

Экономический рост как важнейший фактор снижения энергоемкости валового регионального продукта¹

Разработчики региональных стратегий при формировании региональных программ энергоэффективного развития ориентируются на целевые показатели федеральной энергетической стратегии, планируя снижение энергоемкости валового регионального продукта (ВРП) на 40 % и более до 2035 г. Возникают вопросы, насколько обоснованы эти целевые ориентиры и какие ограничения возникают на пути снижения энергоемкости ВРП. В статье на базе модельных расчетов исследованы возможности и ограничения снижения энергоемкости валового регионального продукта (ВРП) субъекта Российской Федерации на горизонте 2018–2035 гг. на примере Самарской области. Расчеты проводились на взаимосвязанных моделях экономики и энергетики Самарской области, на которых отрабатывались сценарии энергоэффективного развития региона с учетом целевых показателей государственных программ по энергосбережению и повышению энергоэффективности, декларированных в проекте Энергетической стратегии России на период до 2035 г. В результате исследований установлено, что экономический рост является важнейшим условием снижения удельной энергоемкости ВРП, причем чем выше экономический рост, тем больше его вклад в снижение удельной энергоемкости ВРП. Показано, что экономический рост снижает удельную энергоемкость ВРП за счет экономии от растущего масштаба производства товаров и услуг, опережающего роста ВРП экономики по сравнению с ростом капиталоемких отраслей ТЭК, нарастающего отставания объема энергопотребляющего имущества населения от объема ВРП. На примере Самарской области показано, что снижение энергоемкости ВРП на 40 % на горизонте 2018–2035 гг. осуществимо только при среднегодовом экономическом росте не менее 5 % даже при абсолютном выполнении всех отраслевых программ по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, заявленных в Энергетической стратегии. Аналогичные выводы справедливы и для российской экономики в целом. Если экономика России будет развиваться среднегодовыми темпами ниже 4–5 %, то основной целевой индикатор Энергетической стратегии России на период до 2035 г. — снижение энергоемкости ВВП к 2035 г. на 34 % относительно 2015 г. будет принципиально недостижимо. Результаты исследования могут быть полезны органам государственной власти при разработке документов стратегического планирования.

Ключевые слова: энергоемкость ВРП, экономический рост, топливно-энергетический комплекс, капиталоемкость, модель экономики, модель энергетики, сценарий развития, прогнозирование, энергетическая стратегия, целевые показатели

Благодарность

Статья подготовлена в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ № 26.4131.2017/ПЧ, проект «Разработка методов и информационных технологий макроэкономического моделирования и стратегического планирования энергоэффективного развития ТЭК субъекта Российской Федерации».

Для цитирования: Цыбатов В. А. Экономический рост как важнейший фактор снижения энергоемкости валового регионального продукта // Экономика региона. 2020. Т. 16, вып. 3. С. 739–753. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2020-3-х>

¹ © Цыбатов В. А. Текст. 2020.

Vladimir A. Tsybatov

Samara State University of Economics, Samara, Russian Federation
<http://orcid.org/0000-0001-7076-2252>, e-mail: tva82@yandex.ru

Economic Growth as an Essential Factor for Reducing the Energy Intensity of the Gross Regional Product

Creating regional programs for energy efficient development, policymakers rely on the targets of the Federal Energy Strategy, planning to reduce the energy intensity of gross regional product (GRP) by 40 % or more until 2035. Therefore, it is necessary to examine the validity of the set targets, as well as the limitations occur in the process of GRP energy intensity reduction. Based on the model calculations, the study investigates the possibilities and limitations of reducing GRP energy intensity in the Russian Federation in the period 2018 — 2035 on the example of the Samara region. The interrelated economic and energy models of the Samara region allowed calculating and testing the scenarios of regional energy efficient development. The analysis considered the targets of state energy saving and energy efficiency programmes, declared in the draft Energy Strategy of the Russian Federation until 2035. The research established that economic growth is essential for reducing GRP energy intensity. The increase in economic growth means its greater contribution to GRP energy intensity reduction. Economic growth reduces the energy intensity of GRP due to several reasons. They include savings from the increase in the production of goods and services; advanced growth of GRP economy compared to the growth of capital-intensive fuel and energy industry; growing lag between the amount of energy-consuming equipment of the population and the value of GRP. The example of the Samara region demonstrates that it is possible to reduce GRP energy intensity by 40 % in the period 2018–2035 only with an average annual economic growth of at least 5 %, including the implementation of all industrial energy saving and energy efficiency programmes stated in the Energy Strategy. The same conclusions are valid for the Russian economy in general. If the average annual development rate of the Russian economy is below 4 %-5 %, it will be impossible to reach the main target of the Energy Strategy of the Russian Federation until 2035, which is the reduction of energy intensity of the gross domestic product (GDP) in 2035 by 34 % compared to 2015. Public authorities can use the study results when developing strategic planning documents.

Keywords: energy intensity of GRP, economic growth, fuel and energy industry, capital intensity, economic model, energy model, development scenario, forecasting, energy strategy, targets

Acknowledgements

The article has been prepared in the framework of the state order of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation № 26.4131.2017/PCh, the project “Development of methods and information technologies of macroeconomic modeling and strategic planning of energy efficient development of energy industry of the territorial subject of the Russian Federation”.

For citation: Tsybatov, V. A. (2020). Economic Growth as an Essential Factor for Reducing the Energy Intensity of the Gross Regional Product. *Ekonomika regiona [Economy of region]*, 16(3), 739-753, <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2020-3-5>

Введение

В настоящее время повышение энергоэффективности, обеспечение энергобезопасности и энергосбережения, снижение энергоёмкости ВВП стали ключевыми задачами развития российской экономики. Это обусловлено тем, что удельная энергоёмкость Российской экономики в 2,5–3,5 раза выше, чем энергоёмкость экономик развитых стран¹. Начиная с 1995 г. в России был разработан целый ряд нормативно-правовых документов, касающихся вопросов энергосбережения и энергоэффективности: четыре энергетических стратегии, два федеральных закона, более двадцати региональных законов, федеральные и региональные программы по повышению

энергоэффективности. В Энергетической стратегии РФ на период до 2020 г.² планировалось снижение энергоёмкости ВВП на 50 % за 20 лет. Энергетическая стратегия РФ на период до 2030 года³ предполагала снижение энергоёмкости ВВП на 56 % на горизонте 2005–2030 гг. Государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года» предусматривала снижение энергоёмкости ВВП на 40 % на горизонте 2007–2020 гг. Но промежуточные прогнозные индикаторы энергоэффективности этих стра-

¹ Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года. Государственная программа Российской Федерации. URL: <https://rg.ru/2011/01/25/energoberejenie-site-dok.html> (дата обращения: 11.04.2017).

² Энергетическая стратегия России на период до 2020 года. Распоряжение Правительства РФ от 28 авг. 2003 г. № 1234-р. URL: http://www.energystrategy.ru/projects/ES-28_08_2003.pdf (дата обращения: 17.08.2017).

³ Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. Распоряжение Правительства РФ от 13 нояб. 2009 г. № 1715-р // Министерство энергетики РФ. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1026> (дата обращения: 17.08.2017).

Таблица 1

Планируемое снижение энергоёмкости ВВП в государственных документах

Table 1

Planned reduction of energy intensity of the Gross Domestic Product (GDP) in public documents

Документ	Планируемое снижение энергоёмкости ВВП	Утвержден
Энергетическая стратегия РФ на период до 2020 года	на 50 % на горизонте 2000–2020 гг.	28 августа 2003 г.
Энергетическая стратегия РФ на период до 2030 года	на 56 % на горизонте 2005–2030 гг.	13 ноября 2009 г.
Государственная программа РФ Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года	на 40 % на горизонте 2007–2020 гг.	27 декабря 2010 г.
Проект энергетической стратегии РФ на период до 2035 года	на 34 % на горизонте 2015–2035 гг.	разработана 6 июля 2013 г.

тегий и программ так и не были достигнуты. Проект энергетической стратегии РФ на период до 2035 года¹ предполагает более скромное снижение энергоёмкости ВВП — на 34 % на горизонте 2015–2035 гг. (табл. 1).

Разработчики региональных стратегий при формировании региональных программ энергоэффективного развития ориентируются на целевые показатели федеральной стратегии, планируя снижение энергоёмкости ВРП на 40 % и более до 2035 г. Возникают вопросы, насколько обоснованы эти целевые ориентиры, возможно ли снижение энергоёмкости ВРП на 40 % на горизонте 2018–2035 гг. и какие ограничения возникают на пути снижения энергоёмкости ВРП.

Потребление энергии в промышленности России составляет сегодня более 40 % от всего потребления энергии [1]. В некоторых регионах — более 60–70 %. Такое относительно высокое энергопотребление обусловлено наличием на территории регионов энергоёмких производств (металлургия, нефтепереработка, нефтехимия и др.). Достижение целевых показателей энергетических стратегий в таких регионах, а именно снижение энергоёмкости ВРП более чем на 40 %, крайне затруднительно. Это требует полного переоборудования производств, внедрения новейших энергосберегающих технологий и, соответственно, колоссальных инвестиций и продолжительного периода. Авторы исследований, проведенных в Центре по эффективному использованию энергии (ЦЭНЭФ) [2], на примере Москвы делают вывод, что снижение энергоёмкости ВРП на 40 % может быть достигнуто в ближайшее время, в основном за счет изменения структуры производства в сторону менее энергоёмких видов

продукции и секторов экономики. Но намеренное движение в эту сторону без анализа экономических последствий может нанести ущерб экономике региона и его энергобезопасности, поскольку развитое производство в регионе независимо от его энергоёмкости обеспечивает стабильное развитие экономики и социальной сферы. Поэтому для оценки реальных перспектив снижения энергоёмкости ВРП необходимо увязывать цели энергоэффективного развития региона с целями развития региональной экономики в целом.

При подготовке Государственной программы РФ «Энергосбережение и повышение эффективности использования энергии на период до 2020 года» была проведена оценка влияния различных факторов на динамику энергоёмкости ВВП [3]. В таблице 2 приведены результаты этой оценки для инновационного сценария Энергетической стратегии РФ 2020 в предположении, что к 2020 г. будет достигнуто снижение удельной энергоёмкости ВВП в 40 % по отношению к 2007 г.

Как следует из данных таблицы, авторы расчетов считают структурные сдвиги в экономике важнейшим фактором снижения удельной энергоёмкости ВВП. Однако на наш взгляд, структурные сдвиги (как и продуктовые сдвиги) не являются факторами — они лишь отражают результаты действия настоящих факторов, таких как, например, экономический рост, неравномерные темпы развития. Поэтому при прогнозировании динамики удельной энергоёмкости ВВП (ВРП) правильнее будет изучать влияние этих факторов, а не структурных сдвигов.

Наиболее простые подходы к прогнозированию динамики энергоёмкости ВВП базируются на использовании однофакторных регрессионных моделей, в которых важнейшим влияющим фактором является темп роста ВВП [4, 5]. В зарубежной практике для прогнозиро-

¹ Проект энергостратегии Российской Федерации на период до 2035 года. Ред. от 01.02.2017 // Министерство энергетики РФ. URL: <http://minenergo.gov.ru/node/1920> (дата обращения: 03.09.2017).

Вклад факторов в снижение энергоёмкости ВВП для инновационного сценария Энергостратегии 2020*

Table 2

Contribution of factors to the GDP energy intensity reduction for the innovative scenario of the 2020 Energy Strategy 2020*

Наименование показателей	Единицы измерения	Вклад факторов
Снижение энергоёмкости ВВП, в %	%	40,0
в том числе за счет:		
структурных сдвигов	%	17,7
продуктовых сдвигов	%	4,1
рост цен на энергию	%	4,2
автономного технического прогресса	%	6,2
реализации Государственной программы «Энергосбережение и повышение энергоэффективности Российской Федерации на перспективу до 2020 года»	%	7,8

* Источник [3].

вания изменения энергоёмкости ВВП наиболее популярным является подход, основанный на использовании многофакторного анализа динамики энергоёмкости (например, проект ODYSSEE MURE [6]). Данный подход состоит из следующих этапов:

а) многофакторный анализ динамики энергоёмкости ВВП в ретроспективе и построение многофакторной модели энергоёмкости ВВП;

б) прогноз динамики влияющих факторов на перспективу;

в) прогноз энергоёмкости ВВП по факторной модели на основе спрогнозированных факторов.

Хороший обзор методов факторного анализа энергоёмкости приведен в [3]. Самым распространенным методом факторного анализа динамики энергоёмкости является метод индексного анализа LMDI [7], который применяется в качестве базового метода при оценке индекса энергоэффективности в большинстве стран, а также широко используется в практике Международного энергетического агентства.

Однако на региональном уровне описанный подход оказывается неприемлемым из-за отсутствия длинных рядов сопоставимых статистических данных об изменении основных факторов энергоёмкости, что не позволяет обеспечить статистически значимые результаты анализа. Также кажется сомнительным применение результатов факторного анализа в долгосрочной перспективе (20 лет), поскольку такой подход не способен учесть динамику влияющих факторов. Поэтому единственно достойным методом прогнозирования энергоёмкости ВВП является управляемый модельный эксперимент, когда на взаимосвязанных моделях экономики и энергетики отрабатываются сценарии энергоэффективного развития.

Существующие подходы к моделированию экономики и энергетики характеризуются большим разнообразием моделей, обзоры, обсуждения и сравнение которых приведены в статьях [8, 9]. Авторы статьи [10] сделали обзор более двухсот моделей, наиболее часто используемых в задачах анализа и прогнозирования развития энергетики, исследованы проблемы, связанные с энергетическим моделированием. Наибольшее внимание в статье уделено прогнозным моделям (представлено 95 прогнозных моделей). Рассмотрены модели энергетического прогнозирования с использованием следующих переменных: население, доходы, цены, факторы роста и технологии. Описана модель краткосрочного прогнозирования временных рядов для прогнозирования добычи сырой нефти и природного газа в США с использованием подхода Дженкинса — Бокса. Обобщен опыт использования моделей для прогнозирования затрат на энергосбережение в транспортном и жилищном секторах, а также для прогнозирования потребления электроэнергии в зависимости от метеорологических данных, глобальной солнечной радиации и численности населения. Представлена обобщенная модель потребления энергии домохозяйствами, позволяющая прогнозировать спрос на энергию. Модель учитывает физические, экономические, психологические и социальные аспекты потребления энергии домохозяйствами. В статье [11] предложены модели поддержки принятия решений для лиц, осуществляющих планирование и управление энергетической системой и экономикой на национальном уровне. Особое место в литературе по моделированию отводится вычислимым моделям общего равновесия — *computable general equilibrium (CGE) models* [12]. Эти мо-

дели отличаются своей способностью моделировать реакцию системы на внешние воздействия, что позволяет успешно использовать их для анализа последствий принимаемых управленческих решений на всех уровнях [13]. В частности, в области энергетических исследований CGE-модели используются для оценки масштабов экономических последствий при проведении энергетической и экологической политики [14, 15].

Среди российских разработок в сфере моделирования и прогнозирования энергетики наиболее выделяется технология моделирования и прогнозирования энергетического развития, созданная в Институте энергетических исследований РАН [16], которая успешно используется для прогнозирования как российской, так и мировой энергетики [17]. В рамках этой технологии формируется непротиворечивая и сбалансированная система прогнозов экономического развития страны, рассчитываются объемы потребления и производства топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), оценивается финансирование отраслей топливно-энергетического комплекса (ТЭК). На региональном уровне нужно отметить прогнозно-аналитический комплекс «Энергетика», разработанный в Самарском государственном экономическом университете [18] для решения задач повышения энергоэффективности и энергобезопасности региональной экономики. Комплекс «Энергетика» реализует технологию прогнозирования, в рамках которой на основе формирования регионального топливно-энергетического баланса (ТЭБ) обеспечивается итеративное согласование прогнозов энергопотребления экономики и производства ТЭР топливно-энергетическим комплексом [19].

Основной целью настоящего исследования являлась оценка возможного снижения удельной энергоемкости ВРП субъекта РФ на примере Самарской области на горизонте 2018–2035 гг. в рамках проекта Энергетической стратегии России до 2035 г. для различных сценариев энергосбережения и экономического роста. При проведении исследований были поставлены и решены следующие задачи:

— сбор отчетной информации о развитии ТЭК Самарской области и экономики региона в целом в необходимом объеме;

— формирование сценариев развития Самарской области в контексте Энергетической стратегии России на период до 2035 г., включая перспективы внутреннего спроса на топливо и энергию с учетом принятой

Стратегии развития Самарской области до 2030 года;

— проведение модельных экспериментов для различных сценариев энергосбережения и экономического роста и формирования оценки перспектив и условий снижения энергоемкости ВРП для региона — субъекта РФ по результатам моделирования.

Методология

Энергоемкость ВРП рассчитывается по следующей формуле:

$$EI_{GRP}(t) = \frac{TFC(t)}{GRP(t)}, \quad (1)$$

где $EI_{GRP}(t)$ — (*Energy Intensity of GRP*) энергоемкость ВРП в t -м году, тонн условного топлива (т у. т.) на 1 руб. валовой добавленной стоимости (ВДС); $TFC(t)$ — (*Total Final Consumption*) конечное потребление топлива и энергии в t -м году, т у. т.; $GRP(t)$ — (*Great Regional Product*) валовой региональный продукт в t -м году, руб.

При расчете конечного потребления топлива и энергии учитываются топливно-энергетические ресурсы, затраченные на конечное потребление во всех отраслях региональной экономики, в том числе в домашних хозяйствах. Для исключения двойного счета в расчете не учитываются ТЭР, которые были преобразованы в тепло или электрическую энергию, а также энергетические ресурсы, переработанные в неэнергетическое сырье для неэнергетических отраслей экономики.

Наибольший интерес представляет удельная энергоемкость ВРП, которая рассчитывается по отношению к базовому году в сопоставимых ценах:

$$EI_{GRP}(t|0) = \frac{EI_{GRP}(t)}{EI_{GRP}(0) I_{GRB}^{def}(t|0)}. \quad (2)$$

Здесь $E_{GRP}(0)$ — энергоемкость ВРП для базового года; $I_{GRB}^{def}(t|0)$ — индекс-дефлятор ВРП, рассчитанный для года t по отношению к базовому году.

Поскольку

$$GRP(t) = GRP(0) I_{GRP}^{gr}(t|0) I_{GRP}^{def}(t|0),$$

где $I_{GRP}^{gr}(t|0)$ — индекс роста физического объема ВРП, удельную энергоемкость ВРП (2), с учетом (1), можно представить в более удобном виде:

$$EI_{GRP}(t|0) = \frac{TFC(t)}{TFC(0) I_{GRB}^{gr}(t|0)} = \frac{TFC(t)}{TFC^{(0)}(t)}, \quad (3)$$

где показатель

$$TFC^{(0)}(t) = TFC(0) I_{GRB}^{gr}(t|0), \quad (4)$$

имеет смысл конечного потребления ТЭР в году t при условии сохранения в этом году энергоёмкости ВРП на уровне базового года.

Удельные энергоёмкости секторов экономики (кроме домашних хозяйств) рассчитываются по формуле:

$$EI_i(t|0) = \frac{\left(\frac{TFC_i(t)}{Y_i(t)}\right)}{\left(\frac{TFC_i(0)}{Y_i(0)}\right)} I_i^{def}(t|0). \quad (5)$$

Здесь $TFC_i(0)$, $TFC_i(t)$ — конечное потребление ТЭР в i -м секторе экономики в базовом году и в году t соответственно; $Y_i(0)$, $Y_i(t)$ — ВДС, произведенная в i -м секторе экономики в базовом году и в году t соответственно; $I_i^{def}(t|0)$ — индекс-дефлятор i -го сектора, рассчитанный для года t по отношению к базовому году.

Поскольку

$$Y_i(t) = Y_0(0) I_i^{gr}(t|0) I_i^{def}(t|0), \quad (6)$$

где $I_i^{gr}(t|0)$ — индекс роста физического объема ВДС в i -м секторе, рассчитанный для года t по отношению к базовому году, формулу (5) можно представить в более удобном виде:

$$EI_i(t|0) = \frac{TFC_i(t)}{TFC_i(0) I_i^{gr}(t|0)}. \quad (7)$$

Удельная энергоёмкость домашних хозяйств рассчитывается по схожей формуле:

$$EI_H(t|0) = \frac{\left(\frac{TFC_H(t)}{M_H(t)}\right)}{\left(\frac{TFC_H(0)}{M_H(0)}\right)} I_H^{def}(t|0) = \frac{TFC_H(t)}{TFC_H(0) I_H^{gr}(t|0)}. \quad (8)$$

Здесь $TFC_H(0)$, $TFC_H(t)$ — конечное потребление ТЭР населением в базовом году и в году t соответственно; $M_H(0)$, $M_H(t)$ — денежные доходы населения в базовом году и в году t соответственно; $I_H^{def}(t|0)$ — индекс потребительских цен, рассчитанный для года t по отношению к базовому году; $I_H^{gr}(t|0)$ — индекс роста реальных денежных доходов населения, рассчитанный для года t по отношению к базовому году.

Для топливно-энергетического комплекса и секторов экономики по производству товаров и услуг конечное потребление ТЭР рассчитывается по следующей модели:

$$TFC_i(t) = \sum_{j \in J_i} \sum_{n \in N_n} TFC_{i,j,n}(0) (a_{i,j,n} + (1 - a_{i,j,n}) I_{i,j}(t|0)) k_{i,j,n}(t|0). \quad (9)$$

Здесь $TFC_{i,j,n}(0)$ — конечное потребление n -го вида ТЭР j -й отрасли, принадлежащей i -му сектору ($j \in J_i$), в базовом году; $I_{i,j}(t|0)$ — индекс роста физического объема выпуска j -й отрасли в году t по отношению к базовому году; $a_{i,j,n}$ — коэффициенты постоянных затрат n -го вида ТЭР в j -й отрасли; $k_{i,j,n}(t|0)$ — коэффициент снижения энергоёмкости j -й отрасли по n -му виду ТЭР в году t по отношению к базовому году.

Конечное потребление ТЭР домашними хозяйствами оценивается следующим образом:

$$TFC_H(t) = \sum_{n \in N_n} TFC_{H,n}(0) I_{H1}^{b_{1,n}}(t|0) I_{H2}^{b_{2,n}}(t|0) I_{H3}^{b_{3,n}}(t|0) k_{H,n}(t|0). \quad (10)$$

Здесь $TFC_{H,n}(0)$ — конечное потребление n -го вида ТЭР домашними хозяйствами в базовом году; $I_{H1}^{b_{1,n}}(t|0)$ — индекс роста общей площади жилых помещений в году t по отношению к базовому году; $I_{H2}^{b_{2,n}}(t|0)$ — индекс роста реальных доходов населения в году t по отношению к базовому году; $I_{H3}^{b_{3,n}}(t|0)$ — индекс роста численности населения в году t по отношению к базовому году; $k_{H,n}(t|0)$ — коэффициент энергосбережения по n -му виду ТЭР в году t по отношению к базовому году.

Инструментарий исследования

Для оценки динамики удельной энергоёмкости ВРП (3) и удельных энергоёмкостей секторов экономики (7), (8) были проведены прогнозные расчеты для различных сценариев энергосбережения и экономического роста. Прогнозные эксперименты проводились на прогнозно-аналитическом комплексе «Энергетика», разработанном в Самарском государственном экономическом университете [18]. Ядром комплекса «Энергетика» является динамическая многоотраслевая модель субъекта РФ, разработанная автором в классе CGE-моделей и используемая в задачах регионального прогнозирования и стратегического планирования [20]. В этой модели экономика региона представлена как совокупность экономических агентов, моделирующих виды экономической деятельности согласно ОКВЭД¹. Также присутствуют агенты «домашние хо-

¹ Общероссийский классификатор видов экономической деятельности (ОКВЭД 2). ОК 029–2014. КДЕС ред. 2. URL: <http://xn---2-dlci2ax1i.xn--plai/> (дата обращения: 02.04.2018).

зяйства», «органы государственной власти» и «внешнее окружение». За равновесие спроса и предложения на рынках продуктов отвечает агент «невидимая рука рынка». Поведение каждого экономического агента формируется соответствующими моделями наблюдения и управления агента, а также целевыми установками [22]. В процессе своей деятельности экономические агенты производят продукты из заданного базового набора условных продуктов, которые потребляются в регионе или вывозятся. Для производственных целей приобретаются необходимые промежуточные продукты (в том числе топливно-энергетические ресурсы) и факторы производства (капитальные продукты и трудовые услуги) из этого же базового набора. Равновесие на рынках условных продуктов контролируется в рамках продуктово-секторного баланса, который формируется согласно СНС-2008 [21, с. 317–346] для всех условных продуктов, используемых в модели.

Экономические агенты (виды экономической деятельности), связанные с добычей, производством, преобразованием и переработкой ТЭР, объединены в модель ТЭК, где моделируются потоки спроса и предложения для всех видов ТЭР (уголь, нефть, газ, нефтепродукты по видам, электроэнергия, тепловая энергия). Основой модели ТЭК является топливно-энергетический баланс. Этот баланс входит в состав общего продуктово-секторного баланса региона, который играет роль «баланса балансов» экономики и позволяет через межбалансовые связи моделировать взаимовлияние ТЭК и остальной экономики. Для целей настоящего исследования «остальная экономика» сгруппирована в три сектора: сектор производства товаров (кроме ТЭР), сектор производства услуг, домашние хозяйства.

При проведении прогнозных расчетов на комплексе «Энергетика» формируются два сценария: сценарий развития региональной экономики $U_{econ}(t)$ и энергетический сценарий $U_{ener}(t)$. Сценарий развития региональной экономики $U_{econ}(t)$ содержит эмпирические предположения о поведении экономических агентов региона (кроме ТЭК) на горизонте прогнозирования:

— ожидаемые индексы производства и индексы-дефляторы цен и тарифов;

— параметры налоговой, инвестиционной и бюджетной политики; демографический сценарий.

Сценарий энергетического развития $U_{ener}(t)$ содержит экспертные предположения по ин-

дексам-дефляторам цен на основные виды ТЭР, коэффициентам снижения потерь при производстве и распределении ТЭР, коэффициентам снижения удельной энергоемкости продукции секторов экономики, обязательствам по вывозу ТЭР, в том числе за рубеж. Основой экспертных предположений по динамике сценарных параметров $U_{econ}(t)$ и $U_{ener}(t)$ являются сценарные материалы региональных стратегий и стратегий развития РФ. На модели ТЭК путем формирования прогнозного ТЭБ обеспечиваются сведение и итеративное согласование прогнозов необходимого энергопотребления для экономического роста и потенциально возможного производства энергоресурсов по основным видам ТЭР. В процессе согласования рассчитываются требуемые темпы роста выпуска ТЭР в границах потенциальных возможностей отраслей ТЭК и необходимые инвестиции в основной капитал для устранения лимитирующих факторов. При этом учитываются сценарные условия по ввозу и вывозу ТЭР в регионы РФ и за рубеж.

Результаты

Основной целью сценарных расчетов являлась оценка степени влияния темпов экономического роста на снижение удельной энергоемкости ВРП при заданном сценарии энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Сравнивались прогнозы развития ТЭК и секторов экономики Самарской области на горизонте 2018–2035 гг. по 6 сценариям, различающимся среднегодовыми темпами прироста ВДС в секторах производства товаров и услуг. В качестве базового сценария был выбран сценарий с нулевым ростом — «Нулевой рост». Сценарии «Рост 1 %», «Рост 2 %», «Рост 3 %», «Рост 4 %», «Рост 5 %» предполагали соответствующий среднегодовой темп прироста ВДС в секторах по производству товаров и услуг (табл. 3). Во всех шести сценариях индексы-дефляторы цен и тарифов, а также параметры налоговой, бюджетной и демографической политики были приняты одинаковыми и взяты из Стратегии развития Самарской области¹. Выбранное множество сценариев полностью покрывает вероятный диапазон экономического роста [0 %; 5 %]. Шаг 1 % обеспечивает получение результатов модельного эксперимента с необходимой подробностью. Сценарии с отрицательным ростом не рассматривались,

¹ Стратегия социально-экономического развития Самарской области на период до 2030 года. URL: http://economy.samregion.ru/upload/iblock/82a/strategiya-so_2030.pdf (дата обращения: 03.02.2019).

Варианты исследуемых сценариев

Table 3

Variants of the examined scenarios

Наименование варианта сценария	Сценарий развития экономики $U_{econ}(t)$		Сценарий энергетического развития $U_{ener}(t)$
	среднегодовой темп прироста добавленной стоимости в секторе товаров и услуг (без отраслей ТЭК), %	индексы-дефляторы цен и тарифов; параметры налоговой, бюджетной и демографической политики	показатели энергосбережения и повышения энергетической эффективности
«Нулевой рост»	0	Взяты из Стратегии социально-экономического развития Самарской области	Рассчитаны по материалам энергетических стратегий РФ (см. табл. 4)
«Рост 1 %»	1	- “-	- “-
«Рост 2 %»	2	- “-	- “-
«Рост 3 %»	3	- “-	- “-
«Рост 4 %»	4	- “-	- “-
«Рост 5 %»	5	- “-	- “-

Таблица 4

Показатели энергосбережения и повышения энергетической эффективности по секторам экономики*

Table 4

Indicators of energy saving and energy efficiency by economic sectors

Наименование показателя	% к предыдущему году
<i>1. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности ТЭК</i>	
Коэффициент снижения потерь при распределении электроэнергии	98,6
Коэффициент снижения потерь при распределении тепловой энергии	97,9
Коэффициент снижения технологических потерь нефти	94,7
Коэффициент снижения технологических потерь для других ТЭР	99,0
Удельный расход топлива на выработку электроэнергии тепловыми электростанциями (кг у. т. / тыс. кВт·ч)	99,4
Удельный расход топлива на выработку тепловой энергии (кг у. т./ Гкал)	99,7
Удельный расход энергии на переработку нефти на единицу первичной переработки	99,0
Удельная электроемкость продукции предприятий ТЭК	98,6
Удельная теплоемкость продукции предприятий ТЭК	97,8
Удельная газоемкость продукции предприятий ТЭК	98,9
Удельные затраты нефтепродуктов предприятий ТЭК	99,1
<i>2. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности сектора по производству товаров</i>	
Удельная электроемкость производства товаров	98,9
Удельная теплоемкость производства товаров	97,7
Удельная газоемкость производства товаров	99,0
Удельные затраты нефтепродуктов при производстве товаров	99,2
<i>3. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности сектора по производству услуг</i>	
Удельная электроемкость производства услуг	98,7
Удельная теплоемкость производства услуг	97,4
Удельная газоемкость производства услуг	99,2
Удельные затраты нефтепродуктов при производстве услуг	99,4
<i>4. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности домашних хозяйств</i>	
Удельные затраты электроэнергии в домашних хозяйствах	98,5
Удельные затраты тепловой энергии в домашних хозяйствах	97,6
Удельные затраты природного газа в домашних хозяйствах	99,1

* Расчеты автора.

Таблица 5

Удельная энергоёмкость секторов экономики, 2035 г. к базовому году, % (прогноз по 6 сценариям)*

Table 5

Energy intensity of economic sectors, 2035 compared to the base year, % (forecast for 6 scenarios)*

Сектор экономики	Сценарий					
	Нулевой рост	Рост 1 %	Рост 2 %	Рост 3 %	Рост 4 %	Рост 5 %
ТЭК	74,2	74,2	74,4	74,8	75,4	76,0
Производство товаров (кроме ТЭР)	77,8	76,2	74,8	73,8	72,9	72,2
Производство услуг	78,9	75,1	72,0	69,4	67,2	65,3
Домашние хозяйства	87,4	79,0	71,3	64,4	58,2	52,6
Экономика в целом	79,0	74,5	70,4	66,8	63,6	60,8

* Расчеты автора.

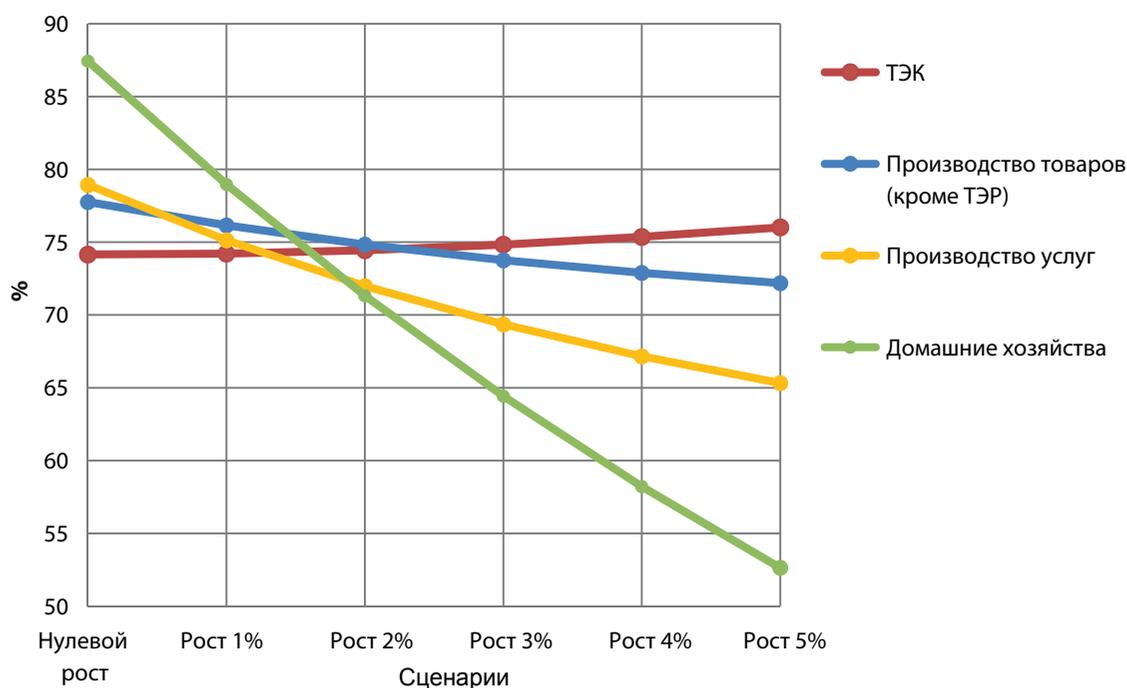


Рис. 1. Удельная энергоёмкость секторов экономики (2035 г. к 2017 г.)

Figure 1. Energy intensity of economic sectors (2035 to 2017)

поскольку падение производства неизбежно ведет к росту удельных затрат, в том числе энергетических.

Также было принято, что на горизонте прогнозирования индексы роста цен по основным видам ТЭР совпадают с индексами-дефляторами ВРП. В каждом сценарии выпуск отраслей ТЭК соответствовал потребностям экономики и рассчитывался эндогенно на модели путем итеративного согласования спроса и предложения ТЭР с учетом ограничений со стороны производственных возможностей. Также предполагалось, что на горизонте 2018–2035 гг. все сектора экономики Самарской области, включая домашние хозяйства, будут заниматься энергосбережением и повышением энергоэффективности, достигая при этом целевых показателей государственных программ, декларированных в энергетических

стратегиях РФ. Среднегодовые коэффициенты энергосбережения и повышения энергетической эффективности по видам экономической деятельности, используемые в модели (табл. 3), были рассчитаны автором по материалам Энергетической стратегии РФ на период до 2030 г.¹ и Проекта энергетической стратегии РФ на период до 2035 года².

В таблице 5 и на рисунке 1 показаны прогнозные значения удельных энергоёмкостей секторов экономики, рассчитанных для конца горизонта прогнозирования (2035 г.) для всех

¹ Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. Распоряжение Правительства РФ от 13 нояб. 2009 г. № 1715-р // Министерство энергетики РФ. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1026> (дата обращения: 17.08.2017).

² Проект энергостратегии Российской Федерации на период до 2035 года. Ред. от 01.02.2017. URL: <http://minenergo.gov.ru/node/1920> (дата обращения: 03.09.2017).

шести сценариев. При сценарии «Нулевой рост» снижение удельной энергоемкости секторов экономики происходит только за счет мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности в секторах. При других сценариях на снижение удельной энергоемкости секторов экономики также влияют факторы, обусловленные экономическим ростом:

— экономия от масштаба производства товаров и услуг, позволяющая предприятиям снизить условно-постоянную часть удельных затрат энергии за счет увеличения объемов производства;

— нарастающее отставание объемов имущества населения, потребляющего ТЭР, от объемов реальных денежных доходов, растущих вместе с ростом экономики в целом.

Некоторое увеличение энергоемкости ТЭК для сценариев с более высоким экономическим ростом объясняется изменением структуры ТЭК в пользу более энергоемких отраслей, таких как добыча нефти и нефтепереработка, из-за снижения спроса на электроэнергию и тепловую энергию.

Для оценки вклада секторов экономики в снижение удельной энергоемкости ВРП представим конечное потребление ТЭР в регионе в виде следующей суммы:

$$TFC(t) = TFC_{FEC}(t) + TFC_G(t) + TFC_S(t) + TFC_H(t), \quad (11)$$

где $TFC_{FEC}(t)$, $TFC_G(t)$, $TFC_S(t)$, $TFC_H(t)$ — конечное потребление ТЭР топливно-энергетиче-

ским комплексом, сектором по производству товаров (кроме ТЭР) и сектором по производству услуг соответственно (рассчитываются по формуле (9)); $TFC_H(t)$ — конечное потребление ТЭР домашними хозяйствами (рассчитывается по формуле (10)). Тогда удельную энергоемкость ВРП (3) можно разложить на следующие слагаемые:

$$EI_{GRP}(t|0) = \frac{TFC(t)}{TFC^{(0)}(t)} = \quad (12)$$

$$= \frac{TFC_{FEC}(t)}{TFC^{(0)}(t)} + \frac{TFC_G(t)}{TFC^{(0)}(t)} + \frac{TFC_S(t)}{TFC^{(0)}(t)} + \frac{TFC_H(t)}{TFC^{(0)}(t)}.$$

В таблице 6 и на рисунке 2 показана динамика слагаемых удельной энергоемкости ВРП (12), рассчитанных для конца горизонта прогнозирования ($t = 2035$ г.) по всем 6 сценариям экономического роста.

При экономическом росте наибольшее снижение удельной энергоемкости ВРП происходит по слагаемым «ТЭК» и «домашние хозяйства». Для домашних хозяйств это объясняется тем, что темпы конечного потребления ТЭР населением отстают от темпов роста ВРП и тем больше, чем выше темп экономического роста. В самом деле, свой доход, растущий в темпе роста ВРП, население расходует на конечное потребление и лишь некоторую часть тратит на приобретение дополнительной недвижимости, транспортных средств и бытовой техники, общий прирост которых обеспечивает прирост потребления ТЭР.

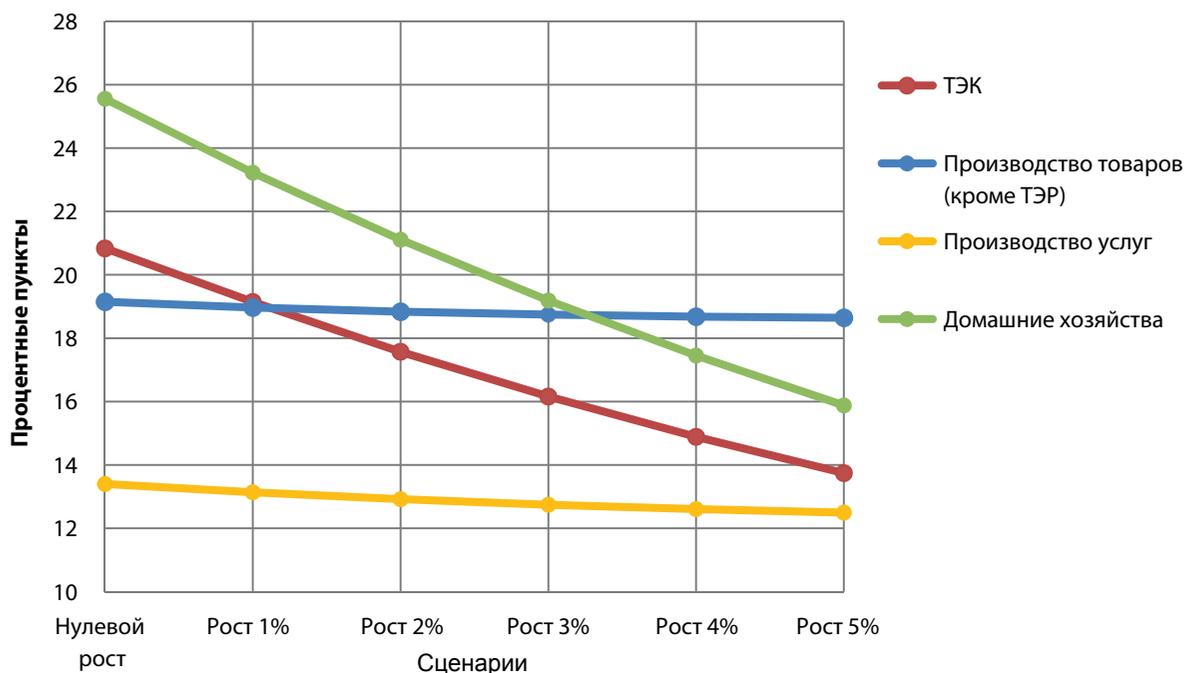


Рис. 2. Динамика слагаемых удельной энергоемкости ВРП (2035 г. к 2017 г.)

Figure 2. Dynamics of components of GRP energy intensity (2035/2017)

Таблица 6

Динамика слагаемых удельной энергоёмкости ВРП (прогноз)*

Table 6

Dynamics of components of GRP energy intensity (forecast)*

Наименование показателя	Сценарий					
	Нулевой рост	Рост 1 %	Рост 2 %	Рост 3 %	Рост 4 %	Рост 5 %
Удельная энергоёмкость ВРП в 2035 г., % к базовому году	78,9	74,5	70,4	66,8	63,6	60,8
в том числе по слагаемым (10):						
ТЭК, п. п.	20,8	19,1	17,6	16,2	14,9	13,7
производство товаров (кроме ТЭР), п. п.	19,1	19,0	18,8	18,7	18,7	18,6
производство услуг, п. п.	13,4	13,1	12,9	12,7	12,6	12,5
домашние хозяйства, п. п.	25,6	23,2	21,1	19,2	17,5	15,9

* Расчеты автора.

Снижение удельной энергоёмкости ВРП по ТЭК при экономическом росте происходит по следующим причинам:

— дополнительное снижение спроса на ТЭР в экономике в результате экономии от увеличения масштаба производства;

— отставание темпов роста ТЭК от темпов роста экономики региона в целом из-за высокой интенсивности потребления капитала отраслями ТЭК.

Здесь под интенсивностью потребления капитала отраслю понимается доля добавленной стоимости, создаваемой отраслю, которую необходимо инвестировать в основной капитал отрасли для обеспечения простого воспроизводства. Показатель интенсивности потребления капитала (ИПК) успешно использовался Дж. Россом при анализе российского финансового кризиса [23]. В таблице 7 приведены оценки интенсивности потребления капитала для некоторых отраслей российской экономики [24]. Значения ИПК рассчитаны для конца девяностых годов. Согласно таблице, для обеспечения простого воспроизводства в отраслях ТЭК необходимы инвестиции в основной капитал на уровне 22–24 % от добавленной стоимости, создаваемой в этих отраслях.

Авторами статьи [25] показано, что для перехода отрасли на траекторию экономического роста с темпом q необходима норма накопления капитала (доля добавленной стоимости, отправляемой на инвестиции):

$$s^{(q)} = (1 + qT_0)s^{(0)}, \quad (13)$$

где T_0 — нормативный срок службы основного капитала; $s^{(0)}$ — норма накопления при простом воспроизводстве (ИПК).

Согласно (13) и таблице 6, рост отрасли «Топливная промышленность» с темпом

Таблица 7

Интенсивность потребления капитала отраслей промышленности*

Table 7

Capital-consumption intensity by industries*

Отрасль экономики	ИПК, %
Топливная промышленность	24,0
Электроэнергетика	22,0
Металлургия	16,0
Химия и нефтехимия	15,0
Машиностроение и металлообработка	12,7
Легкая промышленность	11,7
Пищевая промышленность	5,7
Промышленность строительных материалов	8,0
Среднее по промышленности	14,0

* Источник [24].

$q = 1$ % потребует инвестиций на уровне 29 % от добавленной стоимости, а рост с темпом 2,5 % — на уровне 36 % (при $T_0 = 20$ лет). На самом деле инвестиций для экономического роста отраслей ТЭК потребуется еще больше, поскольку оценки, приведенные в таблице 6, являются сильно заниженными, так как рассчитывались для периода высокой инфляции, когда неизбежный временной лаг между произведенными инвестициями и получением добавленной стоимости приводит к значительному занижению ИПК.

Таким образом, высокая интенсивность потребления капитала в топливно-энергетических отраслях не позволяет им расти темпами выше 2,0–2,5 % в год [25], что при высоких темпах роста экономики приводит к уменьшению отношения $TFC_{FEC}(t) / TFC^{(0)}(t)$ в формуле (12).

Общий вклад экономического роста в снижение удельной энергоёмкости ВРП можно оценить по следующей формуле:

Вклад экономического роста в снижение удельной энергоёмкости ВРП по секторам экономики*

Table 8

Contribution of factors to the GRP energy intensity reduction by industries*

Наименование показателя	Сценарий					
	Нулевой рост	Рост 1 %	Рост 2 %	Рост 3 %	Рост 4 %	Рост 5 %
Удельная энергоёмкость ВРП, в % к базовому году	78,9	74,5	70,4	66,8	63,6	60,8
Общее снижение удельной энергоёмкости ВРП за счет всех факторов, п. п.	21,1	25,5	29,6	33,2	36,4	39,2
1 — энергосбережение и повышение энергетической эффективности производства и потребления ТЭР	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1
2 — общее снижение удельной энергоёмкости ВРП за счет экономического роста, п. п.	0,0	4,4	8,5	12,1	15,3	18,1
вклад экономического роста по секторам экономики, п. п.:						
ТЭК	0,0	1,7	3,3	4,7	6,0	7,1
в том числе за счет:						
снижение спроса на ТЭР из-за экономии от увеличения масштаба производства	0,0	0,6	1,1	1,4	1,6	1,8
отставания темпов роста ТЭК от темпов роста экономики региона из-за высокой капиталоемкости	0,0	1,1	2,2	3,3	4,3	5,3
производство товаров (кроме ТЭР)	0,0	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5
производство услуг	0,0	0,3	0,5	0,7	0,8	0,9
домашние хозяйства	0,0	2,3	4,4	6,4	8,1	9,7

* Расчеты автора.

$$\Delta EI_{GRP}^{(n\%)}(t|0) = EI_{GRP}^{(0\%)}(t|0) - EI_{GRP}^{(n\%)}(t|0). \quad (14)$$

Здесь $EI_{GRP}^{(0\%)}(t|0)$ — удельная энергоёмкость ВРП для сценария с нулевым ростом экономики; $EI_{GRP}^{(n\%)}(t|0)$ — удельная энергоёмкость ВРП для сценария «Рост $n\%$ ».

По аналогии вклад экономического роста в снижение удельной энергоёмкости

ВРП по секторам экономики оценивается по формуле:

$$\Delta EI_{GRP,i}^{(n\%)}(t|0) = EI_{GRP,i}^{(0\%)}(t|0) - EI_{GRP,i}^{(n\%)}(t|0), \quad (15)$$

где $EI_{GRP,i}^{(0\%)}(t|0)$ — удельная энергоёмкость ВРП по сектору i для сценария с нулевым ростом экономики; $EI_{GRP,i}^{(n\%)}(t|0)$ — удельная энергоёмкость ВРП по сектору i для сценария «Рост $n\%$ ».

Таблица 9

Удельный вклад основных факторов в снижение удельной энергоёмкости ВРП*

Table 9

The relative contribution of the main factors to the GRP energy intensity reduction*

Наименование показателя	Сценарий					
	Нулевой рост	Рост 1 %	Рост 2 %	Рост 3 %	Рост 4 %	Рост 5 %
Доля фактора в общем снижении энергоёмкости ВРП, в %						
Вклад факторов в снижение удельной энергоёмкости ВРП						
1 — энергосбережение и повышение энергетической эффективности производства и потребления ТЭР	100,0	82,5	71,2	63,5	57,9	53,7
2 — экономический рост	0,0	17,5	28,8	36,5	42,1	46,3
в том числе по факторам						
экономия от масштаба производства товаров и услуг	0,0	4,2	6,4	7,5	8,0	8,1
отставание темпов роста ТЭК от темпов роста экономики региона из-за высокой капиталоемкости	0,0	4,2	7,4	9,9	11,9	13,5
отставание темпов роста энергопотребляющего имущества населения от темпов роста ВРП	0,0	9,1	15,0	19,2	22,3	24,7
ИТОГО (общее снижение удельной энергоёмкости ВРП), %	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

* Расчеты автора.

В таблице 8 показаны общее снижение удельной энергоемкости ВРП за счет экономического роста и вклад секторов экономики в это снижение.

Удельный вклад перечисленных факторов в общее снижение удельной энергоемкости ВРП показан в таблице 9.

Обсуждение

Результаты проведенных исследований показывают, что экономический рост является важнейшим условием снижения удельной энергоемкости ВРП, причем чем выше экономический рост, тем больше его вклад в снижение удельной энергоемкости ВРП (рис. 2). Экономический рост снижает удельную энергоемкость ВРП за счет следующих эффектов:

— экономия от масштаба производства товаров и услуг;

— нарастающее отставание темпов роста ТЭК от темпов роста остальной экономики региона из-за высокой капиталоемкости добычи, производства и переработки ТЭР;

— нарастающее отставание объемов энергопотребляющего имущества населения от объема ВРП.

Экономия от масштаба производства оказывает двойное действие на снижение удельной энергоемкости ВРП, поскольку он учитывается дважды в формуле (12). Во-первых, экономия от масштаба производства уменьшает удельный спрос на ТЭР в секторах по производству товаров и услуг (второе и третье слагаемое), а во-вторых, уменьшение спроса на ТЭР снижает выпуск ТЭК и, соответственно, величину конечного потребления топлива и энергии в ТЭК $TFC_{FEC}(t)$ (первое слагаемое). Второй эффект вызван тем, что опережающий рост неэнергетических отраслей изменяет структуру региональной экономики в пользу этих менее энергоемких отраслей (структурные сдвиги). Третий эффект обусловлен отставанием объема энергопотребляющего имущества домашних хозяйств от объема реальных доходов, растущих вместе с ВРП и лишь частично расходуемых на это имущество.

Полученные результаты находят подтверждение в ближайшей российской истории. Например, в 1999–2008 гг., когда экономика России росла средним темпом 7 % в год, после долгого отставания Россия вырвалась в мировые лидеры по темпам снижения энергоемкости ВВП: этот показа-

тель снизился на 42 % и снижался в среднем более чем на 5 % в год, что существенно быстрее, чем во многих странах мира [3]. Региональные исследования также подтверждают, что важным фактором снижения энергоемкости ВРП является рост региональной экономики. В регионах России, где ВРП динамично рос, энергоемкость ВРП снижалась быстрее, и наоборот [1]. Быстро развивающиеся страны также демонстрируют тенденцию к устойчивому снижению энергоемкости ВВП. Так, например, Китай, показывавший высокие темпы экономического роста с 1990-х гг., быстро снижал энергоемкость ВВП в течение этого периода [26].

Проведенные исследования на материале Самарской области, являющейся по многим параметрам среднестатистическим субъектом РФ, позволяют аргументированно ответить на вопрос, осуществимо ли снижение ВРП в российских регионах на 40 % на горизонте 2018–2035 гг. Полученные результаты показывают, что достижение этой цели возможно только при среднегодовом экономическом росте не менее 5 % даже при абсолютном выполнении всех отраслевых программ по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, декларированных в энергетических стратегиях до 2030 г. и 2035 г. Мероприятия по энергосбережению и повышению энергетической эффективности без экономического роста позволят снизить энергоемкость ВРП в 2035 г. к уровню 2017 г. лишь на половину от заявленной цели.

Поскольку капиталоемкие регионы РФ (Липецкая область, Ханты-Мансийский автономный округ, Ямало-Ненецкий автономный округ, Красноярский край и другие) не могут развиваться темпами выше 2,0–2,5 % в силу высокой интенсивности потребления капитала, целевые показатели по снижению энергоемкости ВРП для этих регионов, установленные в федеральных стратегиях, являются принципиально недостижимыми.

Аналогичные выводы справедливы и для российской экономики в целом. Если экономика России будет развиваться среднегодовыми темпами ниже 4–5 %, то основной целевой индикатор Энергетической стратегии России на период до 2035 г. — снижение энергоемкости ВВП к 2035 г. на 34 % относительно 2015 г. будет принципиально недостижим.

Список источников

1. Башмаков И. А., Мышак А. Д. Динамика потребления энергии и энергоемкости ВРП в регионах России. Езда с поднятым капотом // Энергосовет. 2016. № 2 (44). URL: http://www.energsovet.ru/bul_stat.php?idd=592 (дата обращения: 02.04.2018).

2. Башмаков А. Д. Динамика энергоёмкости валового регионального продукта Москвы // Энергосбережение. 2011. № 3. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4890 (дата обращения: 11.04.2018).
3. Башмаков И. А., Мышак А. Д. Российская система учета повышения энергоэффективности и экономии энергии // Центр по эффективному использованию энергии. ЦЭНЭФ. 2012. 81 с. URL: <http://www.cenef.ru/file/Indexes.pdf> (дата обращения: 12.04.2018).
4. Волконский В. А., Кузовкин А. И. Анализ и прогноз энергоёмкости и энергоэффективности экономики России // Проблемы прогнозирования. 2006. № 1. С. 53–61.
5. Кузовкин А. И. Прогноз энергоёмкости ВВП России и развитых стран на 2020 г. // Проблемы прогнозирования. 2010. № 3. С. 144–148.
6. Overall Energy Efficiency Trends and Policies in the EU 27 // ADEME Editions. Paris, 2009. 62 p.
7. Ang B. W., Liu F. L. A new energy decomposition method: perfect in decomposition and consistent in aggregation // Energy. 2001. Vol. 26. P. 537–548.
8. Greening L. A., Bernow S. Design of coordinated energy and environmental policies: use of multi-criteria decision-making // Energy Policy. Vol. 32. 721–735.
9. Beccalli M., Cellura M., Mistretta M. Decision-making in energy planning. Application of the Electre method at regional level for the diffusion of renewable energy technology // Renewable Energy. 2003. № 28. P. 2063–2087.
10. Jebaraj S., Iniyan S. A review of energy models // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2006. № 10. P. 281–311.
11. Borges A. R., Antunes C. H. A fuzzy multiple objective decision support model for energy-economy planning // European Journal of Operational Research. 2003. № 145. P. 304–316.
12. Dixon P. B., Koopman R. B., Rimmer M. T. The MONASH Style of Computable General Equilibrium Modeling // Handbook of computable general equilibrium modeling. Amsterdam: North-Holland, 2013. P. 23–103.
13. Adams P. D., Parmenter B. R. Computable General Equilibrium Modeling of Environmental Issues in Australia: Economic Impacts of an Emission Trading Scheme // Handbook of Computable General Equilibrium Modeling Ch. 9 / Dixon P. B., Jorgenson D. W. eds. Amsterdam: North-Holland, 2013. P. 553–657.
14. Energy, the Environment and US Economic Growth / Jorgenson D. W., Goettle R. J., Ho M. S & Wilcoxon P. J. // Chapter 8 in the Handbook of Computable General Equilibrium Modeling / Dixon P. B., Jorgenson D. W. eds. Amsterdam: North-Holland, 2013. P. 475–552.
15. The Impact of the 2014 Platinum Mining Strike in South Africa. An Economy-Wide Analysis / Bohlmann H. R., Van Heerden J. H., Dixon P. B., Rimmer M. T. // Economic Modelling. 2015. Vol. 51. P. 403–411.
16. SCANNER — модельно-информационный комплекс / Веселов Ф. В., Елисеева О. А., Кулагин В. А., Малахов В. А., Митрова Т. А., Филиппов С. П.; под ред. А. А. Макарова. — М.: ИНЭИ РАН, 2011. 74 с.
17. Эволюция мировых энергетических рынков и ее последствия для России / под ред. А. А. Макарова, Л. М. Григорьевой, Т. А. Митровой. М.: ИНЭИ РАН-АЦ при Правительстве РФ, 2015. 400 с.
18. Khasaev G., Tsybatov V. Tooling of Modeling and Strategic Planning of Energy-Efficient Development of the Regional Fuel and Energy Complex / Eurasian Journal of Analytical Chemistry. 2017. № 12 (Interdisciplinary Perspective on Sciences 7b): P. 1169–1182. DOI: <https://doi.org/10.12973/ejac.2017.00242a>.
19. Цыбатов В. А. Стратегическое планирование энергоэффективного развития субъекта Российской Федерации // Экономика региона. 2018. Т. 14, вып. 3. С. 941–954. DOI: <https://doi.org/10.17059/2018-3-18>.
20. Цыбатов В. А. Стратегирование регионального развития. Методы, модели, информационные технологии // Региональная экономика. Теория и практика. 2015. Вып. 27 (июль). С. 36–53.
21. System of National Accounts 2008 / Ed. prof. Yu. N. Ivanov. New York: European Commission, UNO, IMF, OECD, WB. 2012. 764 p.
22. Новиков Д. А., Чхартишвили А. Г. Активный прогноз. М.: ИПУ РАН, 2002. 101 с.
23. Росс Дж. Основы российского финансового кризиса // Проблемы прогнозирования. 1997. № 6. С. 49–67.
24. Алексеев М. В. Использование показателя интенсивности потребления капитала для инвестиционного анализа // Проблемы прогнозирования. 2001. № 5. С. 145–149.
25. Хасаев Г. Р., Цыбатов В. А. Капиталосоздающий сектор экономики как основа экономического роста // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2017. № 1 (147). С. 5–16.
26. Григорьев Л. М., Курдин А. А. Экономический рост и спрос на энергию // Экономический журнал ВШЭ. 2013. № 3. С. 390–406.

References

1. Bashmakov, I. A. & Myshak, A. D. (2016). Dynamics of energy consumption and energy intensity of GRP in the regions of Russia. Riding with a raised hood. *Energosovet [Energy council]*, 2(44). Retrieved from: http://www.energosovet.ru/bul_stat.php?idd=592 (Date of access: 02.04.2018) (In Russ.)
2. Bashmakov, A. D. (2011). Dynamics of the energy intensity of the gross regional product of Moscow. *Energoberezhnie [Energy saving]*, 3. Retrieved from: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4890 (Date of access: 11.04.2018) (In Russ.)
3. Bashmakov, I. A. & Myshak, A. D. (2012). *Russian accounting system to improve energy efficiency and energy savings*. Center for Energy Efficiency (CENef), 81. Retrieved from: <http://www.cenef.ru/file/Indexes.pdf> (Date of access: 12.04.2018) (In Russ.)

4. Volkonsky, V. A. & Kuzovkin, A. I. (2006). Energy intensity and energy efficiency of the Russian economy: an analysis and forecast. *Problemy prognozirovaniya [Studies on Russian Economic Development]*, 1, 53–61. (In Russ.)
5. Kuzovkin, A. I. (2010). Forecast for GDP energy intensity in 2020: Russia and other developed countries. *Problemy prognozirovaniya [Studies on Russian Economic Development]*, 3, 144–148. (In Russ.)
6. *Overall Energy Efficiency Trends and Policies in the EU 27*. (2009). ADEME Editions. Paris, 62.
7. Ang, B. W. & Liu, F. L. (2001). A new energy decomposition method: perfect in decomposition and consistent in aggregation. *Energy*, 26, 537–548.
8. Greening, L. A. & Bernow, S. (2004). Design of coordinated energy and environmental policies: use of multi-criteria decision-making. *Energy Policy*, 32, 721–735.
9. Beccali, M., Cellura, M. & Mistretta, M. (2003). Decision-making in energy planning. Application of the Electre method at regional level for the diffusion of renewable energy technology. *Renewable Energy*, 28, 2063–2087.
10. Jebaraj, S. & Iniyar, S. (2006). A review of energy models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 10, 281–311.
11. Borges, A. R. & Antunes, C. H. (2003). A fuzzy multiple objective decision support model for energy-economy planning. *European Journal of Operational Research*, 145, 304–316.
12. Dixon, P. B., Koopman, R. B. & Rimmer, M. T. (2013). The MONASH Style of Computable General Equilibrium Modeling: A Framework for Practical Policy Analysis. In: P. B. Dixon, D. W. Jorgenson (Eds.), *The Handbook of Computable General Equilibrium Modeling* (pp. 22–103). North-Holland, Amsterdam.
13. Adams, P. D. & Parmenter, B. R. (2013). Computable General Equilibrium Modeling of Environmental Issues in Australia: Economic Impacts of An Emission Trading Scheme. In: P. B. Dixon, D. W. Jorgenson (Eds.), *The Handbook of Computable General Equilibrium Modeling* (pp. 553–657). North-Holland, Amsterdam.
14. Jorgenson, D. W., Goettle, R. J., Ho, M. S. & Wilcoxon, P. J. (2013). Energy, the Environment and US Economic Growth. In: P. B. Dixon, D. W. Jorgenson (Eds.), *The Handbook of Computable General Equilibrium Modeling* (pp. 475–552). North-Holland, Amsterdam.
15. Bohlmann, H. R., Van Heerden, J. H., Dixon, P. B. & Rimmer, M. T. (2015). The Impact of the 2014 Platinum Mining Strike in South Africa: An Economy-Wide Analysis. *Economic Modelling*, 51, 403–411.
16. Veselov, F. V., Eliseeva, O. A., Kulagin, V. A., Malakhov, V. A., Mitrova, T. A. & Filippov, S. P. (2011). *SCANNER: Super complex for active navigation in energy research*. Moscow: ERI RAS, 74. (In Russ.)
17. Makarov, A. A., Grigoryev, L. M. & Mitrova, T. A. (Eds.). (2015). *World energy markets evolution and its consequences for Russia*. Moscow: ERI RAS, ACRF, 400. (In Russ.)
18. Khasaev, G. & Tsybatov, V. (2017). Tooling of Modeling and Strategic Planning of Energy-Efficient Development of the Regional Fuel and Energy Complex. *Eurasian Journal of Analytical Chemistry, 12 (Interdisciplinary Perspective on Sciences 7b)*, 1169–1182. DOI: <https://doi.org/10.12973/ejac.2017.00242a>.
19. Tsybatov, V. A. (2018). Strategic Planning of Energy-Efficient Development of a Region of the Russian Federation. *Ekonomika regiona [Economy of region]*, 14(3), 941–954. DOI: <https://doi.org/10.17059/2018-3-18> (In Russ.)
20. Tsybatov, V. A. (2015). Strategic planning of regional development: methods, models, information technology. *Regionalnaya ekonomika: Teoriya i praktika [Regional Economics: Theory and Practice]*, 27, 36–53. (In Russ.)
21. Ivanov, Yu. N. (2012). *System of National Accounts 2008*. New York: European Commission, UNO, IMF, OECD, WB, 764. (In Russ.)
22. Novikov, D. A. & Chkhartishvili, A. G. (2002). *Aktivnyy prognoz [Active forecast]*. Moscow: IPU RAN, 101. (In Russ.)
23. Ross, J. (1997). Basics of the Russian financial crisis. *Problemy prognozirovaniya [Studies on Russian Economic Development]*, 6, 49–67. (In Russ.)
24. Alekseenkova, M. V. (2001). Using the indicator of capital consumption rate for investment analysis. *Problemy prognozirovaniya [Studies on Russian Economic Development]*, 5, 145–149. (In Russ.)
25. Khasaev, G. R. & Tsybatov, V. A. (2017). Capital development economy as the basis for economic growth. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta [Vestnik of Samara State University of Economics]*, 1(147), 5–16. (In Russ.)
26. Grigoriev, L. M. & Kurdin, A. A. (2013). Economic growth and demand for energy. *Ekonomicheskiy zhurnal VSHE [The HSE Economic journal]*, 3, 390–406. (In Russ.)

Информация об авторе

Цыбатов Владимир Андреевич — доктор экономических наук, профессор кафедры региональной экономики и управления, главный научный сотрудник, Самарский государственный экономический университет; Scopus Author ID: 6508135389; <http://orcid.org/0000-0001-7076-2252> (Российская Федерация, 443090, г. Самара, ул. Советской Армии, д. 141; e-mail: tva82@yandex.ru).

About the author

Vladimir A. Tsybatov — Dc. Sci. (Econ.), Professor of the Department of the Regional Economics and Management, Chief Research Associate, Samara State University of Economics; Scopus Author ID: 6508135389; <http://orcid.org/0000-0001-7076-2252> (234, Novo-Sadovaya St., Samara, 443029, Russian Federation; e-mail: tva82@yandex.ru).

Дата поступления рукописи: 04.06.2019.

Прошла рецензирование: 21.08.2019.

Принято решение о публикации: 10.06.2020.