}^t V^{(p)r} + {}^t A^{(v)r} {}^t X^{(p)r} + {}^t G^{(v)r} {}^t X^{(vp)r} = {}^t Y^{(w)r} + {}^t Z^{(p)r} + {}^t U^{(p)r} \quad (63)$$

или в натуральном выражении:

$${}^t V^r {}^t P^r + {}^t A^{(v)r} {}^t X^r {}^t P^r + {}^t G^{(v)r} {}^t X^{(v)r} {}^t P^r = {}^t Y^{(w)r} {}^t P^r + {}^t Z^r {}^t P^r + {}^t U^r {}^t P^r, \quad (64)$$

где:

- ${}^t P_i^r$ – диагональная матрица отпускных цен выпускаемой продукции;
- ${}^t V_i^r$ – запасы продукции на складах предприятий отраслей;
- ${}^t X^r$ – выпуск продукции на предприятиях отраслей региона;
- ${}^t X_i^{(v)r}$ – ввоз продукции отраслей в регион;
- ${}^t Y_i^{(w)r}$ – потребление продукции отраслей в регионе;
- ${}^t Z^r$ – вывоз продукции отраслей из региона;
- ${}^t U_i^r$ – сервисное потребление в секторе бытовых услуг в рамках малого бизнеса;
- ${}^t A^{(v)r}$ – технологические коэффициенты долей продукции отрасли, затрачиваемой на выпуск единицы товаров другими отраслями;
- ${}^t G^{(v)r}$ – логистические коэффициенты долей продукции отраслей, идущие на ввоз единицы товаров другими отраслями.

Данные коэффициенты задаются соотношениями:

$$a_{ij}^{(0)r} = \frac{(x_{ij}^{(s)r} + x_{ij}^{(sv)r}) \cdot p_i^r}{x_j^r \cdot p_j^r} = \frac{x_{ij}^{(sp)r} + x_{ij}^{(svp)r}}{x_j^{(p)r}} \quad (65)$$

– базовый технологический коэффициент – средний объем поставок за ряд лет выпущенной (${}^t x_{ij}^{(s)r}$) и ввезенной (${}^t x_{ij}^{(sv)r}$) продукции из отрасли i в j в среднем объеме выпуска (${}^t x_j^r$) производственными предприятиями отрасли j в средних ценах p_j^r ;

$$g_{ij}^{(0)r} = \frac{(x_{ij}^{(s)r} + x_{ij}^{(sv)r}) \cdot p_i^r}{x_j^{(v)r} \cdot p_j^r} = \frac{x_{ij}^{(sp)r} + x_{ij}^{(svp)r}}{x_j^{(vp)r}} \quad (66)$$

– базовый логистический коэффициент – средний объем поставок за ряд лет выпущенной (${}^t x_{ij}^{(s)r}$) и ввезенной (${}^t x_{ij}^{(sv)r}$) продукции из отрасли i в j в среднем объеме ввоза (${}^t x_j^{(v)r}$) торговыми предприятиями отрасли j в средних ценах p_j^r .

С показателями экономии (перерасхода) затрат продукции отраслями (${}^t da_{ij}^r$ и ${}^t dg_{ij}^r$) коэффициенты a_{ij}^r и g_{ij}^r формируют суммарно по месяцам годовые коэффициенты (f – индекс года) по следующим формулам:

$${}^0 a_{ij}^r = a_{ij}^{(0)r}, {}^f a_{ij}^r = {}^{f-1} a_{ij}^r + \sum_{t=1}^{12} {}^t da_{ij}^r, \quad (67)$$

$${}^0 g_{ij}^r = g_{ij}^{(0)r}, {}^f g_{ij}^r = {}^{f-1} g_{ij}^r + \sum_{t=1}^{12} {}^t dg_{ij}^r, \quad (68)$$

- ${}^0 a_{ij}^r$ – технологические коэффициенты в начале периода планирования;
- ${}^0 g_{ij}^r$ – логистические коэффициенты в начале периода планирования;
- ${}^{f-1} a_{ij}^r$ – технологические коэффициенты за прошлый год ($f-1$);
- ${}^{f-1} g_{ij}^r$ – логистические коэффициенты за прошлый год ($f-1$).

Эти коэффициенты находятся в *развернутом виде* блока, имеющего конструкцию из n уравнений (здесь I – единичная матрица):

$$\begin{aligned} {}^t V^r \cdot {}^t P^r + \underbrace{[(I - {}^t B^{(v)r}) - {}^t A^r] \cdot {}^t X^r \cdot {}^t P^r}_{{}^t A^{(v)r}} + \underbrace{[(I - {}^t C^{(v)r}) - {}^t G^r] \cdot {}^t X^{(v)r} \cdot {}^t P^r}_{{}^t G^{(v)r}} = \\ = {}^t Y^{(w)r} \cdot {}^t P^r + {}^t Z^r \cdot {}^t P^r + {}^t U^r \cdot {}^t P^r. \end{aligned} \quad (69)$$

- ${}^t B_i^{(v)r}$ – доли поставок собственной продукции в рамках госзакупок;
- ${}^t C_i^{(v)r}$ – доли поставок ввезенной продукции в рамках госзакупок;
- ${}^t Y_i^{(w)r} = {}^{t-1} W_i^r \cdot {}^{t-1} Y_i^r$ – спрос как произведение числа потребителей на удельное потребление за месяц ($t-1$) из-за запаздывания прогноза по спросу.

Уравнение для отрасли i , региона r и месяца t имеет следующий покомпонентный вид p :

$$\begin{aligned} {}^t v_i^r \cdot {}^t p_i^r + (1 - {}^t b_i^{(v)r}) \cdot {}^t x_i^r \cdot {}^t p_i^r - \sum_{j=1}^n {}^t a_{ij}^r \cdot {}^t x_j^r \cdot {}^t p_j^r + \\ + (1 - {}^t c_i^{(v)r}) \cdot {}^t x_i^{(v)r} \cdot {}^t p_i^r - \sum_{j=1}^n {}^t g_{ij}^r \cdot {}^t x_j^{(v)r} \cdot {}^t p_j^r = \\ = {}^t y_i^{(w)r} \cdot {}^t p_i^r + {}^t z_i^r \cdot {}^t p_i^r + {}^t u_i^r \cdot {}^t p_i^r. \end{aligned} \quad (70)$$

Здесь ряд параметров – независимые показатели, есть переменные за предшествующий период – месяц $b(t-1)$:

$${}^t b_i^{(v)r} = (1 + {}^t db_i^{(v)r}) \cdot \frac{{}^{t-1} y_i^{(w)r}}{{}^{t-1} x_i^r} \quad (71)$$

– доля госзаказа в выпуске как прирост ${}^t db_i^{(v)r}$ отношения потребления домохозяйств ${}^t y_i^{(w)r}$ к выпуску ${}^t x_i^r$, дающий его прирост;

$${}^t c_i^{(v)r} = (1 + {}^t dc_i^{(v)r}) \cdot \frac{{}^{t-1} u_i^r}{{}^{t-1} x_i^{(v)r}} \quad (72)$$

– доля госзаказа в вывозе как прирост ${}^t dc_i^{(v)r}$ отношения сервисного потребления ${}^t u_i^r$ к вывозу ${}^t x_i^{(v)r}$, дающий его прирост;

$${}^t da_{ij}^r = {}^t p_i^{(a)r} \cdot \frac{{}^t a_{ij}^r \cdot {}^t b_{ij}^{(ef)r}}{{}^t p_i^r} \quad (73)$$

– доля технологической экономии как доля распределения удельных затрат на НИОКР ${}^t p_i^{(a)r}$ пропорционально долям затрат на товары других отраслей ${}^t a_{ij}^r$ и эффективность расходов на их снижение ${}^t b_{ij}^{(ef)r}$ и обратно пропорционально отпускным ценам ${}^t p_i^r$;

$${}^t p_i^{(at)r} = \frac{{}^{t-1} v_i^{(sc)r} \cdot {}^{t-1} p_i^r}{({}^{t-1} p_i^r + {}^{t-1} p_i^{(c)r}) \cdot {}^{t-1} x_i^r}, \quad (74)$$

– базовые удельные затраты на НИОКР как доля объема НИР ${}^{t-1} v_i^{(sc)r}$, пропорциональная доле отпускных цен ${}^{t-1} p_i^r$ к сумме отпускных и закупочных цен ${}^{t-1} p_i^r + {}^{t-1} p_i^{(c)r}$ на единицу товара объемом ${}^{t-1} x_i^r$ – эти показатели берутся за прошлый период;

$${}^t x_i^r = (1 + {}^t dx_i^r) \cdot {}^{t-1} x_i^r \quad (75)$$

– текущий выпуск продукции как его прирост ${}^t dx_i^r$ к нему за прошлый месяц ($t-1$);

$${}^t x_i^{(v)r} = (1 + {}^t dx_i^{(v)r}) \cdot {}^{t-1} x_i^{(v)r} \quad (76)$$

– текущий ввоз продукции как его прирост ${}^t dx_i^{(v)r}$ к нему за прошлый месяц ($t-1$);

$${}^t v_i^r = {}^{t-1} u_i^r \cdot {}^t d_i^{(x)r} \quad (77)$$

– запасы как доля ${}^t d_i^{(x)r}$ сервисного потребления за прошлый месяц ${}^{t-1} u_i^r$;

$${}^t d_i^{(x)r} = \frac{{}^t v_i^r}{{}^{t-1} u_i^r} \quad (78)$$

– доля запасов в сервисном потреблении ${}^t u_i^r$ задает запас ${}^t v_i^r$ на основе прошлого опыта.

Доля технологического перерасхода/экономии da_{ij}^r – это доля продукции, отражающая величину положительного или отрицательного изменения поставок продукции i -ой отрасли j -ой за счет НИОКР.

В поставках i -го отрасли знак da_{ij}^r – это рост, уменьшение или стабилизация поставок его продукции в j -ую отрасль – в зависимости от качества товаров i -го отрасли.

В потреблении i -ой отрасли $da_{ij}^r > 0$ – это качественный, но дорогой товар с большими поставками из j -го отрасли (рост материалоемкости), $da_{ij}^r < 0$ – это более дешевый, но менее качественный товар с экономией сырья. При $da_{ij}^r = 0$ качество неизменно. Этот показатель – итог фактических удельных затрат на НИОКР ${}^t p_i^{(a)r}$ отрасли i .

Изменение затрат ${}^t da_{ji}^r$ на выпуск ${}^t x_i^r$ продукции других отраслей (компенсирующие частично друг друга) обеспечены выручкой:

$${}^t x_i^r \cdot {}^t p_i^r \cdot \sum_{j=1}^n {}^t da_{ji}^r \leq {}^t v_i^{(d)r} \cdot {}^t x_i^r \cdot {}^t p_i^r, \quad (79)$$

откуда

$$\sum_{j=1}^n {}^t da_{ji}^r \leq {}^t v_i^{(d)r}, \quad (80)$$

где ${}^t v_i^{(d)r}$ – темп роста подушевого ВРП в качестве коэффициента воспроизводства.

Долю этих затрат на снижение/рост материалоемкости товаров j -ой отрасли в составе единицы товара отрасли i получают домножением НИОКР ${}^t p_i^{(a)r}$ на доли товаров j -ой отрасли для выпуска i -ой отрасли (${}^t a_{ji}^r$). Эти издержки по изменению материалоемкости умножают на ${}^t b_{ji}^{(ef)r}$ – изменение валового удельного потребления сырья/комплектующих i -ой отрасли для товаров j -ой к единице затрат. Параметр $({}^t p_i^r)^{-1}$ – это доля затрат на снижение/рост материалоемкости ${}^t p_i^{(a)r} \cdot {}^t a_{ji}^r \cdot {}^t b_{ji}^{(ef)r}$ в цене продукта ${}^t x_i^r$. Затраты на НИОКР изменяют материалоемкость отрасли:

$${}^t da_{ji}^r = {}^t p_i^{(a)r} \cdot {}^t a_{ji}^r \cdot {}^t b_{ji}^{(ef)r} \cdot ({}^t p_i^r)^{-1}. \quad (81)$$

Подставим (74) в условие ограничения сверху изменений технологических коэффициентов темпов роста подушевого ВРП и выразим удельные затраты на НИОКР:

$$\sum_{j=1}^n {}^t da_{ji}^r \leq {}^t v_i^{(d)r}, \quad (82)$$

откуда

$${}^t p_i^{(a)r} \leq {}^t v_i^{(d)r} \cdot {}^t p_i^r \cdot \sum_{j=1}^n ({}^t da_{ji}^r \cdot {}^t b_{ji}^{(ef)r})^{-1}. \quad (83)$$

Приравняем обе части (76), добавив к правой части ${}^t dp_i^{(a)r}$, ее положительность задает рост затрат, снижающих материалоемкость:

$${}^t p_i^{(a)r} = (1 + {}^t dp_i^{(a)r}) \cdot {}^t v_i^{(d)r} \cdot {}^t p_i^r \cdot \sum_{j=1}^n ({}^t da_{ji}^r \cdot {}^t b_{ji}^{(ef)r})^{-1}. \quad (84)$$

Добавку ${}^t dp_i^{(a)r}$ дают капитальные удельные затраты ${}^t p_i^{(at)r}$ на НИОКР, откуда условие:

$${}^t dp_i^{(a)r} \leq {}^t p_i^{(at)r}. \quad (85)$$

Для отраслей, где хотя бы один ${}^t da_{ij}^r$ или ${}^t dg_j^r$ – ненулевой (в межотраслевом финансовом балансе модели АТМО), имеет место:

$${}^t dv_i^r = {}^t p_i^r \cdot \sum_{j=1}^n {}^t da_{ij}^r \cdot {}^t x_j^r + {}^t p_i^r \cdot \sum_{j=1}^n {}^t dg_{ij}^r \cdot {}^t x_j^{(v)r}. \quad (86)$$

Инвестиционный прирост продукции региона ${}^t dy_i^{(w)r}$ – это затраты продукции отрасли i для роста выпуска в других отраслях, что отражено в коэффициентах ${}^t da_{ij}^r$ и ${}^t dg_j^r$.

В блоке отражены потоки продукции между субъектами региона – производственными и торговыми предприятиями, соответственно выпускающими и ввозящими продукцию.

Большая часть компонент модели делится по этому признаку, однако ряд переменных имеет общеотраслевое значение и дезагрегируется на компоненты с индексами, соответствующими производству и торговле:

- $i-n$: индекс, определяемый производством региона;
- $i+n$: индекс, указывающий на деятельность торговых предприятий.

Например, запасы продукции для промышленности обозначаются ${}^t v_{i-n}^r$, а для торговли – ${}^t v_{i+n}^r$, и верно равенство:

$${}^t v_i^r = {}^t v_{i-n}^r + {}^t v_{i+n}^r. \quad (87)$$

Также важно распределение по источникам прихода товаров в сферу услуг, выраженного показателем сервисного потребления (для промышленности – ${}^t u_{i-n}^r$, для торговли – ${}^t u_{i+n}^r$), который даёт итоговый отраслевой показатель:

$${}^t u_i^r = {}^t u_{i-n}^r + {}^t u_{i+n}^r. \quad (88)$$

Для ряда переменных это не имеет смысла, например, для показателя выпуска продукции x_i^r , однако формально можно написать:

$${}^t x_{i-n}^r = {}^t x_i^r, \quad {}^t x_{i+n}^r = 0. \quad (89)$$

Дополнительные переменные формируют:

- дополнительные условия, уточняющие планирование по модели;
- дополнительные задачи в рамках практики работы с моделью.

5. Общие ограничения на значения переменных продукционного баланса

Продукционный баланс как элемент модели АТМО выполняет функцию поиска оптимальных значений переменных выпуска ${}^t x_i^r$ и ввоза ${}^t x_i^{(v)r}$, а также технологических и логистических коэффициентов ${}^t a_{ij}^r$ и ${}^t g_j^r$ вместе с параметрами госпоставок выпускаемой и ввозимой продукции ${}^t b_i^{(v)r}$ и ${}^t c_i^{(v)r}$.

Введем показатель ${}^f c_{i,k}^{(x)r}$ – доля k -ой корпорации в выпуске продукции i -ой отрасли в регионе r . Он даёт возможность декомпозировать отраслевые характеристики производства/торговли в корпоративные.

Оптимальные показатели ищут, максимизируя индикаторы при ограничениях для отраслей, регионов и новых предприятий с их долями ${}^f dc_{i,k}^{(x)r,b}$ корпорации $k = 1, \dots, s$ в районе b за год f , увеличивая ее долю:

$${}^f c_{i,k}^{(x)r} = {}^{f-1} c_{i,k}^{(x)r} + \sum_{b=1}^e {}^f dc_{i,k}^{(x)r,b} = {}^{f-1} c_{i,k}^{(x)r} + {}^f dc_{i,k}^{(x)r}, \quad k = \overline{1, s}. \quad (90)$$

Доля новых предприятий в отрасли:

$${}^f c_i^{(x)r} = \sum_{k=1}^s {}^f c_{i,k}^{(x)r}. \quad (91)$$

Показатель по месяцам на основе годового:

$${}^{f,t} dc_i^{(x)r} = {}^t dc_i^{(x)r} = {}^f dc_i^{(x)r} / 12, \quad t = 12 \cdot f + 1, 12 \cdot f + 2, \dots, f = 200(1), 200(2), \dots \quad (92)$$

Выделим $s = 400$ крупнейших корпораций РФ, охватывающих все отрасли ее экономики и

способных действовать в каждом регионе любой области. Пусть есть не более чем $e = 50$ районов в каждом регионе. При этом корпорация, работающая в отрасли сельского хозяйства – основного для любого района, получает индекс $k = 1$. Если в районе нет корпорации k или в регионе нет района b , то соответствующий показатель ${}^{t,f}dc^{(x)}_{i,k}{}^{r,b} = 0$.

В *продукционном балансе* ограничения направлены на *сервисное потребление* как индикатор роста сферы услуг (с долей новых предприятий ${}^t dc^{(x)}_i$):

$$\begin{aligned} {}^t u_i^r \cdot {}^t p_i^r &= (1 - {}^t b_i^{(v)r}) \cdot {}^t x_i^r \cdot {}^t p_i^r - \sum_{j=1}^n {}^t a_{ij}^r \cdot {}^t x_j^r \cdot {}^t p_j^r + \\ &+ (1 - {}^t c_i^{(v)r}) \cdot {}^t x_i^{(v)r} \cdot {}^t p_i^r - \sum_{j=1}^n {}^t g_{ij}^r \cdot {}^t x_j^{(v)r} \cdot {}^t p_j^r - \\ &- {}^t y_i^{(w)r} \cdot {}^t p_i^r - {}^t z_i^r \cdot {}^t p_i^r + {}^t u_i^r \cdot {}^t p_i^r = {}^t u_i^r ({}^t \mathbf{x}_i^r, {}^t \mathbf{x}_i^{(v)r}) \end{aligned} \quad (93)$$

Индикатор отражает цель потребительского развития – рост сервисного потребления при удовлетворении нужд отраслей и населения (на основе выпуска и ввоза):

$${}^t u_i^r ({}^t \mathbf{x}_i^r, {}^t \mathbf{x}_i^{(v)r}) \rightarrow \max. \quad (94)$$

1. Выпуск ограничен средним выпуском, темпом роста/падения выпуска ${}^t d^{(pr)}_i$ и приростом предприятий в отрасли ${}^t dc^{(x)}_i$, увеличивающих выпуск продукции:

$$(1 + {}^t dc^{(x)}_i + {}^t d^{(pr)}_i) \cdot {}^t x_i^{(mid)r} \leq {}^t x_i^r \leq (1 + {}^t dc^{(x)}_i - {}^t d^{(pr)}_i) \cdot {}^t x_i^{(mid)r}, \quad (95)$$

где ${}^t x_i^{(mid)r}$ – средний объем выпуска, его следующее значение находят как:

$${}^t x_i^{(mid)r} = {}^{t-1} x_i^{(mid)r} + ({}^{t-1} p_i^r)^{-1} \cdot \sum_{j=1}^{n^{(x)}} {}^{t-1} da_{ji}^r \cdot {}^{t-1} p_j^r \cdot {}^{t-1} x_j^r, \quad (96)$$

где $n^{(x)}$ – число отраслей-производителей оборудования.

2. Ввоз ограничен темпом роста/падения среднего выпуска ${}^t d^{(pr)}_i$ и приростом предприятий в отрасли ${}^t dc^{(x)}_i$, стимулирующих ввоз продукции в регион:

$$(1 + {}^t dc^{(x)}_i + {}^t d^{(pr)}_i) \cdot {}^t x_i^{(vmid)r} \leq {}^t x_i^{(v)r} \leq (1 + {}^t dc^{(x)}_i - {}^t d^{(pr)}_i) \cdot {}^t x_i^{(vmid)r}, \quad (97)$$

где ${}^t x_i^{(vmid)r}$ – средний объем ввоза, равный:

$${}^t x_i^{(vmid)r} = {}^{t-1} x_i^{(vmid)r} + ({}^{t-1} p_i^r)^{-1} \cdot \sum_{j=1}^{n^{(z)}} {}^{t-1} dg_{ji}^r \cdot {}^{t-1} p_j^r \cdot {}^{t-1} x_j^{(v)r}, \quad (98)$$

где $n^{(z)}$ – число отраслей, обеспечивающих инфраструктуру ввоза товаров в регион.

3. Объем сервисного потребления продукции (в сферу услуг) определяется ${}^t dc^{(x)}_i$ и ${}^t u_i^{(d)r}$ – темпом роста объемов малого бизнеса:

$$(1 + {}^t dc^{(x)}_i) \cdot {}^t u_i^{(d)r} \cdot {}^{t-1} u_i^r \leq {}^t du_i^r. \quad (99)$$

4. Темпы прироста запасов ${}^t v_i^{(d)r}$ дают инвестиционный прирост продукции отрасли с учетом прироста новых предприятий ${}^t dc^{(x)}_i$:

$${}^t dv_i^r \leq (1 + {}^t dc^{(x)}_i) \cdot {}^t v_i^{(d)r} \cdot {}^{t-1} v_i^r. \quad (100)$$

5. Инвестиционный прирост отрасли обеспечен приростом населения, его доходов и приростом предприятий ${}^t dc^{(x)}_i$:

$${}^t dv_i^r \geq (1 + {}^t dc^{(x)}_i) \cdot ({}^t w_i^{(d)r} \cdot {}^{t-1} w_i^r) \cdot ({}^t y_i^{(d)r} \cdot {}^{t-1} y_i^r), \quad (101)$$

- ${}^t w_i^{(d)r}$ – темп роста населения;
- ${}^t y_i^{(d)r}$ – рост подушевого ВВП (для региона рассматривается как ВРП);
- ${}^{t-1} w_i^{(d)r}$ – среднее число потребителей (за предшествующий месяц);
- ${}^{t-1} y_i^{(d)r}$ – удельный спрос у населения (за предшествующий месяц).

6. Росту госзаказа с учетом новых предприятий ${}^t dc^{(x)}_i$ помогает прогноз спроса:

$${}^t db_i^{(v)r} \cdot {}^t x_i^r + {}^t dc^{(v)}_i \cdot {}^t x_i^{(v)r} \geq (1 + {}^t dc^{(x)}_i) \cdot ({}^t w_i^{(d)r} \cdot {}^{t-1} w_i^r) \cdot ({}^t y_i^{(d)r} \cdot {}^{t-1} y_i^r), \quad (102)$$

- ${}^t db_i^{(v)r}$ – рост доли выпуска по госпоставкам;
- ${}^t dc_i^{(v)r}$ – рост доли ввоза по госпоставкам.

6. Рамочные энергетические условия работы продукционного баланса

Важное значение в моделировании территориальных процессов играет энергетический фактор, определяющий развитие экономики РФ, в частности, который описывается моделью АТМО реального сектора экономики, состоящего, как уже ранее указывалось, из производства и торговли.

Для этого в модели АТМО сформулирован ряд *принципов связи ТЭК и экономики* в плане характера и направления товарных потоков между ними. Указанные макроэкономические требования пытаются осуществить на практике как предприятия в рамках своей производственной политики, так и государство через доступные ему макроэкономические инструменты.

В модели используется обозначение $n \approx 457$ – число секторов, куда включены виды экономической деятельности из стандартного списка ОКВЭД РФ (1600 наименований), относящиеся к выпуску любой материальной продукции, включая производство сельскохозяйственной продукции, электроэнергии и строительство. Выделим отрасли (виды экономической деятельности), входящие в ТЭК. Им соответствуют номера (30 секторов):

- 64–71: добыча каменного и бурого угля, торфа;
- 72–75: добыча сырой нефти и природного газа);
- 76–78: добыча урановой руды;
- 443–457: производство, передача и распределение электроэнергии, газа, пара и горячей воды.

Тогда выпишем следующие соотношения (в порядке нумерации 7–11):

7. Принцип *снижения энергоемкости* выпуска выражен долей технологической экономии ${}^t da_{ij}^r$. Ее отрицательная величина говорит об уменьшении технологического коэффициента ${}^t a_{ij}^r$ (куда ${}^t da_{ij}^r$ входит) поставок i -ой отрасли ТЭК неэнергетическим отраслям j :

$${}^t da_{ij}^r < 0, \quad i \in I^{(s)}, \quad j \notin I^{(s)}, \quad (103)$$

где $I^{(s)} = \{64–71, 72–75, 76–78, 443–457\}$ – множество отраслей ТЭК.

8. Принцип *энергостимулирования сбыта* также выражен долей технологической экономии ${}^t da_{ij}^r$. Ее положительность говорит о росте поставок i -ой неэнергетической отрасли j -ым отраслям ТЭК, влияя на технологический коэффициент a_{ij}^r (куда ${}^t da_{ij}^r$ входит):

$${}^t da_{ij}^r > 0, \quad i \notin I^{(s)}, \quad j \in I^{(s)}, \quad (104)$$

где $I^{(s)} = \{64–71, 72–75, 76–78, 443–457\}$ – множество отраслей ТЭК.

9. Принцип *роста экспорта ТЭК* реализуется через индикатор прироста запасов ${}^t dv_i^r$ для энергетических отраслей в двух вариантах – для производства и торговли. В первом варианте прирост продукции ТЭК для реализации инвестиционной политики исчерпывается при сбытовой политике предприятий ТЭК, а во втором – запасы накапливают, компенсируя уход собственных энерго-ресурсов за рубеж за счет ввозных:

$${}^t dv_{i-n}^r \approx 0, \quad {}^t dv_{i+n}^r > 0, \quad i \in I^{(s)}, \quad (105)$$

- ${}^t dv_{i-n}^r$ – прирост запасов на производстве;
- ${}^t dv_{i+n}^r$ – прирост запасов в торговле.

10. Принцип *потребления домохозяйств за счет ТЭК* соблюдается с использованием прироста сервисного потребления ${}^t du_i^r$, обеспечиваемого торговыми предприятиями (индекс $i+n$), – импортная продукция, покупаемая с доходов от экспорта ТЭК требует услуг со стороны сферы услуг, откуда и идет рост сервисного потребления:

$$\sum_{i \notin I^{(s)}} {}^t du_{i+n}^r \cdot {}^t p_i^r \leq \sum_{i \in I^{(s)}} {}^t y^{(wv)}_i^r \cdot {}^t p_i^r, \quad (106)$$

- ${}^t y^{(w)}_i$ – экспорт продукции (это константа из другого блока модели);
- ${}^t p_i^r$ – отпускные цены выпускаемой продукции.

11. Принцип *поддержки ВРП за счет ТЭК* отображается индикатором сервисного потребления ${}^t u_i^r$ с производственной продукцией (индекс $i-n$) как основы реального ВРП от товаропроизводящих отраслей, доход от их деятельности дополняет сбыт продукции отраслей ТЭК – если в регионе они есть, при этом вводится максимизируемая целевая функция, которую «вытягивают» отрасли ТЭК, а прочие отрасли превышают свой средний уровень выпуска на прогнозный рост ВВП:

$$\sum_{i \in I} {}^t d u_{i-n}^r \cdot {}^t p_i^r \rightarrow \max, \quad {}^t u_{i-n}^r \cdot {}^t p_i^r \geq {}^f y^{(fd)}_i \cdot {}^t u_i^{(mid)} \cdot {}^t p_i^r, \quad i \in I^{(s)}, \quad (107)$$

- ${}^f y^{(fd)}_i$ – прогнозный рост ВВП по РФ;
- I – множество всех отраслей региона.

С учетом общих ограничений, указанных выше, эта система условий задает процесс оптимизации стратегии региональной экономики.

7. Отличительные особенности предлагаемой модели

Блок межотраслевого производственного баланса имеет ряд особенностей:

- учет в модели лишь отраслей, занятых в материальном производстве и торговле;
- привязка предприятий, составляющих отрасли, к торговым компаниям, ввозящим и сбывающим продукцию, однотипную по отношению к производимой этими предприятиями, из-за пределов региона;
 - учет использования в регионе не только произведенной предприятием(ями) каждой отрасли продукции, но и ввезенной торговыми компаниями;
 - подробный контроль локации поставок продукции конкретной отрасли в регионе и ввоза торговой компанией:
 - промышленным предприятиям других отраслей;
 - фирмам, сбывающим товары других отраслей;
 - государственным учреждениям (школы, больницы, воинские части и т.д.) – поставки как собственной, так и ввезенной продукции;
 - домохозяйствам;
 - в другие регионы;
 - на экспорт;
 - малому бизнесу с функциями сервисных предприятий, за вычетом объема продукции, резервированной в рамках остатков;
 - определение технологических коэффициентов как отношения взаимных поставок не только собственного выпуска продукции в регионе, но и ввезенной продукции к объему выпуска других отраслей;
 - введение логистических коэффициентов как отношение взаимных поставок несобственного выпуска и ввезенной продукции в регионе к объему ввоза товаров других отраслей торговыми компаниями;
 - расчет технологических и логистических коэффициентов пошаговым накоплением месячных их изменений в итоговом годовом значении;
 - моделирование сумм, выделяемых на НТР, как затрат на изменение технологических коэффициентов посредством удельных затрат на НИОКР;
 - привнесение в межотраслевые уравнения небалансов – сервисного потребления в малом бизнесе как целевых показателей отраслей, это потребление их товаров после удовлетворения других обязательств;
 - применение специальных параметров декомпозиции отраслевых показателей в корпоративные, а региональных – в районные, причем корпорацию соотносят с районом, где размещено конкретное предприятие;
 - представление переменных в виде двух компонент, отвечающих за производственный

и торговые вклады в ее итоговое значение;

- наложение на переменные уравнения баланса ограничений, опирающихся на параметры макроэкономической ситуации в регионах;
- уточнение решений, полученных с помощью балансовых уравнений, посредством рамочных условий влияния ТЭК на остальную экономику региона.

8. Заключение

Указанные особенности дадут пользователю модели возможность проводить имитацию следующих процессов в системе отраслей регионов:

- определение оптимальных по критерию равновесия объемов выпуска и ввоза отраслевых предприятий в условиях конкуренции за ресурсы;
- поиск наилучших с т.з. устойчивости хозяйственной деятельности параметров работы производственных и торговых предприятий, в основном коэффициентов изменения удельных расходов технологии и логистики;
- выработка возможных стратегий государства, способствующих деятельности отраслевых региональных производственных и торговых предприятий, заключающихся, главным образом, в установлении наиболее целесообразных размеров госзакупок выпускаемой и ввозимой продукции.

Литература

1. *Schaffer W. A.* Regional Impact Models. Morgantown: West Virginia University, 1999, 88 p. [Papers of the regional research Institute]
2. *Pan H., Köhler J.* Technological change in energy systems: Learning curves, logistic curves and input-output coefficients // *Ecological economics*, Amsterdam: Elsevier. 2007. P. 749–758.
3. *Poole E.* A Concise Description of Statistics Canada's Input-Output Models // *Research Note of Canadian Journal of Regional Science*. 1995. V. 18. P. 255–270.
4. *Bröcker J., Kanacs A., Schürmann C., Wegener M.* Methodology for the assessment of spatial economic impacts of transport projects and policies // *Reports of the Institute for spatial planning*. University of Dortmund. 2002. V. 54. 95 p.
5. *Bayerl N., Fritz O., Hierländer R., Streicher G.* Exports, Services and Value Added – A National, International and Regional Analysis for Austria // *FIWO Research Report № 008. Export of Services & Competitiveness*. Wien: Austrian Institute of Economic Research, 2008. 93 p.
6. *Forconi E., Maranzana C.* A Multi-region Multi-sector model for the evaluation of Demographic and Economic Scenarios // *Proc. SAS European Users Group International (SEUGI)*, 1998. P. 86–92.
7. *de Vet B., Nijmeijer H.* Constructing regional supply and use tables // A chapter in Book “Understanding and interpreting economic structure” / ed. by Sonis M., Hewings G. J. D., Maddan M., Kimura Y. Springer, 1999. P. 237–263.
8. *NWT Input-Output Model: An Overview* // *Government of the Northwest Territories*. Yellowknife: NWT Bureau of Statistics, 2006, 15 p.
9. *Sargento A. L. M.* Interregional trade estimation and input-output modelling based on total use rectangular tables // *Regional input-output tables and models (Faculty of economics)*. University of Coimbra, 2009. 345 p.
10. *Aydoğuş O., Değer Ç., Çalışkan E. T., Gürel G.* A Regional Input-Output Model for Izmir // *Working Papers in Economics № 13/02*. Project funded by IZKA (Izmir Kalkınma Ajansı, Izmir Development Agency). Izmir: Ege University, 2013. 26 p.
11. *Ragwitz M., Schade W., Breitschopf B., Walz R., Helfrich N., Rathmann M., Resch G., et al.* The impact of renewable energy policy on economic growth and employment in the European Union:

- Final report. Karlsruhe: Ege University, 2013. 26 p.
12. *Perese K.* Input-output model analysis: Pricing carbon dioxide emissions // Working Paper Series (Tax Analysis Division). Washington: Congressional Budget Office, 2010. 43 p.
 13. *Cui C. X., Ha S. J., Hewings G., Turner K.* Input-output analyses of the pollution content of intra- and inter-national trade flows // Stirling Economics Discussion, Paper № 08. Stirling Management School, University of Stirling, 2011. 32 p.
 14. *Gemechua E. D., Butnara I., Llopb M., Sangwonc S., Castells F.* CO₂ emissions embodied in international trade: A multiregional Input-output model for Spain // Center for Research in Industrial Economics and Public Economics (CREIP), collection documents the work of the department economics, Working paper № 16. Tarragona: Rovira i Virgili University, 2013. 24 p.
 15. *Druckman A., Bradley P., Papathanasopoulou E., Jackson T.* Measuring progress towards carbon reduction in the UK // Ecological Economics. 2008. V. 66 (1). P. 594–604.
 16. *Meng B., Peters G., Wang Z.* Tracing CO₂ Emissions in Global Value Chains // Office of economics, working paper № 2014-12A. Washington: U.S. International Trade Commission, 2014. 77 p.
 17. *Hartner M.* Methodology to estimate energy conservation potentials along the supply chains of products using input-output analysis // Report for Basque Institute of Competitiveness. Bilbao: University of Deusto, 2012. 20 p.
 18. *Arbex M., Perobelli F. S.* Solow meets Leontief: Economic growth and energy consumption // Energy Economics. 2010. V. 32 (1). P. 43–53.
 19. *Avelino A. F. T., Hewings G. J. D., Guilhoto J. J. M.* EPSIM – An integrated sequential interindustry model for energy planning: evaluating economic, electrical, environmental and health dimensions of new power plants // Munich Personal RePEc (Research Papers in Economics). Paper № 54370. Urbana-Champaign: University of Illinois. 27 p.
 20. *Lutz Ch., Meyer B., Wolter M. I., Giljum S.* The GINFORS Model in the MOSUS Project: Model Description and Baseline Projection // International Journal of Global Environmental Issues. 2006. V. 5. P. 144–174.
 21. *Blam Yu. Sh., Buzulutskov V. F., Mashkina L. V., Kuleshov V. V., Suslov N. I.* Methods for analyzing and forecasting complex hierarchical structures: systematic approach // System modeling and analysis of meso- and microeconomic objects. Novosibirsk: Institute of Economics and Industrial Engineering, 2014. P. 5–39.

*Статья поступила в редакцию 20.10.2020;
переработанный вариант – 18.03.2021.*

Самков Тимур Леонидович

к.т.н., доцент кафедры математического моделирования бизнес-процессов СибГУТИ (630102, Новосибирск, ул. Кирова, 86), email: ermin@ngs.ru.

Production balance of the regional economy

T. Samkov

The article is devoted to the creation of the material block of the Leontief input-output model. Its purpose is to reflect the activities of both production and trade enterprises, i.e., objects that create real GDP within each region of a particular territorial entity (including the entire economy of the Russian Federation). This activity involves the production/import of products on the territory of the region by all industries and its distribution among both manufacturing and commercial enterprises to ensure their functioning. In addition to displaying the trade part of these commodity flows, the novelty of the model is to take into account public procurement, the use, along with the standards of specific consumption of material resources/goods not only in production but also in trade. Formal relationships have also been developed between investment in scientific and technical development and the growth/reduction of resource costs for the production/sale of a unit of production. The model indicators are made up of parts - contributions from production and trade while having a multi-aspect representation, data sets of which are formed by annual, regional and industry sections, decomposed respectively into months, districts and corporations. This allows you to generate the necessary time series for calculations using hypercube data technology and implement them using 4GL generation languages. The model has relations that determine the desired values of its variable parameters based on economic growth including the saturation of the regional market with the products of the industry, an indicator of which is its consumption by the service sector. This indicator is greater than zero in the case of covering the needs of all other economic entities in the region and less than or equal to zero otherwise.

Keywords: input-output model, direct cost coefficients, industry, service consumption sector, unit costs, share of technological overspending, share of technological savings.