

ОЦЕНКА СТРУКТУРНЫХ СДВИГОВ В ЭНЕРГЕТИКЕ РОССИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕЖОТРАСЛЕВЫХ БАЛАНСОВ МИРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

Варнавский В.Г.,

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва, Россия
varnavsky@imemo.ru

Сергеев П.А.

Национальный исследовательский институт мировой экономики и международных отношений имени Е.М. Примакова РАН, Москва, Россия
pavel.sergeev2009@yandex.ru

Аннотация. Анализируются структурные сдвиги в энергетике России за период 2000-2018 гг. с учетом межстрановых поставок. Предложена модификация авторской модели межотраслевого баланса мировой экономики. Показана опережающая роль добычи энергоресурсов и переработки. Дано экономическое обоснование. Проведена верификация модели на данных Росстата и ЦБ.

Ключевые слова: межотраслевой баланс (МОБ), энергетика России, добыча энергоресурсов, переработка энергоресурсов, электро- и газоснабжение, валовой внутренний продукт (ВВП), структурные сдвиги, промежуточные товары, конечный продукт.

Введение

Доступность и уровень энергообеспечения производственно-хозяйственной деятельности и домохозяйств в любом современном государстве определяют уровень его социальной и политической стабильности. Состояние национального топливно-энергетического баланса, структурные сдвиги в отраслях энергетического хозяйства, их экспортный потенциал являются особо важными объектами управления, имеют высокое политическое значение и актуальны для отечественной экономической науки.

Энергетические отрасли, в свою очередь, в значительной мере формируют размеры, пропорции и конкурентоспособность национальной экономики, обеспечивают устойчивость ее функционирования и развития. Цены на энергетические товары существенным образом влияют на хозяйственную конъюнктуру, ситуацию на товарных и финансовых рынках, стабильность внешнеторговой деятельности.

Для энергетики характерна потребность в обработке колоссального объема статистических и фактографических данных, что предопределяет применение математических методов анализа, моделирования и программирования для научного обеспечения соответствующих управленческих, производственных и других решений. Их использование, в свою очередь, позволяет производить своевременную и эффективную корректировку энергетической, промышленной, инвестиционной и другой политики на государственном, региональном, корпоративном и локальном уровнях.

Цель статьи – оценить направления и масштабы структурных сдвигов в энергетике России с использованием модели межотраслевого баланса мировой экономики, учитывающей влияние энергетических отраслей на межотраслевую кооперацию и трансграничные цепочки поставок промышленной продукции.

1. Обзор литературы и моделей

Появление новых проблем общественного развития в XXI веке привело ученых, политиков, экономистов-хозяйственников к дальнейшим поискам новых решений на основе математических моделей, которые стали использоваться не только для анализа и совершенствования энергетических систем, но и решения комплекса задач, связанных, в том числе, с обеспечением энергетической безопасности, доступности и устойчивости энергоснабжения в условиях глобальных климатических изменений и деструкции мировых торгово-экономических отношений.

Одной из крупнейших в мире является математическая модель Международного энергетического агентства (МЭА), которая позволяет анализировать и прогнозировать мировое потребление энергетических ресурсов. Она существует с 1993 г., многократно пересматривалась, а в 2021 г. была доработана специально под цели ООН по достижению климатической нейтральности к 2050 году и получила название Global Energy and Climate Model (GEC Model). Это – крупномасштабная имитационная модель, относится к моделям частичной оптимизации с экзогенным экономическим ростом. Она включает не только все отрасли глобальной энергетики в их взаимосвязи, но и дает

возможность получать и анализировать средне- и долгосрочные прогнозы в зависимости от сценариев развития энергетической отрасли, мировой экономики, ее регионов и основных стран. Кроме экономического роста экзогенными параметрами для нее являются мировые демографические показатели и научно-технический прогресс. По модели рассчитываются выходные характеристики по годам на весь период прогноза, но для энергетического блока в качестве шага расчетов принят 1 час. Последняя версия GEC Model по состоянию на 2023 г. включает 29 регионов мира, из них – 16 отдельных стран, в том числе Россия.

В Европейском союзе для целей анализа экономики в целом и оценки влияния энергетики на окружающую среду, в частности, в 2013 г. разработана многопараметрическая модель GEM-E3 [2]. Она принадлежит к классу динамических стохастических моделей общего равновесия (Dynamic stochastic general equilibrium modeling, DSGE) и позволяет проводить расчеты по всем 27 государствам – членам ЕС, а также ОЭСР и Группе двадцати (G20), включая Россию. Отраслевая структура в модели гибкая и в зависимости от конкретных задач может состоять из 30-35 отраслей. Наиболее подробно представлен сектор первичных энергетических ресурсов (уголь, нефть, газ), также выделены отдельно электроэнергетика, ядерная энергетика, гидроэлектростанции, альтернативная энергетика в составе – ветровая, солнечная, биомассы. Блок внешней торговли модели использует матрицы двусторонней торговли между странами и регионами товарами, включенными в модель. Исходная информация для таких потоков взята из базы данных GTAP [3].

Традиционно на ежегодной Международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD) большое внимание уделяется энергетике. Так, в 2023 г. были представлены доклады по оценке темпов роста возобновляемой энергетики России [4], моделированию инвестиций в возобновляемую энергетику России [5] и др.

2. Модель

За основу примем авторскую модель, предложенную в [6], и модифицируем ее в применении к поставленной задаче. Для этого предположим, что имеется модель межотраслевого баланса (МОБ) мировой экономики, в которую входят M стран. Число отраслей в каждой стране одинаковое и равно I . Связи между странами в модели отражаются в виде матриц экспорта и импорта промежуточной и конечной продукции, агрегированных в соответствии с принятой отраслевой классификацией.

В матричном представлении межотраслевых поставок продукции из одной страны в другую состоит характерная особенность и отличие МОБ мировой экономики от межотраслевых балансов отдельных стран, в которых экспорт и импорт выражаются векторами. В остальном это модель классического Леонтьевского типа для национальной экономики.

Введем обозначения с учетом внутреннего производства каждой страны и экспортно-импортных потоков между странами:

x_i^m – валовый выпуск отрасли i страны m ; $i = 1, 2, \dots, I$; $m = 1, 2, \dots, M$;

y_i^m – конечное потребление продукции отрасли i страны m .

Сформируем два вектора для мировой экономики: валовый выпуск X и конечное потребление Y , расположив в них последовательно группами соответствующие показатели по отраслям ($1, 2, \dots, I$) и странам ($1, 2, \dots, M$):

$$X = \{x_1^1, x_2^1, \dots, x_I^1, x_1^2, x_2^2, \dots, x_I^2, \dots, x_1^M, x_2^M, \dots, x_I^M\};$$

$$Y = \{y_1^1, y_2^1, \dots, y_I^1, y_1^2, y_2^2, \dots, y_I^2, \dots, y_1^M, y_2^M, \dots, y_I^M\}.$$

Общее число компонент (размерность) векторов X и Y будет равно $I \cdot M$.

Обозначим это число через $R = I \cdot M$; $r = 1, 2, \dots, I \cdot M$.

Введем обозначение потоков промежуточной продукции и коэффициентов прямых затрат (технологических коэффициентов):

b_{ij}^{mn} – промежуточная продукция (поток), поступающая из отрасли i страны m в отрасль j страны n ;

a_{ij}^{mn} – коэффициент прямых затрат.

Потоки b_{ij}^{mn} определяются на основе данных отраслевой и таможенной статистики стран, включенных в МОБ мировой экономики. Они рассчитываются разработчиками таблиц МОБ мировой экономики, которые обрабатывают исходную статистическую информацию по отраслевым классификациям и специальным методикам агрегирования, разработанным Статистическим отделом ООН (United Nations Statistics Division, UNSD), который является структурным подразделением Департамента экономических и социальных вопросов ООН (Department of Economic and Social Affairs).

Сформируем матрицу B размерности $R \times R$, которая включает межотраслевые потоки товаров и услуг, как внутри каждой страны при $m=n$, так и экспортно-импортные поставки при $m \neq n$:

$$B = \{b_{ij}^{mn}\}_{i,j=1,2,\dots,I}^{m,n=1,2,\dots,M}$$

Коэффициенты a_{ij}^{mn} рассчитываются в модели на основе матрицы B и вектора X по формуле:

$$a_{ij}^{mn} = \frac{b_{ij}^{mn}}{x_j^n}, i, j = 1, 2, \dots, I; m, n = 1, 2, \dots, M.$$

a_{ij}^{mn} представляют собой технологические коэффициенты или удельные затраты при производстве продукции в зависимости как от внутривнутриотраслевых производственных связей между отраслями, так и от импорта.

С учетом введенных переменных и размерности матриц и векторов, равной R , модель в матричной форме получит вид:

$$X = A * X + Y$$

или

$$X = (E - A)^{-1} * Y,$$

где в рамках принятой совокупности стран мировой экономики и отраслевой классификации:

X – вектор валовой продукции $\{x_r\}_{r=1,\dots,R}$;

Y – вектор конечной продукции $\{y_r\}_{r=1,\dots,R}$;

A – матрица коэффициентов прямых затрат $\{a_{rs}\}_{r,s=1,2,\dots,R}$;

E – единичная матрица размерности $R \times R$ (по диагонали находятся 1, все остальные элементы = 0).

Энергетический сектор представлен в исходных таблицах OECD Inter-Country Input-Output (ICIO) [7] и в модели тремя подотраслями (с их номерами по отраслевой классификации):

3. добыча первичных энергоресурсов;

10. переработка энергоресурсов;

23. электро- и газоснабжение.

В сумме они дают объем валовой, промежуточной и конечной продукции энергетического сектора РФ с учетом межотраслевых внутренних и межстрановых потоков товаров и услуг, т.е.:

$$x_{En}^{RF} = \sum_{s=3,10,23} (\sum_{n=1}^{67} \sum_{j=1}^{45} b_{s,j}^{RF,n} + \sum_{n=1}^{67} \sum_{k=1}^{45} y_{s,k}^{RF,n}) \quad (1)$$

где:

x_{En}^{RF} – валовой выпуск в транспортном секторе России.

Промежуточное Int_{En}^{RF} и конечное потребление FP_{En}^{RF} продукции энергетического сектора России рассчитываются в модели по формулам:

$$Int_{En}^{RF} = \sum_{s=3,10,23} \sum_{n=1}^{67} \sum_{j=1}^{45} a_{s,j}^{RF,n} \quad (2)$$

$$FP_{En}^{RF} = \sum_{s=3,10,23} \sum_{n=1}^{67} \sum_{k=1}^{45} y_{s,k}^{RF,n} \quad (3)$$

где:

Int_{En}^{RF} – промежуточное потребление продукции энергетических отраслей в России, включая внутриотраслевое потребление и промежуточный импорт;

FP_{En}^{RF} – конечное потребление продукции энергетических отраслей в России, включая конечный внутренний продукт и конечный импорт.

3. Результаты расчетов

Энергетика относится к числу наиболее быстро и успешно развивающихся отраслей экономики России. Расчеты по формулам (1) – (3) показали, что по темпам роста энергетические отрасли превосходят и валовое производство в стране, и добавленную стоимость (валовой внутренний продукт, ВВП). Выпуск продукции в текущих ценах в энергетике России за период 2000-2018 гг., исчисленный в долларах, увеличился в 6,5 раз по валовой стоимости и в 6,8 раз по добавленной стоимости (табл. 1).

Таблица 1. Производство в энергетической отрасли России по валовой и добавленной стоимости, 2000-2018 гг., млрд долл.

Отрасль/подотрасли	Валовый выпуск			Добавленная стоимость		
	2000	2018	Рост, число раз	2000	2018	Рост, число раз
Энергетика, в целом	83,3	540,9	6,5	37,6	254,1	6,8
Добыча первичных энергоресурсов	33,5	220,9	6,6	21,6	168,9	7,8
Переработка энергоресурсов	26,1	185,1	7,1	9,3	45,5	4,9
Электро- и газоснабжение	23,6	134,9	5,7	6,7	39,6	5,9

Источник: расчеты авторов по [7].

Если в 2000 г. валовый выпуск (отгруженная продукция) в энергетике России составил 83,3 млрд долл., то в 2018 г. он вырос до 540,9 млрд долл. в текущих ценах. По чистой стоимости объем производства в отрасли повысился за тот же период в 6,8 раз с 37,6 млрд долл. до 254,1 млрд долл. В то же время ВВП России (совокупная добавленная стоимость) увеличился в 2000-2018 г. в 6,0 раз. Примерно в таком же размере выросло и валовое производство в экономике.

В соответствии с формулами 1-3 и данными из табл. 1 были оценены сдвиги в структуре энергетики за период 2000-2018 гг. Результаты приведены на рис. 1.



Рис. 1. Структура производства энергетической продукции в секторе Российской Федерации: доля подотраслей в добавленной стоимости, 2000-2018 гг., %

Наибольший по темпам рост был зафиксирован в добыче энергоресурсов (почти в 8 раз по добавленной стоимости). Доля этой подотрасли в энергетике выросла с 57,5% в 2000 году до 66,5% в 2018 году. Здесь проявилась опережающая роль добычи угля, нефти и газа в структуре энергетического комплекса (при проведении расчетов по добавленной стоимости). Рост в каждой из энергетических подотраслей был существенно разным и колебался в пределах от 490% в переработке до 781% в добыче.

При проведении расчетов по валовой стоимости ситуация иная. Опережающими темпами развивалось производство по переработке энергетических ресурсов (табл. 2).

Таблица 2. Структура валового производства в энергетике России по подотраслям, 2000-2018 гг., %

Отрасль/подотрасли	Годы	
	2000	2018
Энергетика, в целом	100	100
Добыча первичных энергоресурсов	40,3	40,8
Переработка энергоресурсов	31,4	34,2
Электро- и газоснабжение	28,4	24,9

Источник: расчеты авторов по [7].

Доля переработки энергоресурсов в рассматриваемом периоде увеличивалась более высокими темпами за счет интенсивного развития национальной (внутренней) экономики Российской Федерации и повышения спроса со стороны отечественных потребителей. В результате валовая стоимость в этом сегменте энергетики увеличилась с 26,1 млрд долл. в 2000 г. до 185,1 млрд долл. в 2018 г., т.е. в 7,1 раза, что выше добывающих производств (6,6 раз). В этом проявляется опережающая роль переработки энергоресурсов при расчете по валовой стоимости, в то же время, как при расчете по добавленной стоимости драйвером выступает добыча энергетических ресурсов.

Такой парадокс объясняется более высоким уровнем заработной платы на добывающих предприятиях отрасли по сравнению с перерабатывающими заводами и мощностями. Заработная плата является главным компонентом добавленной стоимости. И ее ускоренный рост приводит к более интенсивному повышению добавленной стоимости. Поэтому один и тот же объем увеличения производства ведет к разным эффектам по показателю валовой продукции и добавленной стоимости.

Экспорт энергоресурсов и, как следствие, интеграция российской энергетики в восходящие (forward) глобальные цепочки создания стоимости повышались особенно быстрыми темпами. С 2000 года российский экспорт энергоресурсов в рамках выделенных в данном исследовании отраслей вырос в 5,5 раза - с 43 млрд долл. в 2000 году до 235 млрд долл. в 2018 году. Это больше, чем в целом по экспорту страны, увеличение которого составило 4,6 раз. В результате доля энергетической продукции в общем объеме экспорта повысилась с 38,9% до 46,9%.

Доля промежуточной продукции в валовом выпуске энергетики сократилась с 48,4% в 2000 году до 47,4% в 2018 году. Напротив, удельный вес конечных потребителей в валовом производстве отрасли возрос с 51,6% в 2000 году до 52,6% в 2018 году (рис. 2).

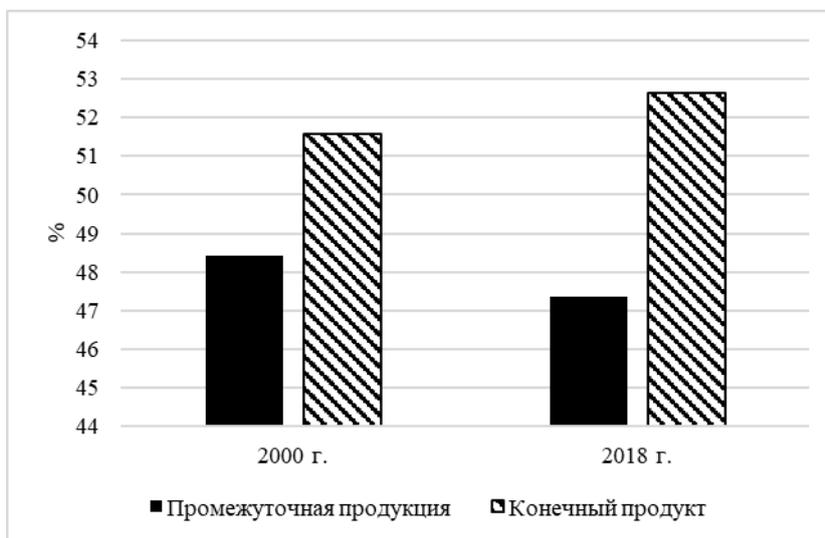


Рис. 2. Доля промежуточного и конечного продукта в валовом выпуске энергетического сектора России, 2000-2018 гг., %

Хотя структурный сдвиг и небольшой, но он позволяет сделать вывод о снижении энергоемкости экономики России за счет уменьшения потребления электроэнергии и газа производственным сектором в расчете на единицу выпускаемой продукции. Промежуточные затраты на приобретение электроэнергии и газа со стороны предприятий снизились в целом по экономике на 13%. При этом относительно выросло конечное потребление. В результате электро- и газоснабжение в большей степени стали ориентироваться на конечного потребителя.

Проведена также верификация модели по данным Росстата и Центрального банка Российской Федерации (ЦБ РФ).

Официальная статистика Росстата не приводит динамику ВВП страны по годам в долларах, а только в рублях. Поэтому в целях верификации модели нами был оценен ВВП в долларах на основе официальных данных Росстата в рублях и ЦБ РФ о курсе рубля к доллару.

В 2018 г. ВВП, согласно Росстату, составил 103862 млрд руб. По данным ЦБ РФ, средний курс рубля в долларах в 2018 г. равнялся приблизительно 62,9 руб. за 1 доллар (получен, как среднее значение ежедневных курсов в 2018 г.). Тогда ВВП России в долларах, рассчитанный по официальным данным Росстата и ЦБ РФ, оценивается в 2018 г. в 1651 млрд долл.

По модели межотраслевого баланса, по которому проводились расчеты, ВВП России в 2018 г. был равен 1668 млрд долл. (складывается из добавленной стоимости по базовым ценам в размере 1498 млрд долл. и налогов объемом 170 млрд долл., которые в МОБ идут отдельной позицией). Таким образом, ошибка малозначимая – отклонение модельных расчетов от реальных данных Росстата и ЦБ РФ составило порядка 1%.

4. Заключение

Энергетика является одной из важнейших, структурообразующих отраслей Российской Федерации, Ее доля в валовом внутреннем продукте России в 2018 году составила около 15,4%.

Интенсивно развивавшаяся в 2000-2018 гг. российская экономика, ее активная интеграция в мировое экономическое пространство привели к устойчивому росту энергетического комплекса. В рассматриваемом периоде увеличение уровня производства в целом по всем отраслям, выделенным в исследовании подотраслям энергетики составило 6,5 раз по валовой и 6,8 раз по чистой стоимости. Превышение показателя по чистой стоимости объясняется более высокой оплатой труда в отрасли по сравнению с остальной экономикой. В стоимостном выражении уровень производства энергетического комплекса в целом вырос с 83,3 млрд долл. в 2000 г. до 540,9 млрд долл. в 2018 г. (отгруженная продукция, текущие цены).

За анализируемом периоде наблюдались существенные изменения в структуре подотраслей энергетического комплекса России. Наиболее существенный рост наблюдался в переработке энергоресурсов за счет активного развития национальной экономики и повышенной потребности в источниках энергии. По валовой стоимости увеличение в переработке энергоресурсов составило 7,1 раза, что выше добывающих производств на 7-8%.

Экспорт энергоресурсов, а также участие российской энергетики в трансграничных восходящих цепочках поставок и создания конечной продукции повышались опережающими темпами в сравнении с вывозом за рубеж других товаров. Если в 2000 году энергетический экспорт составлял 43 млрд долл., то в 2018 году – 235 млрд долл., т.е. рост составил 5,5 раза. Это больше, чем в целом по экспорту страны на 16,4%. В результате доля энергетических товаров продукции в экспорте страны повысилась с 38,9% в 2000 г. до 46,9% в 2018 г.

Доля промежуточной продукции в валовом выпуске энергетики сократилась с 48,4% в 2000 году до 47,4% в 2018 году. Напротив, удельный вес конечного потребления в валовом производстве отрасли вырос с 51,6% в 2000 году до 52,6% в 2018 году.

Расчеты по модели свидетельствуют, что она соответствует реальным процессам и с достаточной точностью описывает экономику России. Ее верификация показала, что по показателю ВВП России отклонение модельных оценок от реальных данных составляет около 1%, что вполне укладывается в статистическую ошибку.

Литература

1. Global Energy and Climate Model. Documentation. – Paris: IEA, 2023. – 123 p.
2. GEM-E3 Model Documentation. – Brussels: European Commission. Report 26034, 2013. – 156 p.
3. GTAP: Global Trade Analysis Project database.
4. *Dranko O.I., Dvoryashina M.M., Blagodarnyy Y.V.* The Growth Assessment of Renewable Energy in Russia: the Retrospective Analysis // IFAC-PapersOnLine. – 2022 – 55(9). – P. 64-69.
5. *Akinfiyev V.K., Dranko O.I.* Modeling Investment Decisions to Increase Renewable Generation // IFAC-PapersOnLine. – 2022. – 55(9). – P. 59-63.
6. *Varnavskii V.G.* Using Input-Output Tables for Assessment Structural Changes in the Russian Transport Sector // IEEE Xplore. – 2023. – 16th MLSD. – P. 1–5.
7. OECD Inter-Country Input-Output (ICIO) Tables.