

УДК 332.1+620.9(571.53.54.55)

*Регион: экономика и социология, 2020, № 1 (105), с. 3–27*

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

## **ВЛИЯНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ ВОСТОЧНОГО ВЕКТОРА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ РОССИИ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА**

*Энергоэффективность экономики России и ее восточных регионов значительно отстает от соответствующего показателя развитых стран мира, ее наращивание – один из важнейших приоритетов российской государственной энергетической политики. Байкальский регион имеет особый статус хозяйственной деятельности как объект всемирного наследия. Актуальность наращивания энергоэффективности в регионе определяется высокой энергоемкостью отраслевой специализации экономики и повышенными требованиями к экологии для сохранения уникальной байкальской природы.*

*Цель исследования – дать прогноз динамики энергоемкости ВРП с учетом приоритетных направлений энергетического сотрудничества России, Китая и Монголии, выявить наиболее значимые факторы, влияющие на энергоэффективность экономики региона. Результатом стала разработка методического подхода к оценке энергоэффективности на основе сочетания методов экономико-математического моделирования, системного анализа, статистического анализа, балансовых и индикативных методов. Инструментом исследования явился разработанный информационно-вычислительный комплекс для формирования топливно-энергетических балансов (ТЭБ) регионов. Он включает систему моделей и базы данных для анализа и прогнозирования альтернативных сценариев развития топливно-энергетического комплекса (ТЭК) регионов с учетом международного сотрудничества; экономико-математические модели ТЭБ; методы оценки энергоэффективности экономики*

регионов; методы статистического анализа для выявления наиболее значимых факторов, влияющих на энергоэффективность; методы сравнительного анализа для оценки имеющегося потенциала развития.

В ходе исследования выявлены наиболее значимые факторы роста энергоэффективности экономики Байкальского региона: усиление энергетической кооперации с соседними странами; рациональное использование топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в отраслях хозяйственного комплекса и у населения, использование энергосберегающих технологических процессов и оборудования для снижения удельных расходов ТЭР при их производстве, транспортировке и потреблении; снижение потерь ТЭР и их расхода на собственные нужды предприятий ТЭК. С использованием статистических методов составлены уравнения множественной регрессии энергоемкости валового регионального продукта и валового потребления ТЭР Байкальского региона, позволяющие довольно точно прогнозировать их изменение на перспективу до 2035 г.

**Ключевые слова:** внешние связи; энергоэффективность; топливно-энергетический комплекс; топливно-энергетический баланс; топливно-энергетические ресурсы; энергоэкономический анализ

**Для цитирования:** Санеев Б.Г., Соколов А.Д., Музычук С.Ю., Музычук Р.И. Влияние реализации восточного вектора энергетической стратегии России на энергоэффективность хозяйственного комплекса Байкальского региона // Регион: экономика и социология. – 2020. – № 1 (105). – С. 3–27. DOI: 10.15372/REG20200101.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время усиливается значение восточного вектора энергетической стратегии России. В связи с этим возрастает роль энергетических связей российских регионов, граничащих со странами Северо-Восточной Азии.

Байкальский регион является уникальной природной территорией, имеющей общемировое значение<sup>1</sup>. В него входят три субъекта

---

<sup>1</sup> См.: *Озеро Байкал*. – URL: <http://unesco.ru/ru/?module=objects&action=view&id=11>.

Российской Федерации, которых объединяет экономико-географическая принадлежность к бассейну оз. Байкал: Иркутская область, Республика Бурятия и Забайкальский край<sup>2</sup>. Байкальский регион имеет выгодное географическое расположение с прямым выходом к границам Монголии и Китая, что создает благоприятные условия для взаимовыгодного международного экономического сотрудничества. Российско-монгольские отношения являются важной частью восточного вектора внешней политики РФ, и особое место во внешнеэкономических отношениях двух стран занимают связи между приграничными районами, поскольку значимой статьёй монгольского импорта являются нефтепродукты и электроэнергия, поставляемые из Бурятии, Байкальского края и Иркутской области.

В границах Байкальской природной территории<sup>3</sup> установлен особый режим хозяйственной деятельности, способствующий сохранности уникального озера. Поэтому особые отношения связывают Байкальский регион и Монголию, так как Байкал питает воды р. Селенги, протекающей по территории Монголии. Байкальский регион имеет огромную площадь – 1558,1 тыс. кв. км, однако плотность населения в регионе очень низкая – 2,9 чел./кв. км, что вызывает ряд проблем, в том числе связанных с эффективностью энерго- и топливоснабжения потребителей.

Важным условием обеспечения устойчивости экономики Байкальского региона является надежное, эффективное и экологичное энергоснабжение потребителей. Экономика региона высокоэнергоёмкая вследствие ее отраслевой специализации и климатических особенностей, и это приводит к повышенным расходам топливно-энергетических ресурсов, потребность в которых обеспечивает топливно-энергетический комплекс, включающий в себя предприятия электро- и теплоэнергетики, нефтяной, газовой и угольной промышленности. Потенциал ТЭК Байкальского региона велик, он способен обеспечить потребности собственной экономики и экспортные по-

---

<sup>2</sup> Кроме территорий в РФ к Байкальскому региону относятся и территории водосборного бассейна озера в Монголии (бассейн р. Селенги).

<sup>3</sup> Границы Байкальского региона утверждены Распоряжением Правительства РФ № 1641-р от 27.11.2006 г.

ставки, однако современные реалии требуют более эффективного использования ТЭР во всех сферах экономической деятельности<sup>4</sup>.

Сегодня, когда экономика страны отягощена антироссийскими санкциями, необходимость увеличения ее энергетической и экологической эффективности возрастает – и как средства экономии материальных и финансовых ресурсов, и в качестве побуждающего мотива при проведении политики импортозамещения в отраслях ТЭК для модернизации производства на более высоком технологическом уровне (инновационные технологии, материалы и оборудование).

Повышение энергоэффективности является одним из главных приоритетов государственной экономической политики, оно позволяет обеспечить растущее энергопотребление при прежних объемах производства ТЭР или при их незначительном наращивании. Вопросам увеличения энергоэффективности уделяется большое внимание на самом высоком уровне. Правительством РФ принят ряд директивных документов в сфере ТЭК, которые законодательно закрепляют количественные и качественные показатели энергоэффективности. Целью действующей в настоящее время Государственной программы РФ «Энергоэффективность и развитие энергетики» являются надежное обеспечение страны топливно-энергетическими ресурсами, повышение эффективности их использования и снижение антропогенного воздействия ТЭК на окружающую среду<sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup> См.: *Субъекты* Байкальского региона объединяются. – URL: <http://www.ogirk.ru/news/2014-11-21/48556.html>.

<sup>5</sup> См.: *Указ* Президента РФ от 4 июня 2008 г. № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики». – URL: [base.garant.ru/193388/](http://base.garant.ru/193388/); *Энергетическая стратегия* России на период до 2030 года (утв. Распоряжением Правительства РФ от 13 ноября 2009 г. № 1715-р). – URL: [www.zakonprost.ru/content/base/part/645999](http://www.zakonprost.ru/content/base/part/645999); *Проект Энергетической стратегии* Российской Федерации на период до 2035 года (одобрен на совещании у Председателя Правительства РФ от 22.12.2016 г. № ДМ-П9-78 пр). – URL: <http://minenergo.gov.ru/node/1920>; *Государственная программа «Энергоэффективность и развитие энергетики»* (утв. Постановлением Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 321). – URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70544238/#ixzz4DW6iMFMr>.

Для отслеживания выполнения закрепленных в директивных документах показателей роста энергоэффективности разрабатываются топливно-энергетические балансы, отражающие движение ТЭР от их производства до конечного потребления<sup>6</sup>. Комплексный энергоэкономический анализ на основе ТЭБ имеет большое практическое значение. Он позволяет определить приоритетные направления и размеры потребления ТЭР, дать оценку эффективности их использования в каждом виде экономической деятельности и в экономике в целом, определить объемы потерь энергоресурсов, оценить потенциал энергосбережения, наметить первоочередные меры, способствующие повышению энергоэффективности.

Одним из механизмов реализации государственной энергетической политики является разработка оптимальных прогнозных ТЭБ, позволяющих более эффективно использовать произведенные энергоресурсы. Эта информация, необходимая для исполнительных органов власти, дает возможность оптимизировать государственное регулирование в сфере ТЭК и принимать наиболее обоснованные управленческие решения с учетом экспортных связей региона.

## МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Начало исследованию проблем энергосбережения и энергоэффективности на основе ТЭБ в стране было положено в советское время [5–7; 9; 10]. В последующие годы исследования в этой предметной области применительно к новым условиям хозяйствования развиты многими российскими учеными-энергетиками [1–4; 8; 11–13; 15]. За рубежом также многие ученые занимались изучением проблемы оптимального использования энергоресурсов и анализом энергоэффективности [14; 16–24].

Для решения задачи повышения энергоэффективности используются различные методы и подходы, показавшие свою научную и практическую значимость для конкретных стран в определенных

---

<sup>6</sup> См.: *Приказ* Министерства энергетики РФ от 14 декабря 2011 г. № 600 «Об утверждении Порядка составления ТЭБ субъектов РФ, муниципальных образований». – URL: <http://base.garant.ru/70135702/#ixzz4gjiQpvBjx> .

условиях. Однако существует ряд нерешенных вопросов относительно моделирования влияния отдельных факторов на энергоёмкость регионов России в современных условиях, отягощенных санкционными мерами, которые особенно отражаются на отраслях ТЭК. Авторы настоящей статьи, развивая исследования, проводимые в этой области российскими и зарубежными учеными, с учетом директивных документов Правительства РФ в сфере экономики и энергетики, разработали свой методический подход к оценке энергоэффективности, основанный на принципах системного анализа, методах экономико-математического моделирования, балансовых и индикативных методах.

Новизна исследования заключается в том, что для оценки энергоэффективности экономики Байкальского региона применяется множество дополняющих друг друга научных методов познания, с помощью которых и с учетом разрабатываемых прогнозов развития экономики и ТЭК России определяются наиболее значимые факторы и направления увеличения энергоэффективности и прогнозируется долгосрочное развитие ТЭК региона с учетом приоритетных направлений энергетического сотрудничества России, Монголии и Китая.

Инструментарием исследования является созданный авторами информационно-вычислительный комплекс для расчета региональных ТЭБ, состоящий из информационно-справочной системы и системы моделей. Информационно-справочная система предназначена для повышения эффективности процесса исследования, она обеспечивает интерфейс доступа к данным в удобной для анализа форме (таблицы, графики, диаграммы). Система моделей включает имитационные экономико-математические модели: однопродуктовых балансов отдельных видов ТЭР, сводных топливно-энергетических балансов, энергоэкономического анализа, статистического анализа.

В методологии большое внимание уделяется анализу современного состояния ТЭК регионов, который позволяет повысить качество прогнозов и формировать более рациональные перспективные ТЭБ. Для составления отчетных балансов используются данные разрабатываемых Росстатом ежегодных статистических отчетов о производстве, потреблении, экспорте, импорте, состоянии запасов и потерь энергоресурсов, достоверные интернет-источники, находящиеся в от-

крытом доступе, в случае необходимости запрашивается отчетность энергетических предприятий. Разрабатываются региональные одно-продуктовые балансы отдельных видов ТЭР (угля, газа, нефти, электроэнергии, теплоэнергии и др.) в натуральных единицах, которые с помощью калорийных эквивалентов преобразуются в единицы условного топлива (у.т.)<sup>7</sup> и объединяются в сводные ТЭБ регионов (субъектов РФ) и макрорегионов (Байкальского региона, Западной Сибири, Восточной Сибири, Сибирского и Дальневосточного федеральных округов). Выполняется энергоэкономический анализ. Рассчитываются основные показатели энергоэффективности: электро-, тепло-, энергоемкость валового регионального продукта, удельные расходы ТЭР, коэффициенты их полезного использования ( $KPI_{TЭР}$ ), потери ТЭР при производстве и потреблении. Системный энергоэкономический анализ позволяет выявить основные проблемы в ТЭК регионов.

С использованием статистических методов составляются уравнения множественной регрессии энерго-, электро-, теплоемкости валового регионального продукта, выявляются наиболее значимые факторы, влияющие на энергоэффективность региона, дается их оценка, формулируется ряд предложений по совершенствованию структуры ТЭБ и реализации определенных мер по энергосбережению. В дальнейшем это позволит формировать рациональные прогнозные ТЭБ. С помощью статистических методов выполняется прогноз показателей энергоэффективности. Его можно выполнить с помощью пакета STATISTICA, где для расчета задаются определенные параметры факторов.

## **ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКОНОМИКИ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА**

Территория Байкальского региона (1558,1 тыс. кв. км, или 9,1% от территории РФ) заселена неплотно, численность населения на 01.01.2017 г. составила 4462 тыс. чел. (3% от общероссийской числен-

---

<sup>7</sup> Для сопоставления энергетической ценности различных видов топлива в России за единицу условного топлива принята теплотворная способность 1 кг каменного угля, равная 29,3 МДж, или 7000 ккал (URL: <http://электротехнический-портал.рф/energo-komleks-rf/129-uslovnoye-toplivo.html>).

ности). Отсюда и низкие показатели вклада региона в экономику страны. В 2017 г. вклад Байкальского региона в ВРП страны, в производство промышленной продукции составил 2,3%, в основные фонды экономики и в общероссийские инвестиции – по 2,2%. В структуре промышленной продукции региона доля ТЭК в 2017 г. составила 47%<sup>8</sup>.

В директивных документах по социально-экономическому развитию Байкальского региона<sup>9</sup> целями определены формирование эффективной экономики, создание комфортных условий для проживания населения на его территории, повышение конкурентоспособности производимой здесь продукции. Одним из важнейших условий перехода региона к устойчивому социально-экономическому развитию является рост энергоэффективности. Существенная роль в решении этой задачи отводится ТЭК Байкальского региона, который вносит значительный вклад в производственные показатели страны: в 2018 г. его предприятия добыли 9,5% российского угля, произвели 5,9% электроэнергии, переработали 3,2% сырой нефти и добыли 3,3% нефти РФ. Топливо-энергетический комплекс региона в основном обеспечивает потребность собственной экономики в ТЭР, на его долю в 2018 г. приходилось 12,2% потребляемого в стране угля, 6,3% электроэнергии, 4,1% тепловой энергии, 3,7% нефтепродуктов<sup>10</sup>.

На развитие ТЭК Байкальского региона в последние годы влияет кризисное состояние экономики (снижение спроса на ТЭР), поэтому наблюдается спад производственных показателей в электро-, тепло-

---

<sup>8</sup> Рассчитано по данным сайтов территориальных органов статистики Республики Бурятия, Забайкальского края и Иркутской области.

<sup>9</sup> См.: *Стратегия* социально-экономического развития Дальнего Востока и Байкальского региона на период до 2025 года (утв. Распоряжением Правительства РФ от 28.12.2009 № 2094-р). – URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_96571/f1d12cbe15c5cdddbd0ac61a818831f10e1f7c4d/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_96571/f1d12cbe15c5cdddbd0ac61a818831f10e1f7c4d/); *Федеральная целевая программа «Охрана озера Байкал и социально-экономическое развитие Байкальской природной территории на 2012–2020 годы»* (утв. Постановлением Правительства РФ от 21 августа 2012 года № 847). – URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_134427/84e1f2eb2ab687497b0b1bc0ab50dc8d03d4270e/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_134427/84e1f2eb2ab687497b0b1bc0ab50dc8d03d4270e/).

<sup>10</sup> Рассчитано по данным Росстата: формы Электробаланс, Натура-БМ, 4-ТЭР, 11-ТЭР.



Таблица 1

**Агрегированный топливно-энергетический баланс Байкальского региона,  
2010–2018 гг., млн т у.т.**

Год	Производство первичных ТЭР	Ввоз ТЭР	Вывоз ТЭР	Производство энергоносителей	Расход ТЭР на производство энергоносителей	Потери ТЭР при передаче	Конечное потребление топлива	Конечное потребление энергоносителей
2010	32,0	18,7	-24,9	17,3	-22,9	-2,3	-3,4	-14,5
2015	55,0	16,9	-45,3	15,1	-20,0	-4,0	-3,8	-13,9
2018	61,4	15,7	-46,3	15,4	-21,0	-6,3	-4,2	-14,6

*Источник:* оценки авторов.

энергетике и угольной промышленности. Однако в нефтедобыче имеется тенденция стабильного и динамичного роста, и за счет этого производство первичных ТЭР в 2010–2018 гг. увеличилось на 92%, экспорт ТЭР возрос на 87% (табл. 1).

В структуре вывоза ТЭР из Байкальского региона преобладают уголь и углеводороды, которые поставляются в соседние регионы РФ, а также в Монголию, Китай и другие страны. В Китай из Байкальского региона поставляется около 80% экспортных нефтепродуктов в объеме до 5 млн т. Экспорт угля в Китай из региона в 2018 г. достиг 8,7 млн т. Российско-китайские энергетические связи в виде поставок нефти по нефтепроводу ВСТО определены на государственном уровне, и усиление сотрудничества Байкальского региона и Китая в сфере энергетики будет осуществляться через поставки природного газа Иркутской области по газопроводу «Сила Сибири». Энергетические связи России и Монголии в настоящее время характеризуются поставками электроэнергии, нефтепродуктов и сжиженного природного газа. В 2018 г. Монголия импортировала по центральному и западному направлениям 416 млн кВт·ч российской электроэнергии. Объем поставок российских нефтепродуктов в Монголию в 2018 г. достиг

1,44 млн т<sup>11</sup>. В настоящее время Монголия ежемесячно получает около 3,5 тыс. т сжиженного природного газа от Ангарской нефтехимической компании (Иркутская область)<sup>12</sup>. В дальнейшем ожидается усиление энергетической кооперации Байкальского региона с Монголией, что окажет положительное влияние как на экономику, так и на состояние природной среды двух стран.

Спад промышленного производства в Байкальском регионе и сокращение потребности в энергоносителях привели к снижению их выработки к 2018 г. на 11%. Основным видом топлива при производстве энергоносителей в Байкальском регионе является уголь, доля которого в 2018 г. составила 85%, и это значительно осложняет экологическую обстановку в регионе (из 21 российского города с наибольшим уровнем загрязнения атмосферы одиннадцать находятся на его территории<sup>13</sup>). Это проблема, требующая скорейшего разрешения, и одним из эффективных путей здесь может стать увеличение выработки энергии на основе использования газа и возобновляемых источников энергии<sup>14</sup>.

Негативным фактором в Байкальском регионе является рост потерь ТЭР при их трансформации и передаче – в 2 раза за 2010–2018 гг. (вследствие роста нефтедобычи увеличились объемы сжигания попутного нефтяного газа на факельных установках).

На основе ТЭБ Байкальского региона рассчитаны показатели энергоэффективности. За период 2010–2017 гг. энергоемкость ВРП региона (в сопоставимых ценах 2010 г.) снизилась на 6,0%, электроемкость ВРП – на 17,7%, теплоемкость ВРП – на 29,8% (табл. 2).

---

<sup>11</sup> См.: Александр Новак: «Россия подтверждает свою готовность развивать сотрудничество с Монголией на основе принципов взаимной выгоды». – URL: <https://minenergo.gov.ru/en/node/15694> .

<sup>12</sup> См.: Монголия заинтересовалась поставкой сжиженного газа из Иркутской области. – URL: <http://www.assoneft.ru/activities/press-centre/tek/4488/> .

<sup>13</sup> См.: Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году». – М.: Минприроды России; НПП «Кадастр», 2018. – С. 60. – URL: <https://gosdoklad-ecology.ru/2017/pdf/section.pdf> .

<sup>14</sup> По данным Аналитического центра при Правительстве РФ, уровень газификации в СФО – 5,8%, а в среднем по РФ – 66,2% (URL: <http://ac.gov.ru/files/publication/a/8435.pdf>).

Таблица 2

**Основные показатели энергоэффективности Байкальского региона**

Показатель	2010	2015	2016	2017	РФ, 2017
ВРП в ценах 2010 г., млрд руб.	846	976	986	1010	43078
Потребление:					
первичные ТЭР, млн т у.т.	26,0	26,6	27,6	29,1	827,4
электроэнергия, млрд кВт·ч	67,3	66,2	67,1	67,5	1078,4
теплоэнергия, млн Гкал	57,1	52,3	53,6	52,0	1283,5
Энергоемкость ВРП, кг у.т./тыс. руб.	30,5	27,3	28,0	28,8	19,2
Электроемкость ВРП, кВт·ч/тыс. руб.	79,5	67,8	68,1	67,5	25,4
Теплоемкость ВРП, Гкал/руб.	67,5	53,6	54,4	52,0	29,5
Удельный расход на отпуск:					
электроэнергии от ТЭС, г у.т./КВт·ч	347,6	344,8	342,7	344,9	317,1
теплоэнергии от ТЭС, кг у.т./Гкал	158,1	156,5	159,8	153,0	150,7
теплоэнергии от котельных, кг у.т./Гкал	193,3	191,2	204,3	192,0	166,6
КПИ <sub>ТЭР</sub> в энергетике	75,6	74,2	74,7	75,2	78,4

*Примечание:* энергоемкость ВРП рассчитана по валовому потреблению первичных ТЭР; показатели РФ приведены для сравнения.

*Источник:* данные Росстата и расчеты авторов.

Начавшийся в Байкальском регионе рост энергоэффективности отражает влияние следующих процессов:

- структурных изменений, направленных на увеличение в объеме ВРП доли малоэнергоемких видов экономической деятельности;
- реализации на территории региона программ энергосбережения<sup>15</sup>.

<sup>15</sup> Долгосрочная целевая программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на территории Иркутской области на 2011–2015 годы» (утверждена постановлением Правительства Иркутской области от 02.12.2010 № 318-пп), Закон Республики Бурятия от 07.05.2014 № 420-V

В сравнении с показателями по России основные показатели энергоэффективности Байкальского региона значительно хуже: энергоёмкость ВРП региона выше в 1,5 раза, электроёмкость – в 2,7 раза, теплоёмкость – в 1,8 раза. Это свидетельствует о наличии в регионе большого потенциала энергосбережения. Более низкую эффективность использования топлива в энергетике Байкальского региона характеризуют удельные расходы топлива котельных и электростанций, значительно превышающие среднероссийские показатели, что подтверждает и отрицательная динамика коэффициентов полезного использования ТЭР в энергетике.

Коэффициенты полезного использования ТЭР в энергетике Монголии также ниже среднероссийского показателя на 5–7%. Рост энергетической кооперации России и Монголии будет способствовать сохранению природы оз. Байкал и увеличению энергоэффективности экономики обеих стран.

С целью активизации российско-монгольского сотрудничества правительства РФ и Монголии заключили соглашение о сотрудничестве в области электроэнергетики<sup>16</sup>, которое предполагает

- совместную проработку вопросов электросетевого строительства на территории двух стран для обеспечения потенциальных потребностей энергосистем в электрической энергии с учетом реализации приоритетных энергетических проектов;
- осуществление совместных проектов реконструкции, модернизации и строительства объектов электроэнергетики (в том числе проектов в области создания высокоманевренных регулировочных мощностей и возобновляемых источников энергии);

---

«Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности на территории Республики Бурятия», Государственная программа Забайкальского края «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в Забайкальском крае (2014–2020 годы)» (утверждена постановлением Правительства Забайкальского края от 18.02.2014 № 78) и др.

<sup>16</sup> См.: Распоряжение Правительства РФ от 24.04.2018 г. № 753-р «О подписании Соглашения между Правительством Российской Федерации и Правительством Монголии о сотрудничестве в области электроэнергетики». – URL: <http://government.ru/docs/all/116341/>.

- реализацию совместных проектов в области электрогенерации, экспорта, импорта электрической энергии, развития электросетевого хозяйства Монголии;
- оценку целесообразности создания единого рынка электрической энергии и мощности на территории РФ и Монголии, в том числе в рамках интеграции энергетических рынков Северо-Восточной Азии.

Усиление энергетических связей России и Монголии на перспективу до 2035 г. возможно в нескольких наиболее вероятных направлениях:

- участие российских компаний в строительстве и техническом перевооружении энергогенерирующих мощностей Монголии;
- увеличение экспорта российской электроэнергии (из Байкальского региона), для чего необходимо строительство новых линий электропередач в Монголии;
- сотрудничество в рамках создания межгосударственного электроэнергетического объединения (Восточно-азиатского энергокольца), включающего Россию, Монголию, Китай и Южную Корею, с целью оптимизации режимов производства и потребления электроэнергии в странах – участниках проекта (формирование общего рынка электроэнергии и мощности). Реализация проекта возможна в период 2025–2030 гг.;
- газификация потребителей Байкальского региона и Монголии в случае поставки российского природного газа в Китай через территорию Монголии (строительство экспортного газопровода ожидается в период 2030–2035 гг.);
- участие в разработке Тавантолгойского месторождения коксующихся углей.

Прогноз развития ТЭК Байкальского региона выполнен с учетом возможности реализации вышеперечисленных проектов в Монголии и усиления энергетической кооперации с Китаем.

## ПРОГНОЗ РОСТА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

Для прогноза энергоёмкости ВРП Байкальского региона разработано уравнение множественной регрессии. Корреляционно-регрессионный анализ выполнен для периода 2000–2018 гг.

В качестве переменных для составления уравнения множественной регрессии энергоёмкости ВРП Байкальского региона приняты значения валового потребления ТЭР и объем ВРП. В результате нескольких итераций с целью получения адекватных критериев составлено уравнение множественной регрессии для энергоёмкости ВРП региона:

$$Y_1 = 70,304 + 6,820 \cdot X_1 - 0,560 \cdot X_2, \quad (1)$$

где  $Y_1$  – энергоёмкость ВРП;  $X_1$  – валовое потребление ТЭР;  $X_2$  – объем ВРП.

Проверка адекватности, выполненная с использованием таких критериев, как стандартная ошибка,  $F$ -критерий Фишера,  $t$ -критерий (критерий Стьюдента), показывает, что уравнение (1) является статистически значимым и достаточно точно описывает связь величины энергоёмкости ВРП Байкальского региона с переменными ( $X_1$  и  $X_2$ ) (табл. 3).

Коэффициент множественной корреляции уравнения (1) показывает наличие сильной статистической связи между переменными и энергоёмкостью ВРП. Вариация энергоёмкости на 98% объясняется действием двух факторных переменных и на 2% – действием других, неучтенных факторов.

Таблица 3

**Анализ уравнения энергоёмкости валового регионального продукта**

$R$	$R^2$	Стандартная ошибка	$F$ -критерий	$t$ -критерий Стьюдента	
				$X_1$	$X_2$
0,990	0,980	4,169	388,357	7,166	25,432

*Источник:* расчеты авторов.

Для прогноза валового потребления ТЭР разработано уравнение множественной регрессии, в котором в качестве переменных используются расходные статьи топливно-энергетического баланса (конечное потребление топлива, конечное потребление электроэнергии, конечное потребление тепловой энергии):

$$X_1 = 25,623 + 5,484 \cdot X_3 + 2,584 \cdot X_4 + 1,936 \cdot X_5, \quad (2)$$

где  $X_3$  – конечное потребление топлива;  $X_4$  – конечное потребление электроэнергии;  $X_5$  – конечное потребление тепловой энергии.

Уравнение (2) является статистически значимым и адекватно описывает связь величины валового потребления ТЭР Байкальского региона с переменными – величинами расходных статей ТЭБ ( $X_3, X_4, X_5$ ) (табл. 4).

Согласно коэффициенту множественной корреляции уравнения (2) существует сильная статистическая связь между величинами расходных статей ТЭБ и валовым потреблением ТЭР. Вариация энергоёмкости на 95,4% объясняется действием трех факторных переменных и на 4,6% – действием других, неучтенных факторов.

Для выполнения прогноза энергоёмкости ВРП Байкальского региона (уравнение (1)) необходимо определить валовое потребление ТЭР с помощью уравнения (2), для чего надо задать перспективные значения расходных статей ТЭБ ( $X_3, X_4, X_5$ ). Прогноз конечного потребления расходных статей ТЭБ ( $X_3, X_4, X_5$ ) в Байкальском регионе выполнен с использованием разработанной авторами системы экономико-математических моделей с учетом планируемых к реализации до 2035 г. крупных инвестиционных проектов, включая проек-

Таблица 4

**Анализ уравнения валового потребления топливно-энергетических ресурсов**

R	R <sup>2</sup>	Стандартная ошибка	F-критерий	t-критерий Стьюдента		
				X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>
0,977	0,954	0,312	104,234	13,895	4,394	7,652

Источник: расчеты авторов.

Таблица 5

**Прогноз энергоемкости ВРП и расходных статей ТЭБ для Байкальского региона**

Год	Энергоемкость ВРП, кг у.т./тыс. руб.	ВРП, млрд руб.	Валовое потребление ТЭР, млн т у.т.	Конечное потребление, млн т у.т.		
				Топливо	Электроэнергия	Тепловая энергия
2018	97,6	321,5	30,7	4,2	7,5	7,1
2020	95,6	344,0	32,2	4,4	7,7	7,2
2025	90,3	385,2	34,6	4,6	8,0	7,3
2030	80,9	443,0	38,0	4,8	8,8	7,4
2035	72,5	531,6	44,0	5,0	10,6	7,6

*Примечание:* энергоемкость ВРП рассчитана в сопоставимых ценах 2000 г.

*Источник:* расчеты авторов.

ты усиления энергетической кооперации Байкальского региона со странами СВА, в первую очередь с Китаем и Монголией (табл. 5).

Согласно гипотезе умеренного развития экономики ежегодные темпы роста ВРП за период 2020–2035 гг. составят 3%, и с учетом этого рассчитаны объемы ВРП Байкальского региона. Подставляя в уравнение (1) прогнозные значения ВРП и полученные с помощью уравнения (2) значения валового потребления ТЭР ( $X_1$ ), определим значения энергоемкости ВРП ( $Y_1$ ) на период до 2035 г. (см. табл. 5).

Статистический анализ показывает, что в общей дисперсии энергоемкости ВРП доля, объясненная валовым потреблением ТЭР, составляет 81,49%, объясненная величиной ВРП – 18,51%. В общей дисперсии валового потребления ТЭР доля, объясненная конечным потреблением топлива, составляет 90,45%, конечным потреблением электроэнергии – 7,95%, конечным потреблением тепла – 1,60%.

Таким образом, наиболее значимые факторы, влияющие на энергоэффективность экономики Байкальского региона, следующие:

- усиление взаимовыгодных энергетических связей со странами СВА (в первую очередь с Китаем и Монголией);



- снижение удельных затрат ТЭР на производство продукции, особенно в наиболее энергоемких видах экономической деятельности (металлургия, лесопереработка, нефтехимия и др.);
- сокращение расхода энергоресурсов в бюджетной сфере, в жилищно-коммунальном хозяйстве и у населения за счет более рационального их потребления;
- снижение удельных расходов ТЭР на производство электрической и тепловой энергии;
- сокращение потерь ТЭР при их добыче, переработке и транспортировке.

Механизмами реализации факторов повышения энергоэффективности экономики Байкальского региона являются

- заключение взаимовыгодных международных энергетических соглашений и контрактов между субъектами РФ, расположенными на территории Байкальского региона, и соседними странами;
- в сфере ТЭК – внедрение энергосберегающих технологий и применение инновационного оборудования в производстве, передаче и распределении ТЭР, более полное использование вторичных энергоресурсов;
- в неэнергетических сферах экономической деятельности – внедрение инновационных технологических процессов, позволяющих рационально снизить объемы потребления продукции ТЭК, а также планомерное проведение ресурсосберегающих мероприятий в соответствии с региональными программами энергосбережения.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Топливо-энергетический комплекс Байкальского региона является фундаментальной основой экономики, обеспечивая ее необходимыми для функционирования и развития энергоресурсами, однако эффективность их использования в настоящее время довольно низкая (по сравнению со среднероссийскими и мировыми показателями).

Рост энергетической кооперации России и стран СВА позволит повысить энергоэффективность экономики региона. Усиление российско-монгольских топливно-энергетических связей будет способствовать сохранению уникальной природы оз. Байкал и оптимизации режимов производства и потребления электроэнергии двух стран, что даст возможность увеличить энергоэффективность их экономик.

Разработанный методический подход к оценке энергоэффективности на основе ТЭБ использован для определения факторов, влияющих на энергоэффективность экономики Байкальского региона. Сформированы отчетные ТЭБ региона, дан системный анализ современного состояния его ТЭК, рассчитаны показатели энергоэффективности, которые сопоставлены с их аналогами для РФ, и по большинству показателей выявлен существующий в регионе значительный потенциал.

Методический подход к оценке энергоэффективности на основе ТЭБ, использованный в исследовании, дал возможность выявить наиболее значимые факторы. С применением статистических методов составлены уравнения множественной регрессии для энергоемкости ВРП и валового потребления ТЭР, позволяющие довольно точно прогнозировать их изменение на перспективу до 2035 г.

К основным факторам, влияющим на энергоэффективность экономики Байкальского региона, относятся: усиление взаимовыгодных энергетических связей со странами Северо-Восточной Азии (в первую очередь с Китаем и Монголией); рациональное использование ТЭР в отраслях экономики и у населения; применение энергосберегающих технологических процессов и оборудования для снижения удельных расходов ТЭР при их производстве, транспортировке и потреблении; сокращение потерь ТЭР и их расхода на собственные нужды предприятий ТЭК. В результате реализации наиболее значимых факторов энергоемкость ВРП Байкальского региона к 2035 г. может снизиться по сравнению с 2018 г. на 35%.

Для практической реализации факторов роста энергоэффективности необходима разработка Стратегии инновационного развития ТЭК Байкальского региона, к чему следует привлечь ведущих специа-

листов в данной области. Этот документ позволит существенно повысить уровень государственного управления в сфере ТЭК региона.

Повышение энергоэффективности обеспечит рост энерго- и топливопотребления в Байкальском регионе при незначительном росте производства ТЭР, что сэкономит материальные, финансовые и трудовые ресурсы и снизит негативное влияние антропогенного фактора на Байкальскую природную территорию.

Таким образом, рост энергоэффективности Байкальского региона является условием его устойчивого социально-экономического развития. Он даст возможность более рационально использовать потенциал ТЭК, производить необходимые для общества ТЭР с меньшими затратами, производить продукцию в отраслях экономики с меньшей энергоемкостью, снизить вредные воздействия от энергообъектов на окружающую среду, что улучшит экологическую обстановку и качество жизни населения региона.

*Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского фонда  
фундаментальных исследований (проект 18-510-94006)*

### Список источников

1. *Башмаков И.А.* Топливо-энергетический баланс как инструмент анализа, прогноза и индикативного планирования развития энергетики // Энергетическая политика. – 2007. – № 2. – С. 16–25.
2. *Бушуев В.В., Троицкий А.А.* Энергоэффективность и экономика России // Энергия: экономика, техника, экология. – 2004. – № 5. – С. 10–19.
3. *Галиева Т.М., Мастепанов А.М.* О методологии разработки топливно-энергетических балансов // Энергетическая политика. – 2003. – № 3. – С. 21–27.
4. *Гашио Е.Г., Репецкая Е.В., Бандурист В.Н.* Формирование региональных программ энергосбережения // Энергетическое хозяйство и энергосбережение. – 2010. – № 8. – С. 54–55.
5. *Кржижановский Г.М., Вейц В.И., Руссаковский Е.А.* Топливо-энергетический баланс // Вестник статистики. – 1932. – № 7. – С. 12–17.
6. *Макаров А.А., Вигдорчик А.Г.* Топливо-энергетический комплекс: Методы исследования оптимальных направлений развития. – М.: Наука, 1979. – 279 с.
7. *Мелентьев Л.А., Стырикович М.А., Штейнгауз Е.О.* Топливо-энергетический баланс СССР. – М.: Госэнергоиздат, 1962. – 208 с.
8. *Методы и модели разработки региональных энергетических программ / Санеев Б.Г., Соколов А.Д., Агафонов Г.В. и др.* – Новосибирск: Наука, 2003. – 136 с.

9. Некрасов А.С., Синяк Ю.В., Янпольский В.А. Построение и анализ энергетического баланса: Вопросы методологии и методики. – М.: Энергоатомиздат, 1974. – 179 с.
10. Пробст А.Е. Единый энергетический баланс и использование энергоресурсов в СССР // Электричество. – 1937. – № 24. – С. 4–10.
11. Санеев Б.Г., Соколов А.Д., Музычук С.Ю., Музычук Р.И. Топливо-энергетические балансы в системе комплексного исследования развития региональных ТЭК // Известия Российской академии наук. Сер.: Энергетика. – 2011. – № 2. – С. 21–35.
12. Филиппов С.П. Требования Энергетической стратегии России в сфере энергоэффективности и их реализация // Газовый бизнес. – 2005. – № 2. – С. 60–64.
13. 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.
14. Chandler M. Natural resources as a constraint on economic growth: Discussion // American Economic Review. – 1973. – Vol. 63 (2). – P. 26–128.
15. Chupratov 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.
16. Haas R. Energy efficiency indicators in the residential sector // Energy Policy. – 1997. – Vol. 25 (7–9). – P. 789–802.
17. Herring H., Sorrel S. Energy Efficiency and Sustainable Consumption: The Rebound Effect. – Hampshire: Palgrave Macmillan, 2009. – 272 p.
18. Hotelling H. The economics of exhaustible resources // Journal of Political Economy. – 1931 – Vol. 39. – P. 137–175.
19. Lakshmanan T.R., Ratick S. Integrated Models for Economic-Energy-Environmental Impact Analysis // Economic-Environmental-Energy Interactions: Modeling and Policy Analysis / Ed. by T.R. Lakshmanan, P. Nijkamp. – Springer Netherlands, 1980. – P. 7–39.
20. Nordhaus W.D. The Efficient Use of Energy Resources. – Yale: Yale University Press, 1979. – 161 p.
21. Patterson M. What is energy efficiency? // Energy Policy. – 1997. – Vol. 24 (5). – P. 377–390.
22. Real Prospects for Energy Efficiency in the United States / Ed. by A.H. Rosenfeld, L.B. Lave; National Academy of Sciences, America's Energy Future Panel on Energy Efficiency Technologies. – Washington: National Academies Press, 2010. – 348 p.
23. Rosenfeld A.H. The art of energy efficiency: Protecting the environment with better technology // Annual Review of Energy and the Environment. – 1999. – Vol. 24. – P. 33–82.

24. *Solow R.M.* The economics of resources and the resources of economics // *American Economic Review.* – 1974. – Vol. 2. – P. 1–14.

### **Информация об авторах**

*Санеев Борис Григорьевич* (Россия, Иркутск) – доктор технических наук, заведующий отделом, руководитель научного направления «Комплексные проблемы энергетики и региональная энергетическая политика». Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (664033, Россия, Иркутск, ул. Лермонтова, 130, e-mail: [saneev@isem.irk.ru](mailto:saneev@isem.irk.ru)).

*Соколов Александр Данилович* (Россия, Иркутск) – доктор технических наук, главный научный сотрудник. Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (664033, Россия, Иркутск, ул. Лермонтова, 130, e-mail: [sokolov@isem.irk.ru](mailto:sokolov@isem.irk.ru)).

*Музычук Светлана Юрьевна* (Россия, Иркутск) – кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник. Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (664033, Россия, Иркутск, ул. Лермонтова, 130, e-mail: [muz@isem.irk.ru](mailto:muz@isem.irk.ru)).

*Музычук Роман Игоревич* (Россия, Иркутск) – ведущий инженер. Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (664033, Россия, Иркутск, ул. Лермонтова, 130, e-mail: [rmuz@isem.irk.ru](mailto:rmuz@isem.irk.ru)).

DOI: 10.15372/REG20200101

*Region: Economics & Sociology, 2020, No. 1 (105), p. 3–27*

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

### **THE EASTERN VECTOR OF RUSSIA'S ENERGY STRATEGY AND ITS IMPACT ON THE ENERGY EFFICIENCY OF THE ECONOMY OF THE BAIKAL REGION**

*The energy efficiency of Russia's economy and its eastern regions lags behind that of developed countries, and its growing is one of the overarching priorities set by the Russian state energy policy. The Baikal region has a special*

*economic status as a world heritage site. The relevance of energy efficiency growing in the region is determined by the energy-intensive industry specialization of the economy and high environmental requirements to preserve the nature of Lake Baikal.*

*The study objective is to forecast the GPR energy intensity dynamics in the Baikal region taking into account the energy cooperation between Russia, China, and Mongolia, as well as to identify the most significant factors affecting the energy efficiency of the region's economy. As a result, we have devised a new methodological approach to energy efficiency assessment based on a combination of economic and mathematical modeling, system analysis, statistical analysis, balance and indicative techniques. The research tool is a data processing system designed to generate regional fuel and energy balances (FEB), which includes the following: a system of models and databases to analyze and forecast alternative scenarios for the fuel and energy complex (FEC) development in regions, with regard to international cooperation; economic and mathematical models of FEB; methods for assessing the energy efficiency of regional economies; statistical methods to determine crucial factors affecting energy efficiency; benchmarking methods to assess development potential.*

*The study identified the most significant factors in increasing the energy efficiency of the economy of the Baikal region, these are: stronger energy cooperation with neighboring countries; the rational use of fuel and energy in the economic sectors and among the population; the use of energy-saving technological processes and equipment to reduce the specific costs of fuel and energy resources (FER) in their production, transportation and consumption; reduced FER losses and consumption for the needs of energy enterprises. Statistical methods have been used to develop equations for multiple regression of the gross regional product energy intensity and gross energy consumption in the Baikal region. The equations make it possible to predict the dynamics of indicators for the future until 2035.*

**Keywords:** external relations; energy efficiency; fuel and energy complex; fuel and energy balance; fuel and energy resources; energy economic analysis

**For citation:** *Saneev, B.G., A.D. Sokolov, S.Yu. Muzychuk & R.I. Muzychuk. (2020). Vliyanie realizatsii vostochnogo vektora energeticheskoy strategii Rossii na energoeffektivnost khozyaystvennogo kompleksa Baykalskogo regiona [The eastern vector of Russia's energy strategy and its impact on the energy efficiency of the economy of the Baikal region]. Region: ekonomika i sotsiologiya [Region: Economics and Sociology], 1 (105), 3–27. DOI: 10.15372/REG20200101.*

*The publication is supported by funding from the Russian Foundation  
for Basic Research (project No. 18-510-94006)*

## References

1. *Bashmakov, I.A. (2007). 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], 2, 16–25.*
2. *Bushuev, V.V. & A.A. Troitskii. (2004). Energoeffektivnost i ekonomika Rossii [Energy efficiency and the economy of Russia]. Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya [Energy: Economics, Technology, Ecology], 5, 10–19.*
3. *Galieva, T.M. & A.M. Mastepanov. (2003). O metodologii razrabotki toplivno-energeticheskikh balansov [On methodology of fuel and energy balance exploitation]. Energeticheskaya politika [Energy Policy], 3, 21–27.*
4. *Gasho, E.G., E.V. Repetskaya & V.N. Bandurist. (2010). Formirovanie regionalnykh programm energosberezheniya [Formation of regional programs of energy saving]. Energeticheskoe khozyaystvo i energosberezhenie [Energy Economy and Energy Saving], 8, 54–55.*
5. *Krzhizhanovskiy, G.M., V.I. Veyts & E.A. Russakovskiy. (1932). Toplivno-energeticheskiy balans [Fuel and energy balance]. Vestnik statistiki [Issues of Statistics], 7, 12–17.*
6. *Makarov, A.A. & A.G. Vigdorichik. (1979). Toplivno-energeticheskiy kompleks. Metody issledovaniya optimalnykh napravleniy razvitiya [Fuel and Energy Complex. Methods to Study Optimal Development Directions]. Moscow, Nauka Publ., 279.*
7. *Melentiev, L.A., M.A. Strykovich & E.O. Steinghaus. (1962). Toplivno-energeticheskiy balans SSSR [Fuel and energy balance of the USSR]. Moscow, Gosenergoizdat Publ., 208.*

8. *Saneev, B.G., A.D. Sokolov, G.V. Agafonov et al.* (2003). *Metody i modeli razrabotki regionalnykh energeticheskikh programm* [Methods and Models of the Development of Regional Energy Programs]. Novosibirsk, Nauka Publ., 136.

9. *Nekrasov, A.S., Yu.V. Sinyak & V.A. Yanpolskiy.* (1974). *Postroenie i analiz energeticheskogo balansa. Voprosy metodologii i metodiki* [Construction and Analysis of Energy Balance. Questions of Methodology and Methods]. Moscow, Energoatomizdat Publ., 179.

10. *Probst, A.E.* (1937). *Edinyy energeticheskiy balans i ispolzovanie energoresursov v SSSR* [Unified Energy Balance and Use of Energy Resources in the USSR]. *Elektrichestvo* [Electricity], 24, 4–10.

11. *Saneev, B.G., A.D. Sokolov, S.Yu. Muzychuk & R.I. Muzychuk.* (2011). *Toplivo-energeticheskie balansy v sisteme kompleksnogo issledovaniya razvitiya regionalnykh TEK* [Fuel and energy balances in the system of complex studies of the development of the regional energy industry]. *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Energetika* [Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Power Engineering], 2, 21–35.

12. *Filippov, S.P.* (2005). *Trebovaniya Energeticheskoy strategii Rossii v sfere energoeffektivnosti i ikh realizatsiya* [Requirements of Russia's Energy Strategy in energy efficiency and their implementation]. *Gazovyy biznes* [Gas Business], 2, 60–64.

13. *Churashev, V.N., N.I. Suslov, V.M. Markova & G.V. Chernova.* (2010). *Toplivo-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]. *Mezhdunarodnyy nauchno-tekhnicheskii kongress «Energetika v globalnom mire»*, 16–18 iyunya 2010 g., g. Krasnoyarsk, Rossiya: sbornik dokladov [International Sciences and Engineering Congress «Energetics in Global World», June 16–18, 2010, Krasnoyarsk, Russia. Conference proceedings]. Krasnoyarsk, Verso Publ., 383–384.

14. *Chandler, M.* (1973). *Natural resources as a constraint on economic growth: Discussion.* *American Economic Review*, 63 (2), 26–128.

15. *Chupjatov, V., A. Makarov & E. Medvedeva.* (2001). *Energy efficiency and savings in the Russia.* *International Journal of Global Energy Issues*, 16 (1–3), 213–225.

16. *Haas, R.* (1997). *Energy efficiency indicators in the residential sector.* *Energy Policy*, 25 (7–9), 789–802.

17. *Herring, H. & S. Sorrel.* (2009). *Energy Efficiency and Sustainable Consumption: The Rebound Effect.* Hampshire, Palgrave Macmillan Publ., 272.

18. *Hotelling, H.* (1931). *The economics of exhaustible resources.* *Journal of Political Economy*, 39, 137–175.

19. *Lakshmanan, T.R.* (Ed.), *S. Ratick & P. Nijkamp* (Ed.). (1980). *Integrated Models for Economic-Energy-Environmental Impact Analysis. Economic-Environmental-Energy Interactions: Modeling and Policy Analysis.* Springer Netherlands, 7–39.



20. *Nordhaus, W.D.* (1979). *The Efficient Use of Energy Resources*. Yale, Yale University Press, 161.
21. *Patterson, M.* (1997). What is energy efficiency? *Energy Policy*, 24 (5), 377–390.
22. *Rosenfeld, A.H. & L.B. Lave* (Eds.). (2010). *Real Prospects for Energy Efficiency in the United States*. National Academies Press. Washington: National Academy of Sciences, America's Energy Future Panel on Energy Efficiency Technologies, 348.
23. *Rosenfeld, A.H.* (1999). The art of energy efficiency: protecting the environment with better technology. *Annual Review of Energy and the Environment*, 24, 33–82.
24. *Solow, R.M.* (1974). The economics of resources and the resources of economics. *American Economic Review*, 2, 1–14.

### Information about the authors

*Saneev, Boris Grigorievich* (Irkutsk, Russia) – Doctor of Sciences (Engineering), Head of Department, Head of the Research Department «Complex Problems of Energy and Regional Energy Policy» at Melentiev Energy Systems Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (130, Lermontov st., Irkutsk, 664033, Russia, e-mail: [saneev@isem.irk.ru](mailto:saneev@isem.irk.ru)).

*Sokolov, Aleksandr Daniilovich* (Irkutsk, Russia) – Doctor of Sciences (Engineering), Chief Researcher at Melentiev Energy Systems Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (130, Lermontov st., Irkutsk, 664033, Russia, e-mail: [sokolov@isem.irk.ru](mailto:sokolov@isem.irk.ru)).

*Muzychuk, Svetlana Yurievna* (Irkutsk, Russia) – Candidate of Sciences (Economics), Leading Researcher at Melentiev Energy Systems Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (130, Lermontov st., Irkutsk, 664033, Russia, e-mail: [muz@isem.irk.ru](mailto:muz@isem.irk.ru)).

*Muzychuk, Roman Igorevich* (Irkutsk, Russia) – Principal Engineer at Melentiev Energy Systems Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (130, Lermontov st., Irkutsk, 664033, Russia, e-mail: [rmuz@isem.irk.ru](mailto:rmuz@isem.irk.ru)).

*Поступила в редколлегию 19.09.2019.*

*После доработки 19.09.2019.*

*Принята к публикации 23.09.2019.*