

Научная статья

УДК 332.12

JEL: R11

<https://doi.org/10.18184/2079-4665.2022.13.3.513-531>

Моделирование структуры топливно-энергетического баланса региона в условиях применения концепции устойчивого развития для достижения стратегических показателей регионального развития

Антонина Васильевна Шаркова¹, Екатерина Александровна Лемм²

^{1,2} Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Россия

¹ sharkova_av@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5989-5385>

² ekaterinalemm@yandex.ru

Аннотация

Цель работы – моделирование структуры топливно-энергетического баланса региона на основе изучения возможностей применения концепции устойчивого развития в топливно-энергетическом комплексе для достижения стратегических целей развития региона.

Метод или методология проведения работы. Исследование основано на применении принципов устойчивого развития к планированию новых городских пространств, что позволило рассмотреть возможности их внедрения в модель топливно-энергетического баланса региона.

Результаты работы. Исследование возможностей применения концепции устойчивого развития и их влияние на топливно-энергетический баланс исследовано на примере Приморского края: рассмотрено значение топливно-энергетического баланса как инструмента реализации стратегических целей национальной экономики, оценена реализация стратегии развития региона и ее роль в формировании топливно-энергетического баланса, определены ключевые инициативы развития региона, в том числе строительство новых городских пространств, на основе данных о планируемой численности населения определена потребность в электрической и тепловой энергии, проведен сценарный анализ топливно-энергетического баланса и оценка рисков реализации разработанных сценариев. Авторами предложено дополнить модель топливно-энергетического баланса показателями, которые позволят учесть использование вторичных энергетических ресурсов для производства электрической и тепловой энергии. Выявлено, что моделирование структуры потребления и производства энергетических ресурсов с учетом долгосрочных стратегий программ развития и тенденций развития энергетики способствует прогнозированию достижения плановых показателей.

Выводы. Расширение модели топливно-энергетического баланса с учетом вторичных энергетических ресурсов позволит осуществлять более точные прогнозы потребности в первичных энергетических ресурсах, отслеживать и анализировать тенденции по реализации инициатив использования вторичных энергетических ресурсов, определять экономию первичных топливно-энергетических ресурсов в натуральном выражении. Использование вторичных энергетических ресурсов для производства электрической и тепловой энергии будет способствовать реализации принципов устойчивого развития экономики региона.

Ключевые слова: устойчивое развитие, региональное развитие, стратегическое планирование, топливно-энергетический баланс, вторичные энергетические ресурсы

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Шаркова А. В., Лемм Е. А. Моделирование структуры топливно-энергетического баланса региона в условиях применения концепции устойчивого развития для достижения стратегических показателей регионального развития // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2022. Т. 13. № 3. С. 513–531

EDN: UVILQM. <https://doi.org/10.18184/2079-4665.2022.13.3.513-531>

© Шаркова А. В., Лемм Е. А., 2022



Original article

Modeling a structure of the fuel and energy balance of a region in the context of applying the concept of sustainable development to achieve strategic indicators of regional development

Antonina V. Sharkova¹, katerina A. Lemm²^{1,2}Finance University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia¹sharkova_av@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5989-5385>²ekaterinalemm@yandex.ru

Abstract

Purpose: is to study the possibilities of applying the concept of sustainable development in the fuel and energy complex of the region to achieve strategic development goals, modeling the structure of the fuel and energy balance based on the principles of sustainable regional development.

Methods: the study is based on the application of the principles of sustainable development to the planning of new urban spaces, which allowed us to consider the possibilities of their implementation in the fuel and energy balance model.

Results: the study of the possibilities of applying the concept of sustainable development and their impact on the fuel and energy balance is based on the example of Primorsky Krai. The essence of the fuel and energy balance as a tool for the implementation of strategic goals of the national economy is studied. The implementation of the regional development strategy and its role in the formation of the fuel and energy balance of the region are evaluated. Key initiatives for the development of the region, including the construction of new urban spaces, have been identified. Based on the data on the planned population, the need for electric and thermal energy is determined. A scenario analysis of the fuel and energy balance and risk assessment of the implementation of the developed scenarios have been carried out. The authors propose to supplement the fuel and energy balance model with indicators of the usage of secondary energy sources for the production of electric and heat energy. It is revealed that modeling the structure of consumption and production of energy sources paying attention to long-term strategies and trends in energy development contributes to forecasting the achievement of planned indicators.

Conclusions and Relevance: the expansion of the fuel and energy balance model paying attention to secondary energy sources, will allow for more accurate forecasts of the need for primary energy sources, monitor and analyze trends in the implementation of initiatives for the use of secondary energy sources, determine the economy of primary fuel and energy sources in kind, which will contribute to the implementation of the principles of sustainable development of the region's economy.

Keywords: sustainable development, regional development, strategic planning, fuel and energy balance, secondary energy sources

Conflict of Interest. The Authors declares no Conflict of Interest.

For citation: Sharkova A. V., Lemm E. A. Modeling a structure of the fuel and energy balance of a region in the context of applying the concept of sustainable development to achieve strategic indicators of regional development. *MIR (Modernizatsiia. Innovatsii. Razvitie) = MIR (Modernization. Innovation. Research)*. 2022; 13(3):513–531. (In Russ.)

EDN: UVILQM. <https://doi.org/10.18184/2079-4665.2022.13.3.513-531>

© Sharkova A. V., Lemm E. A., 2022

Введение

В свете нестабильной политической и экономической ситуации в мире актуализируются проблемы развития энергетики, рационального использования природных ресурсов, новых технологий и повышения энергетической эффективности. Ключевым инструментом, который позволяет провести анализ угроз и возможностей энергетики государства, региона, муниципального образования является топливно-энергетический баланс.

Тема исследования приобретает особую актуальность в условиях преодоления замедления достижения целей устойчивого развития и «энергопере-

хода», который подразумевает трансформацию энергетических моделей от традиционных к низкоуглеродным, внедрение принципов ответственного потребления и производства.

Топливо-энергетический баланс входит в систему стратегического планирования, обеспечивая прогнозы социально-экономического и научно-технологического развития, межотраслевые стратегии, стратегии пространственного развития обоснованием потенциала развития исследуемых областей – возможности роста экономики ограничиваются способностью топливно-энергетического комплекса удовлетворять спрос на объемы потребления топливно-энергетических ресурсов.

Стратегическая роль планирования топливно-энергетического баланса закреплена в Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года, где отмечается, что изменение параметров топливно-энергетического баланса вне планового диапазона является индикатором «необходимости принятия дополнительных мер или пересмотра стратегических ориентиров развития топливно-энергетического комплекса»¹.

На изменение структуры топливно-энергетического баланса оказывает влияние социально-экономическое развитие определенной территории. Особенно важной представляется роль планирования и прогнозирования структуры топливно-энергетического баланса для регионов страны, развитие которых закреплено в государственных документах как приоритет национальной стратегии.

Объектом исследования выбран Приморский край как геостратегической регион, приоритетность развития которого определяется рядом государственных документов и требует реализации комплекса мероприятий для достижения стратегических целей. Научная новизна работы заключается в совершенствовании модели топливно-энергетического баланса с учетом принципов устойчивого развития.

Обзор литературы и исследований

Теоретической базой работы являются исследования, посвященные вопросам разработки и использования топливно-энергетических балансов, представленные в документах зарубежных организаций (Международного энергетического агентства, Департамента экономических и социальных вопросов ООН), а также в трудах российских и зарубежных ученых, в том числе: Осинской И.В., Волинской Н.А., Жигуновой О.А. [1], Rokicki T., Perkowska A. [2], Соколова А.Д., Музычук С.Ю., Музычука Р.И., Абдулиной Е.Р. [3, 4], Любимовой Е.В. [5], Мамий И.П., Иващенко М.А. [6], Башмакова И.А. [7].

Ученые и исследователи отмечают роль топливно-энергетического комплекса и крупных инфраструктурных проектов в достижении стратегических целей национальной экономики – среди них Новак А.В. [8], Джурка Н.Г., Демина О.В. [9], Щербин В.К. [10], Жеребцов Б.В., Басуматорова Е.А., Сашина Н.В. [11]. Особенности моделирования комплексных прогнозов развития топливно-энергетического комплекса рассмотрены в трудах Шапота Д.В., Малахова В.А. [12], авторского коллектива ИЭОПП СО РАН [13], Андрищенко Е.С.

[14]. Особую актуальность приобретает трансформация топливно-энергетического комплекса для достижения целей устойчивого развития в области энергетики и перехода к низкоуглеродным моделям экономики, что подтверждают многочисленные работы зарубежных и российских ученых: Chapman A., Shigetomi Y., Ohno H., McLellan B., Shinozaki A. [15], Tsvetkov P. [16], Cantarero V., Mercedes M. [17], Olleik M., Hamie H., Auer H. [18], Xiao Y., Yang H., Zhao Y. [19], Мозговой Е.С. [20], Сергеева Н.Н., Жвакина А.С. [21], Плотникова В.А., Бабенкова В.И. [22], Солововой Ю.В. [23], Юшкова И.В., Перова А.В. [24], Гительмана Л.Д., Добродеев В.В., Кожевникова М.В. [25].

Исследователи оценивают различные явления в энергетике, формирующиеся на основе тренда на устойчивое развитие (Liu Q., Cheng K., Zhuang Y. [26], Oropeza-Perez I., Petzold-Rodriguez A.H. [27], Zhukovskiy Y.L., Batueva D.E., Buldysko A.D., Gil B., Starshaia V.V. [28]), однако вопросы моделирования топливно-энергетического баланса с применением принципов устойчивого развития не охвачены достаточно широко.

Материалы и методы

В исследовании использованы общенаучные методы: анализ и синтез, сравнение, моделирование. Для оценки степени риска прогнозного топливно-энергетического баланса определен интегральный показатель риска на основе анкетирования экспертной группы, предполагающий балльную оценку наступления событий реализации рисков сценария развития топливно-энергетического комплекса по отдельным энергоресурсам. В анкете представлены следующие вероятные события:

- увеличение расходов на доставку энергоресурса;
- увеличение капитальных затрат на строительство инфраструктуры;
- увеличение затрат на обеспечение экологической безопасности;
- монополизация отрасли и ограничения конкуренции;
- нерациональное потребление энергоресурсов;
- рост затрат потребителей на создание альтернативных способов топливо- и энергоснабжения и резервное обеспечение энергоресурсами;
- стремительный рост цен и тарифов на топливо и энергию;
- выделение значительного объема бюджетных ассигнований при реализации угроз энергетической безопасности.

¹ Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года (утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р). URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1026>

Данные вероятные последствия сценариев в сравнении с отчетным периодом оценены по шкале от 1 до 3, где 1 – низкая вероятность реализации, 2 – умеренная, 3 – высокая. Полученная балльная оценка для каждого вида энергетического ресурса взвешена по доле энергетического ресурса в топливно-энергетическом балансе и агрегирована для получения интегрального показателя риска.

Информационную базу исследования составили нормативно-правовые акты, регламентирующие основные правила и порядок составления топливно-энергетического баланса, документы стратегического планирования, в том числе Энергетическая стратегия до 2035², Доктрина энергетической безопасности Российской Федерации³, Стратегия социально-экономического развития Приморского края до 2030 года⁴, Схема и программа развития электроэнергетики Приморского края на 2022–2026 гг.⁵, аналитические обзоры и отчеты ведущих экспертов, материалы официальных сайтов Администрации Приморского края, Министерства энергетики и газоснабжения Приморского края, ПАО «Газпром».

Результаты исследования

Основу экономики в условиях устойчивого развития составляют: рациональное потребление природных ресурсов на базе снижения энерго- и материалоемкости производства, а также развитие сферы управления отходами [2], повсеместный переход организаций на принципы корпоративной социальной ответственности, стимулирование процессов социальной интеграции, решение проблем обеспеченности продуктами питания, повышение продовольственной безопасности, снижение уровня безработицы [15], охрана окружающей среды [20, 23]. Принятая в 2015 году государствами-членами ООН Программа устойчивого развития до 2030 года содержит 17 целей устойчивого развития, среди которых следует отметить такие основополагающие цели в области энергетики как обеспечение всеобщего доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех (ЦУР-7) и переход к рациональным моделям потребления и производства (ЦУР-12). Вопросы устойчивого развития формируют первостепенные задачи современно-

го человечества и будущих поколений, которые могут быть закреплены в стратегиях развития и выражаться в целевых показателях.

Для достижения стратегических целей национальной экономики необходимо долгосрочное планирование [6]. Инструментом подобного планирования в топливно-энергетическом комплексе является топливно-энергетический баланс [7].

Роль прогнозных топливно-энергетических балансов заключается в формировании оптимальной структуры производства / потребления энергетических ресурсов [14], в том числе для определения набора генерирующих мощностей в масштабе страны, региона или для выбора схемы снабжения энергетическими ресурсами хозяйствующих субъектов. Состояние топливно-энергетического комплекса определяет уровень экономического развития государства [8, 12].

Моделирование топливно-энергетического баланса региона опирается, с одной стороны, на текущее состояние топливно-энергетического комплекса государства, его перспективное положение в соответствии со стратегическими документами, а с другой стороны – на экономику регионов в целом, прогнозы роста потребления со стороны ведущих отраслей и реализации инвестиционных проектов на территории региона. Особенно важно исследование геостратегических регионов, способствующих обеспечению национальной энергетической, политической и продовольственной безопасности. Одним из таких регионов является Приморский край.

Взгляд на долгосрочное развитие Приморского края нашел отражение в Стратегии социально-экономического развития Приморского края, утвержденной постановлением Администрации Приморского края от 28.12.2018 № 668-па. Данная Стратегия гармонизирована с федеральными целеполагающими документами, в том числе с положениями проектов стратегий социально-экономического развития Российской Федерации, странственного развития Российской Федерации, Стратегии социально-экономического развития Дальнего Востока и Байкальского региона, Стратегии развития морской деятельности Российской Федерации и других, влияющих на развитие При-

² Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года (утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-п). URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1026>

³ Доктрина энергетической безопасности Российской Федерации (утв. Указом Президента Российской Федерации от 13 мая 2019 г. № 216). URL: <https://minenergo.gov.ru/node/14766>

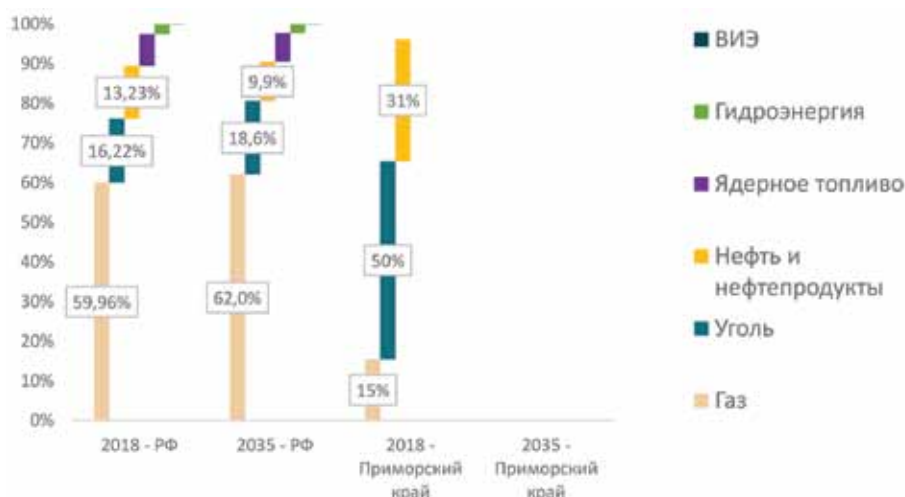
⁴ Стратегия социально-экономического развития Приморского края до 2030 года (утв. Постановлением Администрации Приморского края от 28 декабря 2018 г. № 668-па). URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/2500201812290008>

⁵ Схема и программа развития электроэнергетики Приморского края на 2022-2026 гг. / Правительство Приморского края. URL: <https://primorsky.ru/upload/medialibrary/082/u3097spuhy6c1780zqyqwojerwwkwajh.zip>

морского края, актов, указов и указаний Президента Российской Федерации по важнейшим вопросам государственной политики и социально-экономического развития.

В общей структуре топливно-энергетического баланса региона преобладает уголь (50%), что

значительно отличается от среднероссийского показателя (16–18%). Следует отметить, что отсутствует прогнозный баланс Приморского края на 2030–2035 гг., что представляет особый интерес для исследования реализуемости стратегических целей развития региона (рис. 1).



Разработано авторами по материалам: Энергетическая стратегия до 2035 года. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1026>; Схема и программа развития энергетики Приморского края на 2022–2026 гг. URL: <https://primorsky.ru/upload/medialibrary/082/u3097spuhy6c1780zqyqwojerwwwkwajh.zip>.

Рис. 1. Сравнение структуры топливно-энергетического баланса РФ и Приморского края в 2018 и 2035 гг., %

Developed by the authors based on the materials: Energy Strategy until 2035. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1026>; Strategy and Program for the Development of Energy in Primorsky Krai for 2022–2026. URL: <https://primorsky.ru/upload/medialibrary/082/u3097spuhy6c1780zqyqwojerwwwkwajh.zip>.

Fig. 1. Comparison of the structure of the fuel and energy balance of the Russian Federation and Primorsky Krai in 2018 and 2035, %

Топливо-энергетический баланс Приморского края обладает такими преимуществами как обеспеченность собственными ресурсами (углем, доля которого в энергетическом балансе составляет 50%) и экономией на транспортировке (ввиду развитой железнодорожной сети относительно прочих видов транспортной инфраструктуры). Природный газ и нефтепродукты поступают исключительно извне, что ведет к повышению стоимости этих ресурсов из-за затрат на транспортировку.

Стратегией социально-экономического развития Приморского края до 2030 года закреплён ряд показателей развития, которые окажут влияние на состояние и структуру топливно-энергетического баланса ввиду планов увеличения экономической активности на территории региона, формирования новых городов, а также заявленных планов по непосредственной трансформации энергетических ресурсов, обеспечивающих функциониро-

вание территории. Так, например, в Стратегии закреплены плановые показатели по увеличению доли возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и снижению энергоёмкости экономики (табл. 1).

Однако фактические показатели уже отстают от запланированных Стратегией. По состоянию на начало 2022 года в регионе отсутствуют как установленные мощности СЭС, ВЭС, ГЭС, так и утверждённые планы реализации проектов возобновляемой энергетики

Приморский край является участником Программы газификации. На начало 2021 года уровень газификации составлял 0,7%, а доля использования газа в топливно-энергетическом балансе – менее 15%. В плановом периоде доля газа увеличится до 50% (табл. 2).

Фактически доля газа в топливно-энергетическом балансе Приморского края составляет 15%. Однако в настоящее время Дальний Восток приоб-

Таблица 1

Плановые показатели Стратегии социально-экономического развития Приморского края до 2030 года, оказывающие влияние на топливно-энергетический баланс

Table 1

Target indicators of the Strategy of Socio-economic development of Primorsky Krai until 2030 affecting the fuel and energy balance

Наименование показателя	Годы реализации Стратегии											
	2019	2021	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
	Этап 1 (план)		Этап 2 (план)				Этап 3 (план)					
Доля возобновляемых источников энергии в энергетическом балансе региона, %	0,92	0,94	0,96	0,98	1	1,2	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2
Энергоемкость Приморского края, кг условного топлива на 10 тыс. руб. ВРП	26,7	26,5	26	25,4	24,7	23,9	23	22,1	21,3	20,4	19,5	18,7

Составлено авторами по материалам Стратегии социально-экономического развития Приморского края до 2030 г. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/2500201812290008>.

Compiled by the authors based on the materials of the Strategy of socio-economic development of Primorsky Krai until 2030. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/2500201812290008>.

Таблица 2

Целевые показатели развития энергетики Приморского края согласно Стратегии социально-экономического развития Приморского края до 2030

Table 2

Target indicators for the development of energy in Primorsky Krai according to the Strategy of Socio-economic Development of Primorsky Krai until 2030

Наименование показателя	Годы реализации Стратегии											
	2019	2021	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
	Этап 1 (план)		Этап 2 (план)				Этап 3 (план)					
Доля газа в производстве тепловой и электрической энергии, %	36,9	39,9	40,0	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Темп роста инвестиций по виду деятельности "Производство и распределение электроэнергии, газа и воды", млрд руб.	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	104	104
Обеспеченность электроэнергией резидентов ТОР, МВт	143	143	170	200	230	260	290	320	350	380	390	400

Составлено авторами по материалам Стратегии социально-экономического развития Приморского края до 2030 г. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/2500201812290008>.

Compiled by the authors based on the materials of the Strategy of socio-economic development of Primorsky Krai until 2030. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/2500201812290008>.

ретаёт статус одного из центров газовой отрасли, чему способствуют развитие производства сжиженного природного газа ПАО «НК«Роснефть», реализуемая ПАО «Газпром» Восточная Газовая программа (в рамках которой был запущен газопровод «Сила Сибири», осуществляется строительство Амурского газоперерабатывающего завода), строительство в Приморском крае среднетоннажного завода по производству сжиженного природного газа (Владивосток СПГ); начата газификация региона.

План инвестиционных вложений ПАО «Газпром» на 2021–2025 гг. в развитие газовой инфраструктуры снабжения Дальнего Востока составляет свыше 60 млрд руб. Среди объектов инвестиций – газопроводы-отводы, межпоселковые газопроводы, газораспределительные станции. В табл. 3 указаны ключевые показатели Программы газификации, подписанной дальневосточными регионами и ПАО «Газпром».

Развитие газовой инфраструктуры и газификация региона позволит снизить экологическую нагрузку

Таблица 3

Планируемые ПАО «Газпром» показатели газификации Дальнего Востока к 2026 г.

Table 3

Gazprom's gasification indicators for the Far East by 2026

Субъект федерации	Объем планируемых инвестиций до 2025 г., млрд руб.	Уровень газификации по состоянию на 1 января 2020 г., %	Планируемый уровень газификации к 2025 г., %	Протяженность новых газопроводов, км.	Строительство ГРС, шт.
Приморский край	21,139	0,7	3,90	302	5
Всего в ДВФО	60,595			1232	28

Составлено авторами по материалам официального сайта ПАО Газпром. URL: <https://www.gazprom.ru/press/news/2020/october/article514827/>.

Compiled by the authors based on the materials of the official website of PJSC Gazprom. URL: <https://www.gazprom.ru/press/news/2020/october/article514827/>.

на регион, активизировать процессы экономического развития. В данный момент Схемой и программой развития энергетики на 2022–2026 гг.⁶ определены планы перспективного развития энергетики Приморского края, среди которых:

- переоборудование угольных и мазутных котельных на газовые;
- объединение изолированных районов энергоснабжения с централизованными путем строительства новых ЛЭП, а также ВЭС и СЭС там, где это экономически целесообразно.

Оцененные Стратегией капитальные вложения на строительство СЭС и ВЭС в изолированных районах энергоснабжения в десятки раз ниже сетевого варианта их подключения к централизованному энергоснабжению, что говорит о высокой вероятности принятия именно генерирующего варианта в будущем, что позволит реализовать планы по строительству ветряных и солнечных электростанций.

Приморский край обладает значительным потенциалом развития за счет совершенствования внутренних условий, таких как экология и доступность инфраструктуры, а также внешних – преференциальных режимов для привлечения хозяйствующих субъектов и других механизмов государственного регулирования, направленных на развитие территорий.

Так, новая агломерация, население которой может достичь 1 млн человек, планируется в Приморском крае. По результатам Восточного экономического форума-2021 разрабатывается инициатива строительства города Спутник на территории опережающего социально-экономического развития «Надеждинская». Новый город планируется развивать под эгидой наиболее современного и удобного городского пространства, основная идея которого – сокращение оттока населения из региона.

Спутник будет располагаться рядом с Владивостоком и Артемом, плановый показатель общей численности населения по завершению реализации проекта составляет 300 тыс. человек, что, в совокупности с данными двумя городами, образует первую агломерацию на Дальнем Востоке с населением более 1 млн жителей. Общая стоимость проектов в новом городе превышает 59 млрд руб., планируется создать более 7,9 тыс. рабочих мест, построить 2,8 млн кв. м жилья.

Несколько лет назад такой же проект запустила компания DNS – один из крупнейших федеральных ретейлеров, торгующих электроникой и бытовой техникой. Этот проект рассчитан на 30 тыс. человек, планируется, что в нем будет 600 тыс. кв. м жилья, 50 тыс. кв. м офисов и 60 тыс. кв. м коммерческой недвижимости. Ожидается приток населения в DNS-city за счет удобной организации городского пространства.

В условиях развития данных городских пространств возникает задача определения прогнозного топливно-энергетического баланса для определения потребности субъектов экономической деятельности в энергоресурсах и выбора схемы снабжения.

Привлекательность городского пространства может быть определена его экологической средой, расположением инфраструктуры и, в том числе, условиями энергоснабжения. Прогнозный топливно-энергетический баланс позволит на основании потребности в электрической и тепловой энергии определить величину потенциально необходимых источников энергии для новых городов.

Развитие новых городов может быть ориентировано на принципы устойчивого развития, особенно в условиях их позиционирования как современные городские пространства. Планируемая числен-

⁶ Схема и программа развития электроэнергетики Приморского края на 2022–2026 гг. / Правительство Приморского края. URL: <https://primorsky.ru/upload/medialibrary/082/u3097spuhy6c1780zqyqwojerwwkwajjh.zip>

ность населения по окончании реализации проектов достигнет 330 тыс. человек (табл. 4).

В табл. 5 указана рассчитанная потребность населения в электроэнергии при заданной средней потребности в электроэнергии на душу населения (6978 кВт*ч/чел)⁷.

По результатам анализа отчетного топливно-энергетического баланса Приморского края за 2015–2020 гг. определено, что доля населения в потреблении электрической энергии составляет

40%, а на долю прочих потребителей (промышленного сектора и коммунально-бытовых организаций) приходится 60% общего потребления электроэнергии. На данном основании рассчитана суммарная потребность хозяйствующих субъектов в электроэнергии (табл. 6).

На основании полученных данных определена потребность в установленной мощности для выработки электроэнергии без учета коэффициента установленной мощности электростанции (КИУМ) (табл. 7).

Таблица 4

Планируемая численность населения города Спутник и DNS-city по окончании реализации проекта, человек

Table 4

The planned population of Sputnik and DNS-city at the end of the project, people

Новые города Приморского края	Население на 1 этапе реализации проекта, чел.	Население по окончании реализации проекта, чел.
г. Спутник	50 000	300 000
DNS-city	10 000	30 000
ВСЕГО	60 000	330 000

Составлено авторами по материалам: *Город Спутник планируют создать в 30 км от Владивостока // Газета Коммерсантъ*. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4968332>

Developed by the authors based: *The city called Sputnik is planned to be created 30 km away from Vladivostok // Kommersant Newspaper*. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4968332>

Таблица 5

Планируемая потребность населения новых городов в электроэнергии, тыс. кВт*ч

Table 5

The planned demand of the population of new cities for electricity, ths kWh

Новые города Приморского края	Потребность в электроэнергии на 1 этапе реализации проекта, тыс. кВт*ч	Потребность в электроэнергии по окончании реализации проекта, тыс. кВт*ч
г. Спутник	348 900	2 093 400
DNS-city	69 780	209 340
ВСЕГО	418 680	2 302 740

Разработано авторами.

Developed by the authors.

Таблица 6

Планируемая суммарная потребность в электроэнергии на территориях новых городов, тыс. кВт*ч

Table 6

The planned total demand for electricity in the territories of new cities, ths kWh

Наименование показателя	На 1 этапе реализации проекта, тыс. кВт*ч	По окончании реализации проекта, тыс. кВт*ч
Суммарная потребность в электроэнергии, в т.ч.:	1 046 700	5 756 850
- население	418 680	2 302 740
- прочие потребители	628 020	3 454 110

Разработано авторами.

Developed by the authors.

⁷ Схема и программа развития электроэнергетики Приморского края на 2022–2026 гг. / Правительство Приморского края. URL: <https://primorsky.ru/upload/medialibrary/082/u3097spuhy6c1780zayqwojerwwkwajh.zip>

Таблица 7

Потребность в установленной мощности по окончании реализации проектов (без учета КИУМ), МВт

Table 7

Demand for installed capacity at the end of project implementation (excluding Capacity factor), MW

Новые города Приморского края	На 1 этапе реализации проекта, МВт	По окончании реализации проекта, МВт
г. Спутник	100	597
DNS-city	20	60
ВСЕГО:	120	657

Разработано авторами.

Developed by the authors.

Фактические балансы электрической энергии энергосистемы Приморского края за последние 5 лет складывались с дефицитом, который обеспечивался за счет перетоков из объединенной энергетической системы Востока (ОЭС Востока), что обуславливает необходимость строительства новых генерирующих мощностей для энергообеспечения новых территорий.

Согласно исследованиям Дегтярева К.С., Залиханова А.М., Соловьева А.А., Соловьева Д.А. среди наиболее усовершенствованных по экологическим параметрам типов электрических станций газовые ТЭС, позволяющие улавливать и удерживать выбросы CO₂, остаются наименее дорогостоящими по сравнению с угольными ТЭС, а также ВЭС, СЭС и станциями, использующими биомассу в качестве источника топлива, вследствие высоких затрат последних на производство электроэнергии из-за низкого КИУМ (среднемировой показатель – 20%) [29].

Основываясь на принципах устойчивого развития, для энергообеспечения новых городов могут быть рассмотрены такие инициативы строительства улучшенных по экологическим параметрам электростанций как газовые ТЭС, генерация на основе возобновляемых источников энергии.

Размещение ветряных электрических станций как единственного источника электроэнергии целесообразно на прибрежных территориях, где скорость ветра достигает 6 м/с. Средняя скорость ветра на территориях размещения городов Спутник и DNS-city достигает 4,5 м/с, что делает такой источник энергоснабжения менее надежным в сравнении с солнечной генерацией, где показатель солнечной радиации достигает наибольших значений по России.

На планируемой территории новых городов рассмотрены следующие варианты введения мощностей (табл. 8).

Таблица 8

Показатели эффективности рассмотренных вариантов строительства генерирующих мощностей на 15-летнем горизонте планирования

Table 8

Efficiency indicators of the considered options for the construction of generating capacities on a 15-year planning horizon

Наименование показателя	Вариант 1		Вариант 2	
	ТЭЦ 740 МВт	ТЭЦ 680 МВт	СЭС 100 МВт	
Капитальные вложения (без НДС), млн руб.	117 290,26	107 780,24	29 301,76	
ЧДД, млн руб.	37 990	36 930	-29 591	
Дисконтированный срок окупаемости, лет	9,3	9,1	Не окупается	
ВНД, %	16,4	17,1		

Разработано авторами.

Developed by the authors.

• Вариант 1. Строительство газовой ТЭЦ, способной улавливать и удерживать углерод, покрывающей потребности обоих новых городов в элек-

трической и тепловой энергии (КИУМ = 87%). Ввод мощностей – 400 МВт на 1 этапе, 740 МВт по окончании реализации проекта.

- Вариант 2. Строительство газовой ТЭЦ, способной улавливать и удерживать углерод, для энергообеспечения города Спутник (ввод 340 МВт на 1 этапе, 680 Мвт по окончании реализации проекта), и строительство солнечной тепловой электростанции для обеспечения электроэнергией DNS-city (100 МВт, КИУМ = 14,5%).

Предпочтительным вариантом с точки зрения экологической и экономической устойчивости является вариант 1 – строительство ТЭЦ на природном газе – для обеспечения потребности новых городов в электроэнергии. Ключевым критерием строительства ТЭЦ на природном газе является наличие инфраструктуры – газопроводов, компрессорных и газораспределительных станций, а также доступность самого топлива. Реализуемая ПАО «Газпром» Восточная газовая программа, в том числе программа газификации Приморского края, позволит развивать данное направление для энергообеспечения экономических субъектов в новых городах.

Стоит отметить, что реализация проекта солнечной электростанции отличается высокой стоимостью, невысоким коэффициентом использования установленной мощности, зависимостью выработки электроэнергии от погодных условий, что снижает конкурентоспособность станций ВИЭ по сравнению с использованием ископаемых ресурсов.

Потенциальным направлением энергетики и экономики Дальневосточного региона может стать вторичное использование энергетических ресурсов согласно принципам циркулярной экономики.

В отличие от энергии, получаемой на основе возобновляемых ресурсов, использование вторичных энергоресурсов имеет такое преимущество как более стабильный и предсказуемый их выход в течение осуществления деятельности [4]. Это повысит надежность, безопасность и стабильность функционирования топливно-энергетического комплекса и позитивно повлияет на социально-экономические показатели экономики региона за счет обеспечения стимула к развитию смежных отраслей, таких как строительство, машиностроение, химическая переработка.

Значительный потенциал применения вторичных энергетических ресурсов может быть использован на газораспределительных станциях региона, которые обладают высокой пропускной способностью – имеют выход на генерирующие станции или крупные промышленные объекты.

Транспортировка природного газа по магистральным газопроводам и его распределение имеют отличительную особенность, которая заключается в снижении давления газа на газораспределитель-

ной станции и газораспределительных пунктах при его передаче к конечным потребителям. Выделяющаяся при этом процессе потенциальная энергия избыточного давления не имеет полезного использования и теряется, но эта энергия может служить источником электрической энергии при ее утилизации на специальной установке (турбодетандере), где потенциальная энергия преобразуется в механическую, которая вращает генератор и служит для получения электрической энергии или холода [30].

До настоящего времени практика использования турбодетандеров для выработки электроэнергии была ограничена их малой мощностью. В России реализуется единственный проект по применению турбодетандерных установок мощностью 16 МВт на газораспределительных станциях, для выработки электроэнергии в Пермской области на ГРС Добрянка-2 (ООО «Газпром Трансгаз Чайковский»).

Одним из ключевых условий реализации проекта является значительный объем газа, проходящий через газораспределительную станцию. В числе перспективных площадок для установки турбодетандера – газовая инфраструктура новых городов, а также ГРС Врангель, один из выходов которой рассчитан на Находкинский завод минеральных удобрений – потребность завода в природном газе составит 3,2 млн м³/год.

Внедрение такого проекта в Приморском крае, по использованию вторичных энергетических ресурсов на газораспределительных станциях, имеет потенциал развития как современный способ получения дополнительной электрической энергии предприятиями-спутниками газораспределительных станций.

Модель экономии ресурсов в натуральном и денежном выражении демонстрирует, что утилизация энергии избыточного давления газа в турбодетандере позволяет экономить более 25 тыс. т.у.т./год. Экономия энергоресурсов в денежном выражении составит от 250 млн руб./год. Предлагаемые мероприятия по энергообеспечению новых городских пространств на основе принципов устойчивого развития повлияют на топливно-энергетический баланс Приморского края.

В существующих моделях топливно-энергетического баланса не учитывается количество полученных вторичных энергетических ресурсов (далее – ВЭР), которые повторно используются для получения электрической / тепловой энергии. Однако использование ВЭР позволяет экономить первичные энергетические ресурсы и сокращать выбросы парниковых газов в атмосферу, что приобретает особую значимость в контексте следования Целям устойчивого развития ООН до 2030 года о за-

щите окружающей среды и борьбе с изменением климата. На основании принципов устойчивого развития, заложенных в концепцию формирования новых городов, а также предлагаемых рекомендаций по развитию городов Спутник и DNS-city вклад вторичных энергетических ресурсов может быть учтен дополнительными строками топливно-энергетического баланса. Для отображения вклада первичных энерго-ресурсов в использование ВЭР (например, расход газа для его подогрева перед турбодетандерной установкой) может быть введена новая строка – «Производство вторичных топливно-энергетических ресурсов» в блоке «Преобразование» топливно-энергетического баланса. Произведенная из вторичных источников энергия будет отражаться по строкам «Производство электрической энергии, в т.ч. за ВЭР», «Производство тепловой энергии, в т.ч. ВЭР» (табл. 9).

Прогнозный топливно-энергетический баланс новых городов основан на допущении о реализации рассмотренного варианта строительства ТЭС на природном газе, обеспечивающего электрической энергией оба перспективных населенных пункта (имеющего также присоединенную тепловую нагрузку для обеспечения потребности в тепловой энергии, основное топливо – природный газ), и реализации строительства турбодетандерной установки на ГРС, снижающей давление газа для его подачи на ТЭЦ.

Для моделирования баланса были использованы удельные значения, представленные в табл. 10.

Таблица 9

Table 9

Схема регионального топливно-энергетического баланса с учетом использования вторичных энергетических ресурсов

The scheme of the regional fuel and energy balance considering the use of secondary energy sources

Блок	Показатель	Твердое топливо	Нефть	Нефтепродукты	Газ	Гидроэнергия и НВЭИ	Электрическая энергия	Тепловая энергия	Всего
Производство	Производство первичных ТЭР								
	Ввоз								
	Вывоз								
	Изменение запасов								
Преобразование	Преобразование топлива								
	- в т. ч. для использования ВЭР								
	Производство электрической энергии								
	- в т. ч. ВЭР								
	Производство тепловой энергии								
Конечное потребление	- в т. ч. ВЭР								
	Потери								
	Собственные нужды								
	Сектор 1								
	...								

Разработано авторами.

Developed by the authors.

Таблица 10

Удельные значения показателей, использованные для моделирования топливно-энергетического баланса новых городов Приморского края

Table 10

Specific values of indicators used to model the fuel and energy balance of new cities of Primorsky Krai

Наименование показателя	Ед. изм.	Значение
Удельный расход условного топлива на выработку электрической энергии	т.у.т. /кВт*ч	0,0003098
Удельный расход условного топлива на выработку тепловой энергии	т.у.т./ Гкал	0,1579
Удельный расход газа на приготовление пищи	м3/чел.	11,01
Удельный расход газа на горячее водоснабжение	м3/чел	16,57
Удельный расход газа на отопление	м3/м2	8,14

Составлено авторами.

Complied by the authors.

Таким образом, в структуре топливно-энергетического баланса городов Спутник и DNS-city будет преобладать природный газ. Для обеспечения потребности в природном газе в 1 629 300 тыс. м³/год может быть использован магистральный газопровод Сахалин-Хабаровск-Владивосток, пропускная способность которого составляет более 5 млрд м³, и планируется его расширение до 9,9 млрд м³.

Ключевыми проектами, которые обеспечат потребности в природном газе, станут Сахалин-3, Киринское и Южно-Киринское месторождения, которые станут ресурсной базой и драйвером развития Дальневосточного региона.

Перспективные планы развития Приморского края свидетельствуют об увеличении его роли в экономике Дальневосточного макрорегиона и страны в целом. Плановые и прогнозные инициативы, предлагаемые к реализации в Приморском крае, могут оказать влияние на структуру топливно-энергетического баланса. К таким инициативам относятся следующие:

- газификация Приморского края;
- строительство новых городов в Приморском крае;
- развитие районов с децентрализованным энергоснабжением.

В табл. 12 указаны инициативы, соответствующие им мероприятия и факторы, которые повлияют на топливно-энергетический баланс.

С точки зрения вероятности реализации данных инициатив могут быть выделены сценарии изменения структуры топливно-энергетического баланса региона, представленные в табл. 13.

По «оптимистичному сценарию», с учетом предложенных рекомендаций по энергообеспечению новых городов Спутник и DNS-city Приморского края

и текущих инициатив развития топливно-энергетического комплекса, в структуре прогнозного топливно-энергетического баланса региона по окончании реализации проектов (к 2028–2030 гг.) будет преобладать природный газ вследствие переоборудования угольных и мазутных котельных, газификации региона, реализации крупных инфраструктурных проектов. На основании модели топливно-энергетического баланса новых городов, отчетного баланса Приморского края и прогнозов развития, доля природного газа по потреблению ресурса в топливно-энергетическом балансе достигнет 40%. Проект турбодетандерной установки может быть реализован не только в новых городах, но и на построенных объектах инфраструктуры. В частности, перспективной площадкой для реализации является ГРС Врангель, откуда газ будет проходить на Находкинский завод минеральных удобрений (потребность завода в природном газе составит 3,2 млн м³/год). Суммарная доля энергоресурсов на основе ВИЭ и ВЭР составит 2% и 0,08% потребления энергоресурсов (рис. 2).

Для оценки степени риска прогнозного топливно-энергетического баланса предлагается определить интегральный показатель риска. Параметры оценки степени риска представлены в разделе Материалы и методы.

Полученная балльная оценка для каждого вида энергетического ресурса взвешена по доле энергетического ресурса в топливно-энергетическом балансе и агрегирована по совокупности энергетических ресурсов в разрезе рассматриваемого сценария (табл. 14).

Следует заметить, что наименьшую оценку риска получил оптимистичный прогноз развития топливно-энергетического баланса. Среди основных рисков отмечены монополизация отрасли и увеличение капитальных вложений в строительство. Для преодоления данных негативных эффектов, в слу-

Таблица 11
Прогнозный топливно-энергетический баланс новых городов Приморского края по окончании реализации проектов, т.т.
Table 11
Forecast fuel and energy balance of new cities of Primorsky Krai at the end of the implementation of projects, tons of conditional fuel

Блок	Наименование показателя	Нефтепродукты	Природный газ	Электрическая энергия	Тепловая энергия	Всего
Производство	Производство энергетических ресурсов	0	0	0	0	0
	Ввоз	14 1030,8064	1873695,0	0	0	2014725,8
Конечное потребление	Вывоз	0	0	0	0	0
	Изменение запасов	0	0	0	0	0
	Преобразование топлива	0	-16910	0	0	-16910
	в т.ч. для использования ВЭР	0	-16910	0	0	-16910
	Производство электрической энергии	0	-324267,7	907811	-278395	305147,94
	в т.ч. ВЭР	0	0,0	42604	0	42604
	Производство тепловой энергии	-4230,92419	-1336534,7	45390,55	1210415	-84960,5
	теплоэлектростанции	0	-1336534,7	0	387332,7	-949202,1
	котельные	0	0	0	823081,9	823081,94
	Собственные нужды	0	187369,5	63546,8	0,0	250916,3
Потери при передаче	0	22484,3	9078,1	0,0	31562,4	
Конечное потребление энергетических ресурсов	0	3038,8	708092,6	932019,3	1643150,6	
Население	0	759,7	283237,0	531251,0	815247,7	
Прочие хозяйствующие субъекты	14 103,08064	2279,1	424855,5	400768,3	842006,0	

Разработано авторами.
Developed by the authors.

Таблица 12

Условия и факторы, влияющие на структуру топливно-энергетического баланса Приморского края

Table 12

Conditions and factors affecting the structure of the fuel and energy balance of Primorsky Krai

№	Инициатива развития Приморского края	Мероприятия, способствующие реализации инициативы	Факторы, способные оказать влияние на структуру топливно-энергетического баланса
1	Газификация Приморского края	<ul style="list-style-type: none"> Сотрудничество нефтегазовых компаний и Администрации Приморского края Разработка проектно-сметной документации и утверждение проектов в составе Инвестиционных программ нефтегазовых компаний 	<ul style="list-style-type: none"> Переоборудование угольных и мазутных котельных на газовые Рост потребления газа конечными потребителями
2	Строительство новых городов в Приморском крае	<ul style="list-style-type: none"> Государственная поддержка проекта и закрепление значимости в стратегических документах Разработка проекта планировки согласно своду правил градостроительства 	<ul style="list-style-type: none"> Вводы новых генерирующих мощностей Реализация мероприятий по повышению энергоэффективности
3	Развитие районов с децентрализованным энергоснабжением	<ul style="list-style-type: none"> Поиск источников финансирования 	<ul style="list-style-type: none"> Развитие возобновляемой энергетики

Разработано авторами.

Developed by the authors.

Таблица 13

Матрица формирования сценариев

Table 13

Scenario formation matrix

№	Инициативы развития Приморского края	Оптимистичный сценарий	Базовый сценарий	Консервативный сценарий
1	Газификация Приморского края	+	+	+
2	Строительство новых городов в Приморском крае	+	+	
3	Внедрение принципов циркулярной экономики	+		
4	Развитие районов с децентрализованным энергоснабжением	+		

Разработано авторами.

Developed by the authors.

Таблица 14

Фрагмент анкеты оценки риска наступления событий по реализации сценария «Базовый» в сравнении с отчетным периодом

Table 14

A piece of questionnaire for assessing the occurrence of events for the implementation of the "Basic" scenario in comparison with the reporting period

Событие	Уголь	Природный газ	Нефтепродукты	Прочее твердое топливо	Итого по сценарию, баллы
1. Увеличение расходов на доставку энергоресурса	2	2	1	1	6
2. Увеличение капитальных затрат на строительство инфраструктуры	1	2	1	1	5
...					
Итого оценка наступления события, баллов по отдельным энергоресурсам	14	12	14	13	
Доля энергоресурса в балансе по сценарию, %	43	22	34	1	
Средневзвешенная оценка риска	6,02	2,64	4,76	0,13	13,55

Разработано авторами.

Developed by the authors.



Разработано авторами.

Рис. 2. Структура прогнозного топливно-энергетического баланса Приморского края к 2030 г.

Developed by the authors.

Fig. 2. Structure of the forecast fuel and energy balance of Primorsky Krai by 2030

Таблица 15

Средневзвешенная оценка рисков реализации рассмотренных прогнозных топливно-энергетических балансов

Table 15

Weighted average risk assessment of the implementation of the considered forecast fuel and energy balances

	Оптимистичный	Базовый	Консервативный
Оценка риска	12,57	13,55	15,17
Основные риски	Монополизация отрасли, увеличение капитальных вложений в строительство инфраструктуры	Рост затрат потребителей на создание альтернативных / резервных способов энергоснабжения	Выделение значительного объема бюджетных ассигнований при реализации угроз энергетической безопасности

Разработано авторами.

Developed by the authors.

чае реализации этого сценария и формирования подобного топливно-энергетического баланса, требуется осуществлять антимонопольное регулирование, устанавливать четко закрепленные в нормативных документах тарифы, совершенствовать нормативно-правовую базу обеспечения энергоснабжения в регионах. В случае реализации базового сценария рост затрат потребителей на создание альтернативных способов энергообеспечения может способствовать созданию замкнутых циклов, по аналогии с оптимистичным вариантом развития. Таким образом, структура топливно-энергетического баланса учитывает тренды и инициативы развития топливно-энергетического комплекса региона, способствуя отражению его привлекательности для населения и инвестиций в смежные отрасли в обеспечении пространственного и экономического развития региона.

Выводы

Для того чтобы достичь стратегических целей развития экономики, российскому топливно-энергетическому комплексу необходимо обеспечивать не только энергоснабжение, но и способствовать решению экологических и социальных вопросов, таких как создание рабочих мест, повышение уровня жизни населения и конкурентоспособности национальной экономики.

С учетом текущих и перспективных инициатив развития Приморского края сформированы следующие сценарии, реализация которых изменят топливно-энергетический баланс региона.

1. Консервативный сценарий предполагает газификацию Приморского края, которая закреплена Постановлением губернатора Приморского края от 10 января 2018 года N 1-пг «Об утверждении

региональной программы «Газификация жилищно-коммунального хозяйства, промышленных и иных организаций Приморского края на 2020–2030 годы».

2. Базовый сценарий предполагает газификацию Приморского края, строительство городского пространства DNS-city и нового города Спутник, планы строительства которого были озвучены на Восточном экономическом форуме 2021 г. Подписано соглашение между Минвостокразвития России и Корпорацией развития Дальнего Востока и Арктики.

3. Основой оптимистичного сценария являются газификация Приморского края, строительство новых городов, применение принципов циркулярной экономики, развитие изолированных энергетических районов.

На основе этих сценариев разработаны прогнозные топливно-энергетические балансы Приморского края к 2030 году.

При реализации консервативного сценария доля угля в топливно-энергетическом балансе остается преимущественной (54%), доля газа возрастает за счет газификации с 15% до 26%, оставшаяся доля приходится на нефтепродукты (19,8%) и твердое топливо (0,2%).

В случае базового сценария развития Приморского края доля угля снизится до 43%, доля газа вырастет до 34%. Вторичные и возобновляемые источники энергии не будут представлены в балансе.

При развитии Приморского края по оптимистичному сценарию уголь займет в энергобалансе 32%, газ – 40%, развитие вторичных и возобновляемых источников составит 3% к 2030 году.

Проведенная оценка рисков реализации прогнозных балансов свидетельствует, что наименьшую оценку риска получил оптимистичный прогноз развития топливно-энергетического баланса.

Прогнозная модель топливно-энергетического баланса по сценарию «Оптимистичный» подтверждает, что разработанные мероприятия, в совокупности с существующими инициативами, основанные на принципах устойчивого развития, будут способствовать достижению плановых показателей стратегических целей развития энергетики Приморского края.

Практическая значимость исследования состоит в возможности использования предложенных рекомендаций по созданию благоприятных условий для формирования структуры топливно-энергетического баланса с учетом различных сценариев в рамках программ развития региона.

Список источников

1. Осинская И.В., Волинская Н.А., Жигунова О.А. Топливо-энергетический баланс – как инструмент управления энергетической безопасностью государства // Вестник Академии знаний. 2020. № 37(2). С. 252–257. EDN: <https://elibrary.ru/vnnunz>. <https://doi.org/10.24411/2304-6139-2020-10173>
2. Rokicki T., Perkowska A. Diversity and Changes in the Energy Balance in EU Countries // Energies. 2021. Vol. 14. Iss. 4. P. 1098. <https://doi.org/10.3390/en14041098>
3. Соколов А.Д., Музычук С.Ю., Абдулина Е.Р. Ключевые проблемы перевода ДЭС на альтернативные виды топлива // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2019. Том 23. № 2(145). С. 335–345. EDN: <https://elibrary.ru/mcgyke>. <https://doi.org/10.21285/1814-3520-2019-2-335-345>
4. Соколов А.Д., Музычук С.Ю., Музычук Р.И. Тепловые отходы и их влияние на энергоэффективность российской экономики: территориальный и отраслевой аспекты // Экономический анализ: теория и практика. 2016. № 6(453). С. 42–54. EDN: <https://elibrary.ru/wbgaap>
5. Любимова Е.В. Учет возобновляемых источников энергии при моделировании энергетических балансов // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2018. № 2(10). С. 88–97. EDN: <https://elibrary.ru/ylwpxn>. <https://doi.org/10.25729/2413-0133-2018-2-09>
6. Мамий И.П., Иващенко М.А. Прогнозные топливно-энергетические балансы: методологические проблемы и варианты формирования // Вестник НГУЭУ. 2015. № 4. С. 128–134. EDN: <https://elibrary.ru/vfzklh>
7. Башмаков И.А. Топливо-энергетический баланс как инструмент анализа, прогноза и индикативного планирования развития энергетики // Энергетическая политика. 2007. № 2. С. 16–25.
8. Новак А.В. Задача ТЭК России – надежное снабжение потребителей страны и мира // Энергетическая политика. 2021. № 2(156). С. 6–15. EDN: <https://elibrary.ru/mslpvf>. https://doi.org/10.46920/2409-5516_2021_2156_6
9. Джурка Н.Г., Демина О.В. Оценка экономических последствий сокращения выбросов в системе энергоснабжения региона: опыт Дальнего Востока // Регионалистика. 2020. Том 7. № 2. С. 5–23. EDN: <https://elibrary.ru/epqpdm>. <https://doi.org/10.14530/reg.2020.2.5>

10. Щербин В.К. Инфраструктурные составляющие инновационной экономики: монография / В.К. Щербин; науч. ред. С.М. Дедков. Минск: Центр системн. анализа и стратегич. исслед. НАН Беларуси, 2010. 312 с.
11. Жеребцов Б.В., Басуматорова Е.А., Сашина Н.В. Анализ состояния и перспектив технологического развития российского топливно-энергетического комплекса // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 2(94). С. 187–191. EDN: <https://elibrary.ru/mqkzdb>
12. Шапот Д.В., Малахов В.А. Опыт развития методологии и разработки управленческих моделей межотраслевого баланса: монография. М.: Издательский дом МЭИ, 2018. 176 с. EDN: <https://www.elibrary.ru/ysjwmm>
13. Амосенок Э.П., Бабенко Т.И., Бажанов В.А., Беспалов И.А., Блам Ю.Ш. и др. Системное моделирование и анализ мезо- и микроэкономических объектов: монография / отв. ред. В.В. Кулешов и Н.И. Суслов. Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2014. 488 с. EDN: <https://www.elibrary.ru/rntyh>
14. Андрущенко Е.С. Теоретические подходы к формированию оптимальных топливно-энергетических балансов регионов // Экономика и управление. 2012. № 1. С. 87–93. URL: http://kafmen.ru/library/compilations_vak/eiu/2012/1/p_87_93.pdf
15. Chapman A., Shigetomi Y., Ohno H., McLellan B., Shinozaki A. Evaluating the global impact of low-carbon energy transitions on social equity // Environmental Innovation and Societal Transitions. 2021. Vol. 40. P. 332–347. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2021.09.002>
16. Tsvetkov P. Engagement of resource-based economies in the fight against rising carbon emissions // Energy Reports. 2022. Vol. 8. Sup. 10. P. 874–883. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.05.259>
17. Cantarero V., Mercedes M. Of renewable energy, energy democracy, and sustainable development: A roadmap to accelerate the energy transition in developing countries // Energy Research & Social Science. 2020. Vol. 70. P. 101716. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101716>
18. Olleik M., Hamie H., Auer H. Using Natural Gas Resources to De-Risk Renewable Energy Investments in Lower-Income Countries // Energies. 2022. Vol. 15. Iss. 5. P. 1651. <https://doi.org/10.3390/en15051651>
19. Xiao Y., Yang H., Zhao Y., Kong G., Ma L., Li Z., Ni W. A Comprehensive Planning Method for Low-Carbon Energy Transition in Rapidly Growing Cities // Sustainability. 2022. Vol. 14. Iss. 4. P. 2063. <https://doi.org/10.3390/su14042063>
20. Мозговая Е.С. Формирование потенциала устойчивого развития топливно-энергетического комплекса // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2009. № 4(28). С. 125–128. EDN: <https://www.elibrary.ru/lamipx>
21. Сергеев Н.Н., Жвакин А.С. Механизмы государственного регулирования устойчивого развития топливно-энергетического комплекса Российской Федерации // Ars Administrandi. Искусство управления. Том 10. № 2. С. 217–234. EDN: <https://elibrary.ru/xrdsol>. <https://doi.org/10.17072/2218-9173-2018-1-217-234>
22. Плотников В.А., Бабенков В.И. Экономическая безопасность российской нефтегазовой отрасли в условиях энергетического перехода // Экономический вектор. 2021. № 3(26). С. 55–61. EDN: <https://elibrary.ru/tejqw>. <https://doi.org/10.36807/2411-7269-2021-3-26-55-61>
23. Соловова Ю.В. Трансформации мировой энергетической системы в контексте тенденции энергетического перехода // Дискуссия. 2021. № 107(4). С. 49–58. <https://doi.org/10.46320/2077-7639-2021-4-107-49-58>
24. Юшков И. В., Перов А. В. «Новая нормальность» в мировой энергетике: вызовы для России. // Геоэкономика энергетики. 2021. Т. 15. № 3. С. 31–50. EDN: <https://elibrary.ru/nuqnll>. https://doi.org/10.48137/2687-0703_2021_14_2_31
25. Гительман Л.Д., Добродей В.В., Кожевников М.В. Инструменты устойчивого развития региональной энергетики // Экономика региона. 2020. Т. 16. № 4. С. 1208–1223. EDN: <https://elibrary.ru/vrdxva>. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2020-4-14>
26. Liu Q., Cheng K., Zhuang Y. Estimation of city energy consumption in China based on downscaling energy balance tables // Energy. 2022. Vol. 256. P. 124658. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124658>
27. Oropeza-Perez I., Petzold-Rodriguez A.H. Different Scenarios for the National Transmission Grid, Considering the Extensive Use of On-Site Renewable Energy in the Mexican Housing Sector // Energies. 2021. Vol. 14. Iss. 1. P. 195. <https://doi.org/10.3390/en14010195>
28. Zhukovskiy Y.L., Batueva D.E., Buldysko A.D., Gil B., Starshaia V.V. Fossil Energy in the Framework of Sustainable Development: Analysis of Prospects and Development of Forecast Scenarios. Energies. 2021. Vol. 14. Iss. 17. P. 5268. <https://doi.org/10.3390/en14175268>
29. Дегтярев К.С., Залиханов А.М., Соловьев А.А., Соловьев Д.А. К вопросу об экономике возобновляемых источников энергии // Энергия: экономика, техника, экология. 2016. № 10. С. 10–20. EDN: <https://elibrary.ru/wyqzsj>

30. Воронов В.А., Рузманов А.Ю., Самигуллин Г.Х. Применение турбодетандеров на газораспределительных станциях с целью получения сжиженного газа // Деловой журнал *Neftegaz.ru*. 2017. №10. С. 16-19. EDN: <https://www.elibrary.ru/ztqtzp>

Статья поступила в редакцию 02.08.2022; одобрена после рецензирования 22.08.2022; принята к публикации 19.09.2022

Об авторах:

Шаркова Антонина Васильевна, руководитель Департамента отраслевых рынков, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (125167, Россия, г. Москва, Ленинградский пр-т, д.49/2), доктор экономических наук, профессор, **ORCID ID: 0000-0002-5989-5385**, sharkova_av@mail.ru

Лемм Екатерина Александровна, магистр Департамента отраслевых рынков, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (125167, Россия, г. Москва, Ленинградский пр-т, д. 49/2), ekaterinalemm@yandex.ru

Вклад соавторов:

Шаркова А.В. – развитие концептуальных подходов к исследованию, критический анализ материала и литературы, редактирование статьи

Лемм Е.А. – сбор и анализ данных, анализ литературы, оформление иллюстративных материалов, оформление статьи.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

1. Osinovskaya I.V., Volynskaya N.A., Zhigunova O.A. Fuel and energy balance – as a management tool state energy security. *Vestnik Akademii znaniy = Bulletin of the Academy of Knowledge*. 2020; 37(2):252–257. <https://doi.org/10.24411/2304-6139-2020-10173> (In Russ.)
2. Rokicki T, Perkowska A. Diversity and Changes in the Energy Balance in EU Countries. *Energies*. 2021; 14(4):1098. <https://doi.org/10.3390/en14041098> (In Eng.)
3. Sokolov A.D., Muzychuk S.Yu., Abdulina E.R. Major problems of diesel power plant switch to alternative types of fuel. *Proceedings of Irkutsk State Technical University*. 2019; 23(2(145)):335–345. <https://doi.org/10.21285/1814-3520-2019-2-335-345> (In Russ.)
4. Sokolov A.D., Muzychuk S.Yu., Muzychuk R.I. Waste heat and its influence on the energy efficiency of the Russian economy: territorial and industrial dimensions. *Economic Analysis: Theory and Practice*. 2016; (6(453)):42–54 (In Russ.)
5. Lyubimova E.V. Accounting for renewable energy sources in modeling energy balances. *Information and mathematical technologies in science and management*. 2018; 2(10):88–97. <https://doi.org/10.25729/2413-0133-2018-2-09> (In Russ.)
6. Mamiy I.P., Ivashchenko M.A. Energy balance forecast: methodological issues and options for formation. *Vestnik NSUEM*. 2015; (4):128–134 (In Russ.)
7. Bashmakov I.A. Fuel and energy balance as a tool for analysis, forecasting and indicative planning of energy development. *Energy policy*. 2007; (2):16–25 (In Russ.)
8. Novak A.V. The task of the Russian fuel and energy complex is a reliable supply of consumers in the country and the world. *Energy policy*. 2021; 2(156):6–15. https://doi.org/10.46920/2409-5516_2021_2156_6 (In Russ.)
9. Dzhurka N.G., Dyomina O.V. Evaluating the Economic Effects of Emissions Reduction in the Power System of Region: The Russian Far East Experience. *Regionalistics*. 2020; 7(2):5–23. <https://doi.org/10.14530/reg.2020.2.5> (In Russ.)
10. Shcherbin V.K. Infrastructural components of innovative economy: monograph / V.K. Shcherbin; scientific ed. S.M. Dedkov. Minsk: Center of System analysis and strategic research NAS of Belarus, 2010. 312 p. (In Russ.)
11. Zherebtsov B.V., Basumatorova E.A., Sashina N.V. Analysis of the state and prospects of technological development of the Russian fuel and energy complex. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2022; 94(2):187–191 (In Russ.).
12. Shapot D.V., Malakhov V.A. Experience in the development of methodology and development of management models of intersectoral balance. Monograph. Moscow, Publishing House MEI, 2018. 176 p. (In Russ.)
13. Amosenok E.P., Babenko T.I., Bazhanov V.A., Bepalov I.A., Blam Yu.Sh. et al. System modeling and analysis of meso- and microeconomic objects / ed. V.V. Kuleshov and N.I. Suslov. Novosibirsk, IEOPP SB RAS, 2014. 488 p. (In Russ.)
14. Andryushchenko E.S. Theoretical approaches to the formation of optimal fuel and energy balances of regions. *Economics and Management*. 2012; 1:87–93 (In Russ.)

15. Chapman A., Shigetomi Y., Ohno H., McLellan B., Shinozaki A. Evaluating the global impact of low-carbon energy transitions on social equity. *Environmental Innovation and Societal Transitions*. 2021; 40:332–347. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2021.09.002> (In Eng.)
16. Tcvetkov P. Engagement of resource-based economies in the fight against rising carbon emissions. *Energy reports*. 2022; 8:874–883. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.05.259> (In Eng.)
17. Cantarero V., Mercedes M. Of renewable energy, energy democracy, and sustainable development: A roadmap to accelerate the energy transition in developing countries. *Energy Research & Social Science*. 2020; 70:101716. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101716> (In Eng.)
18. Olleik M., Hamie H., Auer H. Using Natural Gas Resources to De-Risk Renewable Energy Investments in Lower-Income Countries. *Energies*. 2022; 15(5):1651. <https://doi.org/10.3390/en15051651> (In Eng.)
19. Xiao Y., Yang H., Zhao Y., Kong G., Ma L., Li Z., Ni W. A Comprehensive Planning Method for Low-Carbon Energy Transition in Rapidly Growing Cities. *Sustainability*. 2022; 14(4):2063. <https://doi.org/10.3390/su14042063> (In Eng.)
20. Mozgovaya E.S. Creating potential for sustainable development of fuel-energy complex. *Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo sotsial'no-ekonomicheskogo universiteta = Bulletin of the Saratov State Socio-Economic University*. 2009; 4(28):125–128 (In Russ.)
21. Sergeev N.N., Zhvakin A.S. State regulation mechanisms in sustainable development of fuel and energy complex of the Russian Federation. *Ars Administrandi*. 2018; 10(2):217–234. <https://doi.org/10.17072/2218-9173-2018-1-217-234> (In Russ.)
22. Plotnikov V.A., Babenkov V.I. Economic security of the Russian oil and gas industry in the conditions of energy transition. *Economic vector*. 2021; 3(26):55–61. <https://doi.org/10.36807/2411-7269-2021-3-26-55-61> (In Russ.)
23. Solovova Y.V. Transformations of the world energy system in the context of the energy transition trend. *Discussion*. 2021; 107(4):49–58. <https://doi.org/10.46320/2077-7639-2021-4-107-49-58> (In Russ.)
24. Yushkov I.V., Perov A.V. "The new normal" in the global energy sector: Challenges for Russia. *Geoeconomics of Energetics*. 2021; 15(3):31–50. https://doi.org/10.48137/2687-0703_2021_14_2_31 (In Russ.)
25. Gitelman L.D., Dobrodey V.V., Kozhevnikov M.V. Tools for sustainable development of regional energy systems. *Economy of region*. 2020; 16(4):1208–1223. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2020-4-14> (In Russ.)
26. Liu Q., Cheng K., Zhuang Y. Estimation of city energy consumption in China based on downscaling energy balance tables. *Energy*. 2022; 256:124658. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124658> (In Eng.)
27. Oropeza-Perez I., Petzold-Rodriguez A.H. Different Scenarios for the National Transmission Grid, Considering the Extensive Use of On-Site Renewable Energy in the Mexican Housing Sector. *Energies*. 2021; 14(1):195. <https://doi.org/10.3390/en14010195> (In Eng.)
28. Zhukovskiy Y.L., Batueva D.E., Buldysko A.D., Gil B., Starshaia V.V. Fossil Energy in the Framework of Sustainable Development: Analysis of Prospects and Development of Forecast Scenarios. *Energies*. 2021; 14(17):5268. <https://doi.org/10.3390/en14175268> (In Eng.)
29. Degtyarev K.S., Zalikhonov A.M., Solov'ev A.A., Solov'ev D.A. K voprosu ob ekonomike vozobnovlyaemykh istochnikov energii. *Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya = Energy: economy, technic, ecology*. 2016; 10: 10–20. (In Russ.)
30. Voronov V.A., Ruzmanov A.Yu., Samigullin G.Kh. Primenenie turbodetanderov na gazoraspredeletel'nykh stantsiyakh s tsel'yu polucheniya szhizhennogo gaza. *Delovoi zhurnal Neftegaz.ru = Business magazine Neftegaz.ru*. 2017; 10:16-19. (In Russ.)

The article was submitted 02.08.2022; approved after reviewing 22.08.2022; accepted for publication 19.09.2022

About the authors:

Antonina V. Sharkova, Head of the Department of Industry Markets, Finance University under the Government of the Russian Federation (49/2, Leningradsky avenue, Moscow, 125167, Russia), Doctor of Economic Sciences, Professor, **ORCID ID: 0000-0002-5989-5385**, sharkova_av@mail.ru

Ekaterina A. Lemm, Master of the Department of Industry Markets, Finance University under the Government of the Russian Federation (49/2, Leningradsky avenue, Moscow, 125167, Russia), ekaterinalemm@yandex.ru

Contribution of co-authors:

Sharkova A. V. – development of conceptual approaches to research, critical analysis of materials and literature, article editing

Lemm E. A. – collecting and analyzing data, literature analysis, design of illustrative materials, article design.

All authors have read and approved the final manuscript.