УДК 620.9:338
JEL Q43, Q47, R13
DOI 10.25205/2542-0429-2019-19-1-64-75

Анализ энергоэффективности экономики Азиатской России

Б. Г. Санеев, А. Д. Соколов, С. Ю. Музычук, Р. И. Музычук

*Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН
Иркутск, Россия*

Аннотация

Энергетика является базой социально-экономического развития страны. Значение восточного направления в экономической политике России со временем все более возрастает. В этих условиях экономико-математическое моделирование процессов развития топливно-энергетического комплекса (ТЭК) азиатских (восточных) регионов России (Сибирь и Дальний Восток) является наиболее эффективным способом его всестороннего изучения.

Цель исследования – анализ современного состояния ТЭК восточных регионов, выявление проблем его развития, выработка возможных путей решения этих проблем. Методы исследования: экономико-математическое моделирование, системный и статистический анализ, балансовые методы.

Результаты: на основе топливно-энергетических балансов (ТЭБ) выполнен анализ текущего состояния ТЭК восточных регионов России, выявлены основные проблемы его развития, определены наиболее важные факторы, влияющие на энергоэффективность экономики.

Выводы: для устранения проблем развития ТЭК восточных регионов требуется повысить энергоэффективность их экономики, для этого необходима реализация мер по улучшению структуры топливно-энергетического баланса восточных регионов России и внедрение технологических инноваций во всех сферах хозяйственной деятельности.

Ключевые слова

Сибирский и Дальневосточный федеральные округа, энергоемкость, топливно-энергетический баланс, моделирование, системный анализ, развитие

Источник финансирования

Статья подготовлена при финансовой поддержке научного проекта XI.174.2.2 программы фундаментальных исследований СО РАН, № АААА-А17-117030310435-0

Для цитирования

Санеев Б. Г., Соколов А. Д., Музычук С. Ю., Музычук Р. И. Анализ энергоэффективности экономики Азиатской России // Мир экономики и управления. 2019. Т. 19, № 1. С. 64–75. DOI 10.25205/2542-0429-2019-19-1-64-75

Analysis of Energy Efficiency of the Economy of Asian Russia

B. G. Saneev, A. D. Sokolov, S. Yu. Muzychuk, R. I. Muzychuk

*Melentiev Energy Systems Institute SB RAS
Irkutsk, Russian Federation*

Abstract

The significance of the eastern direction in Russia's energy policy increases over time. Computer modeling of the development of the energy complex in the eastern regions of Russia is of great theoretical and practical importance as a method for studying large and complex systems.

The purpose of the study is energy-economic analysis, the identification of trends and patterns of development of the energy complex of the eastern regions, the determination of factors affecting the energy efficiency of the economy.

Research methods are economic and mathematical modeling, system and statistical analysis, balance and indicative methods.

© Б. Г. Санеев, А. Д. Соколов, С. Ю. Музычук, Р. И. Музычук, 2019

ISSN 2542-0429

Мир экономики и управления. 2019. Том 19, № 1
World of Economics and Management, 2019, vol. 19, no. 1

Results of the study: energy balances for 2005–2016 have been developed, an analysis of the energy complex of the eastern regions of Russia has been carried out, the main problems of its development have been identified, the forecast of the energy intensity of the gross regional product and the costs of technological innovation have been made.

Conclusions: to eliminate the problems of the development of the energy complex of the eastern regions, it is necessary to increase the energy efficiency of their economies, it is necessary to improve the structure of the energy balance of the eastern regions of Russia and introduce technological innovations in all spheres of economic activity. Energy saving measures will reduce the cost of production and consumption of fuel and energy resources, reduce losses at all stages of their life cycle. Planned indicators of socio-economic development can be achieved with less energy and financial costs.

Keywords

Siberian and far Eastern Federal districts, energy intensity, energy balance, modeling, system analysis, development

Funding

The research was carried out with the Complex program of fundamental research of the SB RAS II.1 (project II.1/XI.174.2.2) № AAAA-A17-117030310435-0

For citation

Saneev B. G., Sokolov A. D., Muzychuk S. Yu., Muzychuk R. I. Analysis of Energy Efficiency of the Economy of Asian Russia. *World of Economics and Management*, 2019, vol. 19, no. 1, p. 64–75. (in Russ.) DOI 10.25205/2542-0429-2019-19-1-64-75

Введение

Российский топливно-энергетический комплекс (ТЭК) – один из важнейших и наиболее устойчиво работающих производственных межотраслевых комплексов. Он формирует около 30 % валового внутреннего продукта (ВВП) страны, 50 % доходов бюджета и почти 70 % экспортного потенциала России¹. Развитие ТЭК в направлении повышения его инновационности и интеллектуализации является приоритетом для обеспечения эффективности и конкурентоспособности российской экономики, важную роль в этом играет ее энергоэффективность, которая в настоящее время значительно отстает от развитых стран мира. Основным показателем, который дает представление о состоянии энергоэффективности отдельной страны или ее регионов, является энергоемкость ВВП. Энергоемкость ВВП России значительно превышает этот показатель в странах с наиболее развитой экономикой, например, США – в 1,6, Японии – в 2,2, Швейцарии – в 3,7 раза². Это приводит к тому, что при производстве продукции с повышенной энергоемкостью затрачивается больше материальных, трудовых и финансовых ресурсов. Увеличенные удельные расходы топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) при производстве продукции приводят к ухудшению состояния окружающей среды, повышению темпов освоения топливных месторождений и их ускоренному истощению, что негативно скажется на будущих поколениях россиян. Поэтому рост энергоэффективности в стране и ее регионах является одним из важнейших приоритетов государственной энергетической политики и социально-экономического развития.

В азиатских регионах показатели энергоемкости валового регионального продукта (ВРП) в 2–3 раза выше, чем в среднем по стране, что вызывает необходимость разработки специальных методов и моделей для исследования процессов развития их ТЭК с целью оптимизации использования энергоресурсов.

В исследовании авторов статьи основным методом системного анализа ТЭК является разработка сводных топливно-энергетических балансов, которые показывают движение потоков топливно-энергетических ресурсов от их добычи (производства) до конечного потребления. Для энергоэкономического анализа составляются ретроспективные ТЭБ³, цель которых – выявление наличия и путей использования энергетических ресурсов на определенной терри-

¹ Выступление министра энергетики РФ Александра Новака на заседании Правительства РФ. URL: <http://gisee.ru/law/others/47878/>.

² По данным МЭА. URL: <http://energyatlas.iea.org/#!/tellmap/-297203538/3>

³ ТЭБ за прошедшие (относительно базового) годы.

тории. Разработка прогнозных балансов используется при формировании моделей энергоснабжения исследуемых потребителей для определения направлений развития ТЭК.

Методы экономико-математического моделирования разработки прогнозных ТЭБ используются для оценки поведения ТЭК восточных регионов при изменении условий его развития.

В процессе исследований развития ТЭК восточных регионов используется разработанный авторами информационно-вычислительный комплекс, состоящий из системы экономико-математических моделей: балансов отдельных видов энергоресурсов, сводных топливно-энергетических балансов восточных регионов, энергоэкономического и статистического анализа региональных ТЭБ.

Степень проработанности темы

ТЭК является межотраслевой системой, связывающей воедино производителей, поставщиков и потребителей топливно-энергетических ресурсов. Полную картину энергетических потоков можно увидеть из сводного топливно-энергетического баланса, который объединяет отдельные балансы производства и потребления различных видов энергоресурсов⁴.

Изучение развития ТЭК и проблем энергосбережения и энергоэффективности экономики на основе ТЭБ в России было начато в 1930-е гг., продолжено в 1960–1980-е гг. в условиях централизованно планируемой экономики. В последующие годы исследования в новых экономических условиях были развиты многими видными российскими учеными [1–12], однако большинство работ касалось программ развития отдельных отраслей ТЭК и в них не всегда отражались вопросы комплексного повышения энергоэффективности экономики. Задача формирования на основе системной методологии комплексных долгосрочных программ повышения энергоэффективности (федеральных и региональных) в рыночных условиях оставалась нерешенной.

Вопросы оптимального использования энергетических ресурсов и анализа энергоэффективности экономики в различных условиях развития капиталистического общества исследовались выдающимися зарубежными учеными-экономистами с 1930-х гг. [13–21]. В этих работах определены отдельные элементы методологии формирования комплексных программ повышения энергоэффективности в различных странах.

В каждой отдельной стране при определенных условиях развития задача роста энергоэффективности экономики решается своими методами, которые показали научную и практическую значимость, но существует ряд нерешенных вопросов, касающихся моделирования влияния различных факторов на энергоемкость ВРП. В частности, авторами проведены исследования по оценке влияния производства первичных ТЭР, их вывоза (экспорта) и затрат на технологические инновации на энергоемкость ВРП восточных регионов. Кроме того, каждый регион России имеет свою специфику, учет которой возможен только при индивидуальном подходе к прогнозированию развития ТЭК и повышению энергоэффективности его экономики. Это определило актуальность исследования для восточных регионов России.

Постановка задачи

Целью исследования является проведение энергоэкономического анализа, определение наиболее значимых факторов, влияющих на энергоэффективность экономики, выявление проблем развития ТЭК восточных регионов, выработка возможных путей решения этих проблем. Развитие ТЭК в восточных регионах должно обеспечить надежное и экономически эффективное энерго-, топливоснабжение с учетом межрегиональных и экспортных энергетических связей.

⁴ В сводном ТЭБ все виды топливно-энергетических ресурсов из натуральных единиц (тонны, кВт·ч, Гкал, м³) через калорийные коэффициенты переводятся в единицы условного топлива (у. т.)

Для анализа и прогноза развития ТЭК восточных регионов используется разработанная авторами система методов и моделей, позволяющая оценить энергоэффективность их экономики. В процессе развития ТЭК восточных регионов для их устойчивого социально-экономического развития необходим рост энергоэффективности, который позволяет: более рационально использовать потенциал ТЭК, производить необходимые топливно-энергетические ресурсы с меньшими затратами, производить продукцию в отраслях экономики с меньшей энергоемкостью, снизить антропогенную нагрузку на экологию, что повысит качество жизни населения.

Энергетический потенциал восточных регионов, необходимый для их устойчивого социально-экономического развития и взаимовыгодного энергетического сотрудничества России со странами Северо-Восточной Азии (СВА)⁵, определяется с помощью системного анализа региональной экономики и топливно-энергетического баланса [5; 22–26], который является одним из ключевых инструментов для выявления диспропорций в прогнозировании и установлении баланса между спросом и предложением ТЭР от их производства до потребления. В процессе исследований разрабатываются ретроспективные ТЭБ восточных регионов, которые используются для определения показателей энергоэффективности экономики. Анализ ретроспективных ТЭБ позволяет выявить имеющиеся в ТЭК восточных регионов проблемы и улучшить качество прогноза его развития.

Методическая часть

Авторы, развивая исследования российских и зарубежных ученых в данной предметной области, с учетом политики Правительства РФ в сфере экономики и энергетики разработали методический подход к изучению развития ТЭК восточных регионов, с использованием балансовых и статистических методов.

Научная новизна предложенного авторами подхода состоит в развитии теоретических положений, методического и информационного обеспечения процессов исследования повышения энергоэффективности экономики восточных регионов.

Методический подход включает [27; 28]:

- систему моделей и базы данных для анализа и прогнозирования альтернативных сценариев развития ТЭК Сибири и Дальнего Востока (с подробными сведениями о ТЭК субъектов РФ на этих территориях) с учетом межрегиональных и международных поставок;
- экономические и математические модели формирования ретроспективных и прогнозных топливно-энергетических балансов;
- методы оценки энергоэффективности экономики на основе ТЭБ;
- методы статистического анализа для выявления наиболее значимых факторов, влияющих на энергоэффективность экономики регионов.

Моделирование исследования развития топливно-энергетического комплекса восточных регионов России осуществляется по схеме, представленной на рис. 1.

При системном исследовании развития ТЭК восточных регионов используются показатели, рассчитанные в моделях трех уровней – федерального, регионального и отраслевого (см. рис. 1):

1) модели федерального уровня: внешних энергетических связей России, ТЭК России, социально-экономического развития России;

2) модели регионального уровня: экспортных и межрегиональных энергетических связей восточных регионов, энерго-, топливопотребления восточных регионов, социально-экономического развития восточных регионов;

⁵ Северо-Восточная Азия – субрегион, в который входят Япония, Северная и Южная Корея, Монголия, Китай и Тайвань. URL: http://www.perspektivy.info/book/severo-vostochnaja_azija_vnutrennije_i_vneshnije_izmerenija_razvitiya_i_bezопасnosti_2012-03-07.htm

3) модели отраслевого уровня – производственно-экономические модели развития отраслей ТЭК восточных регионов: угольная, нефтяная, газовая, электроэнергетика, теплоэнергетика.

Рис. 1. Схема моделирования исследования процессов развития ТЭК восточных регионов России
Fig. 1. Scheme of modeling of a research of energy industry developments in Russian east regions

В данном исследовании для анализа состояния ТЭК восточных регионов и разработки топливно-энергетических балансов восточных регионов России авторами создан информационно-вычислительный комплекс (ИВК) («ТЭБ Сибири и Дальнего Востока»), который включает информационно-справочную систему (ИСС) и систему моделей [27; 28].

В ИСС формируется база данных. Система моделей ИВК «ТЭБ Сибири и Дальнего Востока» включает экономико-математические модели однопродуктовых балансов отдельных видов ТЭР, сводных топливно-энергетических балансов субъектов РФ на территории СФО и ДФО, а также самих макрорегионов, модели энергоэкономического анализа и модели статистического анализа факторов, влияющих на энергоэффективность, модели прогноза показателей энергоэффективности.

Энергоэкономический анализ на основе ретроспективных ТЭБ позволяет выявить характерные особенности ТЭК, присущие каждому исследуемому региону, и определить струк-

турные изменения балансовых показателей, для совершенствования прогнозов развития региональных ТЭК.

Анализ ТЭК восточных регионов на основе ТЭБ

На базе ИВК «ТЭБ Сибири и Дальнего Востока» выполнено исследование состояния ТЭК восточных регионов России. ТЭБ восточных регионов России за 2016 г. в упрощенной форме представлен на рис. 2.

Рис. 2. Укрупненная схема энергетических потоков в восточных регионах России в 2016 г.

Fig. 2. The integrated scheme of power streams in Russian east regions (2016)

Анализ ТЭБ за 2016 год показывает, что имеющиеся в восточных регионах ТЭР могут полностью удовлетворить потребности собственных потребителей и обеспечить плановые экспортные поставки. Показатели энергетической, электрической и тепловой емкости ВРП в восточных регионах выше, чем по России в целом, соответственно – на 27,1; 55,8 и 36 %, что характеризует более низкую энергетическую эффективность их экономик (табл. 1).

Использование ТЭР в энергетике и экономике восточных регионов менее эффективно, чем в среднем по России. Об этом свидетельствуют коэффициенты полезного использования ТЭР ($KPI_{ТЭР}$) котельных, конечных потребителей и тепловых электростанций (ТЭС), которые в 2016 г. ниже среднероссийских показателей на 20,9; 16,4 и 5,6 % соответственно.

Большинство технологических показателей энергоэффективности в восточных регионах (удельный расход топлива и потери ТЭР) превышают соответствующие среднероссийские показатели:

- удельный расход топлива на отпуск тепла от котельных на 20,9 % выше;
- удельный расход топлива на отпуск электроэнергии от ТЭС на 13,2 % выше;
- удельный расход топлива на отпуск тепла от ТЭС на 3,9 % выше;
- удельный вес потерь тепла в магистральных сетях относительно его отпуска на 2,7 процентных пункта выше.

Таблица 1

Показатели эффективности экономики и электро-, теплоэнергетики России
и ее восточных регионов, 2016 г.

Table 1

Efficiency Indicators of economy and electro-, power system
for Russia and its east regions, 2016

Показатель	Россия	СФО	ДФО	Восточные регионы в целом
Энергоемкость ВРП, кг у. т./тыс. руб.	11,8	16,8	10,8	15,0
Электроёмкость ВРП, кВт·ч/тыс. руб.	16,3	32,2	13,0	25,4
Теплоемкость, Гкал/тыс. руб.	20,0	32,0	18,2	27,2
КПИ _{ТЭР} электростанций, %	56,4	54,5	49,3	53,4
КПИ _{ТЭР} котельных, %	89,6	74,5	72,4	74,1
КПИ _{ТЭР} конечного потребления, %	52,6	43,5	46,2	45,2
Удельный расход топлива на отпуск				
электроэнергии ТЭС, г у. т./кВт·ч	309,2	345,8	364,5	349,9
теплоэнергии ТЭС, кг у. т./Гкал	153,6	160,1	157,3	159,6
теплоэнергии котельных, кг у. т./Гкал	159,6	190,9	197,6	193,0
Потери электроэнергии, млрд кВт·ч	107,2	18,4	5,7	24,1
доля потерь от отпуска, %	10,6	8,9	12,9	9,6
Потери теплоэнергии в магистральных сетях, млн Гкал	97,5	20,4	8,8	29,2
доля потерь от отпуска, %	7,6	9,4	13,0	10,3

Более приемлемым по сравнению с общероссийским показателем является удельный вес потерь электроэнергии относительно ее отпуска, который в восточных регионах на 1 процентный пункт меньше. Это объясняется более низкими потерями электроэнергии в сетях в восточных регионах, доля которых в общих потерях электроэнергии в 2016 г. составила 86,6 %, в стране в целом этот показатель выше – 92,4 %.

За период 2005–2016 гг. производство первичных ТЭР в восточных регионах увеличилось на 96 % (табл. 2), чему способствовал рост добычи угля и углеводородов. Вывоз ТЭР из восточных регионов в другие регионы России и на экспорт увеличился в 5,2 раза. За этот же период в связи с сокращением спроса снизилось производство энергоносителей (на 9 %) и конечное потребление топлива и энергии (на 6 %).

За период 2005–2016 гг. энергоемкость ВРП восточных регионов (в ценах 2016 г.) снизилась на 31 %. Одним из важнейших условий устойчивого социально-экономического развития для восточных регионов является рост энергоэффективности экономики. Особое место в решении этой проблемы будет играть топливно-энергетический комплекс, в частности улучшение структуры ТЭБ в направлении роста доли природного газа и возобновляемых ресурсов в доходах и расходах, увеличении доли переработки ТЭР, сокращении потерь энерго-ресурсов.

Таблица 2

Динамика статей ТЭБ и энергоемкости ВРП восточных регионов России

Table 2

Dynamics of Fuel-energy balance and GRP energy intensity in Russian east regions

Показатель	Год								2016 / 2005
	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Производство первичных ТЭР, млн т у. т.	214,3	320,2	341,2	366,9	375,6	377,0	391,2	419,9	1,96
Ввоз ТЭР, млн т у. т.	13,5	12,1	12,3	11,9	11,5	11,2	10	9,1	0,67
Вывоз ТЭР, млн т у. т.	51,0	161,4	184,5	202,7	215,8	220,3	235,5	265,6	5,21
Расход первич- ных ТЭР на пре- образование, млн т у. т.	98,3	97,8	94,1	99,1	91	85,9	87	89,5	0,91
Конечное потреб- ление ТЭР, млн т у. т.	78,5	73,1	74,9	77	80,3	82	78,7	73,9	0,94
ВРП в ценах 2016 г., млрд руб.	8140	9964	10473	10623	10736	10918	10858	10891	1,34
Энергоемкость ВРП, кг у. т./тыс. руб.	21,7	17,2	16,1	16,6	16,0	15,4	15,3	15,0	0,69

На основе анализа ретроспективных ТЭБ выявлен ряд проблем, имеющих в ТЭК восточных регионов, наиболее важными из которых на сегодняшний день являются следующие:

- ухудшение технико-экономических показателей в отраслях ТЭК, рост потерь топлива и энергии, что обусловлено в основном старением основных производственных мощностей и решение этой проблемы требует масштабных затрат на технологические инновации;
- наличие значительной доли угля в топливных балансах ТЭС и котельных в восточных регионах приводит к росту расхода топлива и ухудшает экологическую ситуацию, эта проблема может быть решена за счет сокращения доли угля и увеличения доли природного газа и возобновляемых ресурсов у потребителей ТЭР;
- более низкие показатели энергоэффективности в восточных регионах по сравнению со страной в целом указывают на имеющийся здесь большой потенциал для их роста, решение этой проблемы связано в основном с реализацией профильных энергетических программ и региональных программ энергосбережения.

Однако проблемы, возникающие в ТЭК восточных регионов, могут быть всесторонне решены только при наличии согласованной долгосрочной стратегии энергетического взаимодействия между регионами в процессе создания общего энергетического рынка с точки зрения экспорта ТЭР в страны СВА. Это позволит рационально использовать огромный энергетический потенциал востока России.

Выводы

Проведенное на базе ИВК «ТЭБ Сибири и Дальнего Востока» исследование показало, что использование ТЭР в восточных регионах менее эффективно, чем в среднем по России. КПИ_{ТЭР} котельных, конечных потребителей и тепловых электростанций ниже среднероссийских показателей на 20,9; 16,4 и 5,6 % соответственно. Удельный расход топлива и потери ТЭР превышают соответствующие среднероссийские показатели, что характеризует наличие в восточных регионах большого потенциала роста энергоэффективности экономики.

За период 2005–2016 гг. производство первичных ТЭР увеличилось в 2 раза. Вывоз ТЭР из восточных регионов в другие регионы России и на экспорт увеличился в 5,2 раза. За этот же период снизился расход первичных ТЭР на преобразование и конечное потребление ТЭР – на 9 и 6 % соответственно.

Энергоемкость ВРП восточных регионов снизилась с 2005 по 2016 г. на 31 %, однако этому способствовали в основном структурные сдвиги в экономике (снижение доли энергоемких производств). Для устойчивого социально-экономического развития восточных регионов необходим рост энергоэффективности экономики на базе технологических факторов. Особое место в решении этой проблемы будет играть ТЭК, в частности улучшение структуры ТЭБ в направлении роста доли природного газа и возобновляемых ресурсов в доходах и расходах, увеличении доли переработки ТЭР, сокращении потерь энергоресурсов.

Основными направлениями улучшения структуры топливно-энергетического баланса восточных регионов являются:

- снижение доли угля за счет роста доли природного газа и возобновляемых ресурсов, что позволит удовлетворить спрос на энергоносители при меньших удельных расходах топлива и снизить антропогенное воздействие на окружающую среду;
- строительство нефте-, газоперерабатывающих заводов в регионах с крупными запасами углеводородов (например, в Иркутской области, республике Саха (Якутия)), что позволит производить углеводородную продукцию с более высокой добавленной стоимостью и повысить бюджетную наполняемость;
- сокращение потерь ТЭР в процессе их производства, транспортировки и потребления;
- эффективное использование местных видов топлива и возобновляемых источников энергии для потребителей в отдаленных районах с целью повышения надежности энергоснабжения и снижения потерь энергоносителей в сетях;
- увеличение объемов переработки угля в восточных регионах с целью повышения качества и конкурентоспособности угольной продукции и в отдаленной перспективе для производства инновационных продуктов переработки (бездымные топливные брикеты, сельскохозяйственные удобрения и т. д.).

Список литературы / References

1. **Кржижановский Г. М., Вейц В. И., Руссаковский Е. А.** Топливо-энергетический баланс // Вестник статистики. 1932. № 7. С. 12–17.
Krzhizhanovskiy G. M., Veyts V. I., Russakovskiy E. A. Toplivno-energeticheskiy balans [Energy balance]. *Vestnik statistiki* [Bulletin of Statistics], 1932, no. 7, p. 12–17. (in Russ.)
2. **Пробст А. Е.** Единый энергетический баланс и использование энергоресурсов в СССР // Электричество. 1937. № 24. С. 4–10.
Probst A. E. Edinyy energeticheskiy balans i ispol'zovaniye energoresursov v SSSR [Unified Energy Balance and Use of Energy Resources in the USSR]. *Elektrichestvo* [Electricity], 1937, no. 24, p. 4–10. (in Russ.)
3. **Мелентьев Л. А., Стырикович М. А., Штейнгауз Е. О.** Топливо-энергетический баланс СССР. М.: Госэнергоиздат, 1962. 208 с.
Melentiev L. A., Styrikovich M. A., Steinghaus E. O. Toplivno-energeticheskiy balans SSSR. [Energy balance of the USSR]. Moscow, State Energy Publ., 1962. (in Russ.)

4. **Некрасов А. С., Синяк Ю. В., Янпольский В. А.** Построение и анализ энергетического баланса. Вопросы методологии и методики. М.: Энергоатомиздат, 1974. 179 с.
Nekrasov A. S., Sinyak Yu. V., Yanpolsky V. A. Postroyeniye i analiz energeticheskogo balansa. Voprosy metodologii i metodiki [Construction and analysis of energy balance. Questions of methodology and methodology]. Moscow, Atomic Energy Publ., 1974, 179 p. (in Russ.)
5. **Макаров А. А., Мелентьев Л. А.** Методы исследования и оптимизации энергетического хозяйства. Новосибирск: Наука, 1973. 274 с.
Makarov A. A., Melentyev L. A. Metody issledovaniya i optimizatsii energeticheskogo khozyaystva [Methods of research and optimization of energy management]. Novosibirsk: Nauka, 1973, 274 p. (in Russ.)
6. **Кононов Ю. Д., Любимова Е. В., Тыртышный В. Н.** Проблемы оценки народнохозяйственных последствий долгосрочных стратегий развития энергетики // Экономика и математические методы. 1983. Т. 19, № 5. С. 912–916.
Kononov Yu. D., Lyubimova E. V., Tyrtyschny V. N. Problemy otsenki narodnokhozyaystvennykh posledstviy dolgosrochnykh strategiy razvitiya energetiki [Problems of assessing the national economic consequences of long-term energy development strategies]. *Ekonomika i matematicheskiye metody* [Economics and mathematical methods], 1983, vol. 19, no. 5, p. 912–916. (in Russ.)
7. **Башмаков И. А.** Топливо-энергетический баланс как инструмент анализа, прогноза и индикативного планирования развития энергетики // Энергетическая политика. 2007. Вып. 2. С. 16–25.
Bashmakov I. A. Toplivno-energeticheskiy balans kak instrument analiza, prognoza i indikativnogo planirovaniya razvitiya energetiki [Fuel and energy balance as a tool for analysis, forecasting and indicative planning of energy development]. *Energeticheskaya politika* [Energy Policy], 2007, no. 2, p. 16–25. (in Russ.)
8. **Бушуев В. В., Троицкий А. А.** Энергоэффективность и экономика России // Энергия: экономика, техника, экология. 2004. № 5. С. 10–19.
Bushuev V. V., Troitsky A. A. Energoeffektivnost' i ekonomika Rossii [Energy Efficiency and the Russian Economy]. *Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya* [Energy: Economics, Technology, Ecology], 2004, no. 5, p. 10–19. (in Russ.)
9. **Галиева Т. М., Мастепанов А. М.** О методологии разработки топливо-энергетических балансов // Энергетическая политика. 2003. № 3. С. 21–27.
Galieva T. M., Masterpanov A. M. O metodologii razrabotki toplivno-energeticheskikh balansov [About methodology of development of fuel and energy balances]. *Energeticheskaya politika* [Energetic Policy], 2003, no. 3, p. 21–27. (in Russ.)
10. **Гашо Е. Г., Репецкая Е. В., Бандурист В. Н.** Формирование региональных программ энергосбережения // Энергетическое хозяйство и энергосбережение. 2010. № 8. С. 54–55.
Gasho E. G., Repetskaya E. V., Bandurist V. N. Formirovaniye regional'nykh programm energosberezheniya [Formation of regional programs of energy saving]. *Energeticheskoye khozyaystvo i energosberezheniye* [Energy economy and energy saving], 2010, no. 8, p. 54–55. (in Russ.)
11. **Чурашев В. Н., Суслов Н. И., Маркова В. М., Чернова Г. В.** Топливо-энергетический баланс как инструмент анализа и прогноза взаимодействий экономики и энергетики региона // Международный научно-технический конгресс «Энергетика в глобальном мире», 16–18 июня 2010 г., г. Красноярск, Россия: Сб. докл. Красноярск: Версо, 2010. С. 383–384.
Churashev V. N., Suslov N. I., Markova V. M., Chernova G. V. Toplivno-energeticheskiy balans kak instrument analiza i prognoza vzaimodeystviy ekonomiki i energetiki regiona [Fuel and energy balance as a tool for analyzing and forecasting the interactions of the region's economy and energy]. *Materialy mezhdunarodnogo nauchno-tekhnicheskogo kongressa "Energetika v global'nom mire"* [Materials of the International Scientific and Technical Congress "Energy in the Global World"]. Krasnoyarsk, 2010, p. 383–384. (in Russ.)
12. **Chupjatov V., Makarov A., Medvedeva E.** Energy efficiency and savings in the Russia. *International Journal of Global Energy Issues*, 2001, vol. 16 (1–3), p. 213–225.
13. **Rosenfeld A. H.** Real Prospects for Energy Efficiency in the United States. Chaired by L. Lave, M. Savitz. America's Energy Future Panel on Energy Efficiency Technologies; National Academy of Sciences, Academy of Engineering; The National Academies Press, 2009.

14. **Patterson M.** What is energy efficiency? *Energy Policy*, 1996, vol. 24, no. 5, p. 377–390.
15. **Haas R.** Energy efficiency indicators in the residential sector. *Energy Policy*, 1997, vol. 25, no. 7–9, p. 789–802.
16. **Hotelling H.** The Economics of Exhaustible Resources. *Journ. Polit. Econ.*, 1931, vol. 39, Apr., p. 137–175.
17. **Solow R. M.** The Economics of Resources and the Resources of Economics. *American Economic Review, Paper and Proceeding*, 1974, May, no. 2, p. 1–14.
18. **Nordhaus W. D.** The Efficient Use of Energy Resources. Yale University, 1979, 183 p.
19. **Chandler M.** Natural Resources as a Constraint on Economic Growth: Discussion. *The American Economic Review*, 1973, vol. 63, no. 2 (May), p. 126–128.
20. **Lakshmanan T. R., Ratick S.** Integrated Models for Economic-Energy-Environmental Impact Analysis. In: Lakshmanan T. R., Nijkamp P. (eds.). *Economic-Environmental-Energy Interactions: Modeling and Policy Analysis*. Springer Netherlands, 1980, p. 7–39.
21. **Herring H., Sorrel S.** Energy Efficiency and Sustainable Consumption: The Rebound Effect. Hampshire, Palgrave Macmillan, 2009, 272 p.
22. **Мелентьев Л. А.** Методология системных исследований в энергетике. М.: Наука, 1995. 289 с.
Melentiev L. A. Metodologiya sistemnykh issledovaniy v energetike [Methodology of system research in the energy sector]. Moscow, Nauka, 1995, 289 p. (in Russ.)
23. **Аганбегян А. Г.** Сибирский комплекс. Опыт системного анализа // Вопросы философии. 1981. № 8. С. 36–47.
Aganbegyan A. G. Sibirskiy kompleks. Opyt sistemnogo analiza [Siberian complex. Experience of system analysis]. *Voprosy filosofii* [Problems of Philosophy], 1981, no. 8, p. 36–47. (in Russ.)
24. **Бандман М. К., Кулешов В. В., Крюков В. А.** Развитие ТЭК в Сибири: экономический аспект // ЭКО. 1996. № 11. С. 87–113.
Bandman M. K., Kuleshov V. V., Kryukov V. A. Razvitiye TEK v Sibiri: ekonomicheskii aspekt [Development of the Fuel and Energy Complex in Siberia: an Economic Aspect]. *EKO*, 1996, no. 11, p. 87–113. (in Russ.)
25. **Гранберг А. Г., Суслов В. И., Суспицын С. А.** Экономико-математические исследования многорегиональных систем // Регион: Экономика и Социология. 2008. № 2. С. 120–150.
Granberg A. G., Suslov V. I., Suspitsyn S. A. Ekonomiko-matematicheskiye issledovaniya mnogoregional'nykh sistem [Economic and mathematical studies of multi-regional systems]. *Region: Ekonomika i Sotsiologiya* [Region: Economics and Sociology], 2008, no. 2, p. 120–150. (in Russ.)
26. **Минакир П. А.** Экономика регионов. Дальний Восток / Отв. ред. А. Г. Гранберг. М.: Ин-т экон. исслед. ДВО РАН, 2006. 848 с.
Minakir P. A. Ekonomika regionov. Dal'niy Vostok [Economy of the regions. Far East]. Ed. by A. G. Granberg. Moscow, Economic Research Institute FEB RAS Publ., 2006, 848 p. (in Russ.)
27. **Санеев Б. Г., Соколов А. Д., Муzychuk С. Ю., Муzychuk Р. И.** Топливо-энергетические балансы в системе комплексного исследования развития региональных ТЭК // Изв. РАН. Энергетика. 2011. № 2. С. 21–35.
Saneyev B. G., Sokolov A. D., Muzychuk S. Yu., Muzychuk R. I. Toplivno-energeticheskiye balansy v sisteme kompleksnogo issledovaniya razvitiya regional'nykh TEK [Energy balances in the system of integrated research of the development of regional fuel and energy complex]. *Izvestiya rossiyskoy akademii nauk. Energetika* [Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Energy], 2011, no. 2, p. 21–35. (in Russ.)
28. **Санеев Б. Г., Соколов А. Д., Муzychuk С. Ю., Муzychuk Р. И.** Энергетико-экономический анализ текущего состояния региональных топливо-энергетических комплексов российского Востока // Энергетическая политика. 2016. № 5. С. 14–22.
Saneyev B. G., Sokolov A. D., Muzychuk S. Yu., Muzychuk R. I. Energetiko-ekonomicheskii analiz tekushchego sostoyaniya regional'nykh toplivno-energeticheskikh kompleksov rossiyskogo Vostoka [Energy-economic analysis

of the current state of the regional fuel and energy complexes of the Russian East]. *Energeticheskaya politika* [The Energy Policy], 2016, no. 5, p. 14–22. (in Russ.)

Материал поступил в редколлегию

Received

24.01.2019

Сведения об авторе / Information about the Author

Санеев Борис Григорьевич, доктор технических наук, заведующий отделом, руководитель научного направления «Комплексные проблемы энергетики и региональная энергетическая политика», Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН (ул. Лермонтова, 130, Иркутск, 664033, Россия)

Boris G. Saneev, Doctor of Technical Sciences, Head of Department, Head of the Research Department “Complex Problems of Energy and Regional Energy Policy”, Melentiev Energy Systems Institute SB RAS (130 Lermontov St., Irkutsk, 664033, Russian Federation)

saneev@isem.irk.ru

Соколов Александр Данилович, доктор технических наук, главный научный сотрудник, Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН (ул. Лермонтова, 130, Иркутск, 664033, Россия)

Alexander D. Sokolov, Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, Melentiev Energy Systems Institute SB RAS (130 Lermontov St., Irkutsk, 664033, Russian Federation)

sokolov@isem.irk.ru

Музычук Светлана Юрьевна, кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник, Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН (ул. Лермонтова, 130, Иркутск, 664033, Россия)

Svetlana Yu. Muzychuk, PhD in Economics, Leading Researcher, Melentiev Energy Systems Institute SB RAS (130 Lermontov St., Irkutsk, 664033, Russian Federation)

muz@isem.irk.ru

Музычук Роман Игоревич, ведущий инженер, Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН (ул. Лермонтова, 130, Иркутск, 664033, Россия)

Roman I. Muzychuk, principal engineer, Melentiev Energy Systems Institute SB RAS (130 Lermontov St., Irkutsk, 664033, Russian Federation)

rmuz@isem.irk.ru