

КОМПЛЕКСНЫЙ ЭНЕРГОЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА

Светлана Юрьевна МУЗЫЧУК^а*, Роман Игоревич МУЗЫЧУК^б

^а кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории ТЭК Сибири и Дальнего Востока, отдел комплексных и региональных проблем энергетики, Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения РАН, Иркутск, Российская Федерация
muz@isem.irk.ru
ORCID: отсутствует
SPIN-код: 6372-9145

^б ведущий инженер лаборатории ТЭК Сибири и Дальнего Востока, отдел комплексных и региональных проблем энергетики, Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения РАН, Иркутск, Российская Федерация
rmuz@isem.irk.ru
ORCID: отсутствует
SPIN-код: отсутствует

* Ответственный автор

История статьи:

Получена 05.10.2017
Получена в доработанном
виде 01.11.2017
Одобрена 15.11.2017
Доступна онлайн 29.01.2018

УДК 332 (571.53)
JEL: Q43, R13, R15

Ключевые слова:

методический подход,
Иркутская область,
энергоэффективность,
энергоресурсы, топливно-
энергетический баланс

Аннотация

Предмет. Комплексный энергоэкономический анализ на основе топливно-энергетического баланса позволяет выявить резервы роста энергоэффективности. Для высокотехнологичной экономики Иркутской области это особенно актуально вследствие ее климатических особенностей, отраслевой специализации и имеющегося технологического отставания от большинства центральных и западных регионов страны. Более полное использование топливно-энергетических ресурсов позволит без значительного роста их производства обеспечить необходимые темпы социально-экономического развития и уменьшить нагрузку на окружающую среду. Снижение энергоемкости повысит конкурентоспособность экономики области.

Цели. На основе комплексного энергоэкономического анализа топливно-энергетического баланса Иркутской области определить наиболее значимые факторы, влияющие на энергоэффективность экономики.

Методология. Применялся авторский методический подход, основанный на экономико-математическом моделировании, системном анализе, корреляционно-регрессионном анализе, балансовых методах. Использован программно-вычислительный комплекс «ТЭБ Сибири и Дальнего Востока».

Результаты. Сформированы агрегированные отчетные балансы, определены основные показатели энергоэффективности экономики Иркутской области. Комплексный анализ позволил выявить наиболее значимые факторы, влияющие на энергоэффективность, и количественно их оценить. Энергосбережение и рост энергоэффективности может дать значительный экономический эффект, научно обосновав который, органы региональной власти, предприятия и компании Иркутской области смогут принимать более обоснованные управленческие решения.

Выводы. Повышение энергоэффективности является одним из важнейших приоритетов социально-экономического развития Иркутской области. Разработанный методический подход позволяет определить наиболее значимые факторы, влияющие на энергоэффективность экономики области, и предложить мероприятия, позволяющие наиболее полно использовать энергоресурсы. Реализация этих мероприятий позволит значительно улучшить показатели энергоэффективности экономики области.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2017

Для цитирования: Муzychuk C.Yu., Muzychuk R.I. Комплексный энергоэкономический анализ Иркутской области на основе топливно-энергетического баланса // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2018. – Т. 17, № 1. – С. 66 – 81.
<https://doi.org/10.24891/ea.17.1.66>

Введение

Топливо-энергетический комплекс (ТЭК) относится к важнейшим межотраслевым комплексам России. В его состав входят предприятия электро- и теплоэнергетики, нефтяной, газовой, угольной промышленности, от бесперебойного функционирования которых зависит надежность энерго- и топливоснабжения потребителей, обеспечивается энергетическая безопасность экономики и населения. Российский ТЭК формирует около 30% валового внутреннего продукта страны, 50% доходов бюджета и почти 70% экспортного потенциала России¹.

Иркутская область в силу ряда причин (холодный климат, отраслевая специализация) относится к высокоэнергоёмким регионам страны с повышенными расходами топливно-энергетических ресурсов (ТЭР). Это приводит к росту производственных затрат, увеличению потерь энергоресурсов, снижению конкурентоспособности экономики области.

В ТЭК области производятся и потребляются большие объёмы ТЭР, что значительно влияет на экологию. Доля вредного воздействия ТЭК региона на окружающую среду очень высока (на отдельные элементы среды – до 50–60%). В крупных промышленных городах Иркутской области экологическая проблема стоит очень остро, что приводит к росту заболеваемости и ухудшению качества жизни населения. Из шести российских городов с наибольшим уровнем загрязнения атмосферы два города (Братск и Зима) находятся в Иркутской области и больше половины населения живет в городах с высоким и очень высоким уровнем загрязнения².

Одним из основных средств повышения конкурентоспособности и экологической безопасности Иркутской области является увеличение энергоэффективности, которое позволит обеспечить необходимый рост

энергопотребления при тех же объемах производства ТЭР или при их незначительном росте. Это сэкономит значительные объёмы материальных, финансовых и трудовых ресурсов, позволит снизить загрязнение окружающей среды, улучшив качество жизни населения.

Рост энергоэффективности является приоритетом государственной энергетической политики. Целями 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 среду³.

Для определения ключевых показателей энергоэффективности разрабатываются топливно-энергетические балансы (ТЭБ), отражающие движение ТЭР от их производства до конечного потребления⁴. 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 размеры потерь энергоресурсов, оценить потенциал энергосбережения, наметить первоочередные мероприятия, позволяющие повысить энергоэффективность.

Разработка рациональных прогнозных ТЭБ страны и регионов, позволяющих более эффективно использовать энергоресурсы, является одним из действенных механизмов реализации государственной энергетической политики. Эта информация, необходима для исполнительных органов власти, поскольку предоставляет возможность оптимизировать государственное регулирование в сфере ТЭК и

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

² Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году». М.: Минприроды России; НИА-Природа, 2016. 639 с.

³ Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики»: постановление Правительства РФ от 15.04.2014 № 321.

⁴ Об утверждении Порядка составления топливно-энергетических балансов субъектов Российской Федерации, муниципальных образований: приказ Министерства энергетики РФ от 14.12.2011 № 600.

принимать наиболее обоснованные управленческие решения.

Методология исследования

Начало исследованию проблем энергосбережения и энергоэффективности на основе ТЭБ в России было положено еще в советское время, в 1920–1930-х гг. Г.М. Кржижановским, В.И. Вейцем, Е.А. Руссаковским [1], А.Е. Пробстом [2]. В 1950–1960-х гг. исследования были продолжены Л.А. Мелентьевым, М.А. Стыриковым, Е.О. Штейнгаузом [3], в 1970–1980-х гг. – А.С. Некрасовым, В.А. Янпольским, Ю.В. Синяком [4], А.А. Макаровым, А.Г. Вигдорчиком [5]. В последующие годы исследования в этой предметной области в новых условиях хозяйствования развиты И.А. Башмаковым [6], В.В. Бушуевым [7], Е.Г. Гашо [8], В.Н. Чурашевым [9], В.В. Чупятовым [10], С.П. Филипповым [11] и другими видными российскими учеными-энергетиками.

Помимо изучения отечественных источников авторы обращались и к публикациям зарубежных авторов, сферой интересов которых являются вопросы оптимального использования энергоресурсов и анализ энергоэффективности. Это А. Розенфельд [12, 13], М.Г. Паттерсон [14], Р. Хаас [15], Х. Хотеллинг [16], Р.М. Солоу [17], В.Д. Нордхаус [18], Ч. Морзе [19], Т.Р. Лакшманан, С. Ратик [20], Г. Херринг, С. Соррель [21] и др.⁵

Развивая исследования в этой области российских и зарубежных ученых, мы разработали свой методический подход и

программно-вычислительный комплекс (ПВК) для формирования отчетных и прогнозных ТЭБ регионов Сибири и Дальнего Востока (ПВК «ТЭБ Сибири и Дальнего Востока») [22, 23]. В авторской методологии большое внимание уделяется анализу современного состояния ТЭК регионов, который позволяет повысить качество прогнозов и формировать перспективные рациональные балансы.

Методический аппарат исследований включает:

- методические подходы, системы моделей и базы данных для системного анализа и прогнозирования альтернативных сценариев развития ТЭК Сибири и Дальнего Востока (с детализацией до уровня субъектов Федерации на этих территориях), с учетом межрегиональных поставок и международного сотрудничества;
- экономико-математические модели для формирования отчетных и перспективных балансов котельно-печного топлива и ТЭБ;
- методы и модели оценки энергоэффективности экономики регионов на основе ТЭБ;
- методы корреляционно-регрессионного анализа для исследования факторов, влияющих на энергоэффективность региона.

Программно-вычислительный комплекс «ТЭБ Сибири и Дальнего Востока» объединяет модели балансов котельно-печного топлива и сводных ТЭБ, формируемых на основе однопродуктовых балансов ТЭР. Входящими данными для ПВК является информация, поступающая из моделей более высокого иерархического уровня (развития ТЭК России, внешних связей и социально-экономического развития региона, производственно-финансовых моделей отраслей ТЭК).

На основе ТЭБ выполняется энергоэкономический анализ региона: оценивается эффективность использования энергоресурсов на стадии производства, преобразования и конечного потребления (не энергетического), даются стоимостные оценки ТЭБ, выявляются различные

⁵ Kumar S. Scaling up Energy Efficiency in India.

URL: www.iea.org/media/workshops/2015/cop21/energyefficientprosperity/S1India.pdf; Forsström J., Lahti P. et al. Measuring energy efficiency. URL: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2011/T2581.pdf>; Labanca N., Bertoldi P. Energy Savings Calculation Methods under Article 7 of the Energy Efficiency Directive. URL: <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC99698/report%20on%20eed%20art%207%20-%20publishable.pdf>; Lapillonne B. Energy efficiency indicators in industry. URL: https://energypedia.info/images/3/3d/Energy_Efficiency_Indicators_in_industry.pdf; Good Practice in Energy Efficiency. URL: <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/publication/version2-web.pdf>; Energy Efficiency – the First Fuel for the EU Economy. URL: <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/Final%20Report%20EEFIG%20v%209.1%2024022015%20clean%20FINAL%20sent.pdf>

структурные и ценовые диспропорции в развитии ТЭК региона, которые влияют на энергоэффективность экономики.

Основным показателем энергоэффективности является энергоемкость ВРП, которая определяется отношением суммарного объема первичных ТЭР, потребленных во всех сферах экономики (валовое потребление), к объему ВРП. К частным показателям энергоэффективности относятся коэффициенты полезного использования топливно-энергетических ресурсов $KПИ_{ТЭР}$ в хозяйственном комплексе и на энергетических объектах, удельные расходы ТЭР, потери энергоресурсов при их производстве, транспортировке и потреблении. Анализ этих показателей, рассчитанных за определенный период времени, позволяет выявить тенденции энергоэффективности отдельных энергетических объектов и экономики региона в целом, а также определить возможные резервы энергосбережения.

Дополнительно к определению показателей энергоэффективности проводится стоимостная оценка ТЭБ. Определяется стоимость добычи (производства) энергоресурсов, их поставок за пределы региона, производства электро-, теплоэнергии и конечного потребления ТЭР, определяются полные затраты в энергоснабжение потребителей.

На основе корреляционно-регрессионного анализа составляются уравнения множественной регрессии энергоемкости ВРП, выявляются наиболее значимые факторы, влияющие на энергоэффективность региона, дается ряд рекомендаций по ее повышению.

Анализ энергоэффективности Иркутской области на основе ТЭБ

Производство первичных ТЭР в области за 1995–2015 гг. увеличилось в 2,2 раза (табл. 1). Основную долю в прирост внесла добыча нефти, чему способствовала реализация проекта нефтепроводной системы «Восточная Сибирь – Тихий океан» («ВСТО»), создавшая необходимую инфраструктуру для

транспортировки нефтяного сырья на внешние энергетические рынки.

Ввоз энергоресурсов в область за исследуемый период снизился на 30% в основном за счет поставок нефти из Западной Сибири на Ангарский нефтеперерабатывающий завод, где за это время объемы производства нефтепродуктов снизились с 16,9 млн до 9,3 млн т.

Значительные объемы продукции ТЭК поставляются за пределы Иркутской области. По нефтепроводу «ВСТО» вывозится добываемая нефть (до 10–13 млн т), в другие регионы и на экспорт поставляется до 7–8 млн т производимых в области нефтепродуктов и до 1 млн т угля. Поставки ТЭР из Иркутской области за 1995–2015 гг. увеличились в 1,6 раза. Среднегодовые темпы роста их составили 103%.

Спад промышленного производства и сокращение потребности в энергоносителях (электрической и тепловой энергии) привели к снижению их выработки в 2015 г. на 30% по сравнению с 1995 г., расход топлива на их производство снизился на 24%.

Суммарные потери ТЭР при их производстве и передаче за 1995–2015 гг. возросли в 1,4 раза (из-за сжигания на факельных установках значительной части добытого вместе с нефтью попутного газа). Суммарное конечное потребление ТЭР (потребление населением и в отраслях экономики за исключением ТЭК) в области снизилось с 1995 по 2015 г. на 4%. В его структуре преобладают энергоносители, их доля снизилась на 4 п.п. – с 70 до 66%, что связано как с промышленным спадом в экономике, так и с процессами энергосбережения в первую очередь у населения и в бюджетной сфере при реализации долгосрочной целевой программы⁶.

Доля топлива в конечном потреблении ТЭР увеличилась до 34% из-за роста потребления

⁶ Долгосрочная целевая программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на территории Иркутской области на 2011–2015 годы и на период до 2020 года» утверждена постановлением правительства Иркутской области от 02.12.2010 № 318-пп.

нефтепродуктов (бензина и дизельного топлива) в основном вследствие повышения обеспеченности населения области автотранспортом.

За 1995–2015 гг. энергоемкость ВРП (в ценах 2015 г.) снизилась на 30% как за счет проведения энергосберегающих мероприятий, так и структурных изменений, направленных на увеличение в объеме ВРП доли неэнергоемких видов экономической деятельности (табл. 2).

Энергоемкость ВРП в Иркутской области в 2015 г. в 1,9 раза превышала средний уровень по РФ. Это обусловлено как объективными причинами, так и технологическим отставанием, которое подтверждается более высокими по сравнению со среднероссийскими удельными расходами ТЭР на производство отдельных видов продукции. В 2015 г. на производство 1 т электростали в Иркутской области израсходовано в 11 раз больше ТЭР, чем в среднем по России, на термообработку металлов – в 4 раза, на производство 1 тыс. кирпичей – в 1,8 раза, что связано, в основном, с устареванием производственных процессов и необходимостью их модернизации. Это свидетельствует об имеющемся в области значительном технологическом потенциале энергосбережения, который необходимо реализовывать в ближайшем будущем.

Показателями, характеризующими энергоэффективность в электро- и теплоэнергетике, являются удельные расходы условного топлива на отпуск электрической и тепловой энергии от ТЭС и котельных. За 2000–2015 гг. тенденция к снижению имеется только для удельных расходов топлива на отпуск электроэнергии, которые снизились на 13,8%. Устойчивой тенденции к снижению других показателей не наблюдалось, что свидетельствует о недостаточной реализации технологических факторов энергосбережения, это подтверждает и отрицательная динамика $KПИ_{ТЭР}$ по сравнению с 1995 г.

Еще одним важным фактором, влияющим на энергоэффективность экономики, является

снижение потерь электрической и тепловой энергии в инженерных сетях. Для электроэнергии в 2015 г. наблюдалась тенденция снижения потерь по сравнению с 1995 г. на 48%, для теплоэнергии – на 41%, чему способствовала реализация программы энергосбережения в Иркутской области (ввиду усиления контроля значительно снизились коммерческие потери).

Полная стоимость потребления ТЭР (в ценах 2015 г.) в экономике Иркутской области к 2015 г. осталась на уровне 1995 г. (за счет снижения расхода на производство энергоносителей) и оценивается в 89 млрд руб.

Расчеты показали, что потенциальный экономический эффект от энергосбережения в Иркутской области за 2017–2030 гг. может достигнуть 310–380 млрд руб. (в ценах 2015 г.), что составляет 22–27 млрд руб. ежегодно (25–30% от полной стоимости потребления ТЭР в Иркутской области в 2015 г.).

В исследовании для определения силы и направления связи между показателями использовался корреляционно-регрессионный анализ. С использованием метода наименьших квадратов за несколько итераций (в целях получения адекватных значений коэффициентов) сформулировано уравнение модели множественной регрессии для энергоемкости ВРП Иркутской области (табл. 3):

$$Y_1 = 43,325 + 1,165 X_1 + 0,839 X_2 + 0,888 X_3 - 0,051 X_4, \quad (1)$$

где Y_1 – энергоемкость ВРП;

X_1 – производство первичных ТЭР;

X_2 – ввоз ТЭР в область;

X_3 – вывоз ТЭР из области;

X_4 – ВРП в ценах 2015 г. (по валовому потреблению первичных ТЭР).

Оценка достоверности и статистической значимости коэффициентов переменных регрессии выполняется с использованием t -критерия Стьюдента и критерия Фишера

(p -значение). Расчетные значения t -критерия переменных Y и $X_1 \div X_4$ сравниваются (по модулю) с табличным (для вероятности 0,95 и степени свободы 20, $t_{\text{табл}} = 1,725$) и при $t_{\text{расч}} > t_{\text{табл}}$ коэффициент является статистически значимым. В случае, когда $p < 0,05$, коэффициент является не нулевым и соответствующая независимая переменная X_i значимо влияет на зависимую переменную Y . Для всех коэффициентов уравнения (1) выполняются эти условия, все объясняющие переменные X_i являются статистически значимыми и их включение в модель является обоснованным.

Коэффициент корреляции уравнения (1) (0,996) показал наличие сильной статистической связи между переменными и энергоемкостью ВРП. Коэффициент детерминации показывает степень точности описания уравнением (1) динамики энергоемкости ВРП, которая на 99,1% объясняется действием четырех факторных переменных X_i и на 0,9% действием других случайных величин, что говорит о высокой точности аппроксимации. Стандартная ошибка (среднее квадратичное отклонение регрессии от исходных данных) уравнения (1) составила 0,622%, что является допустимой величиной (менее 10%). Достоверность полученного уравнения (1) оценивается по уровню значимости критерия Фишера, где $p = 2,9 \cdot 10^{-15} < 0,05$, это означает, что уравнение (1) адекватно описывает связь энергоемкости ВРП Иркутской области и объясняющих переменных.

В общей дисперсии энергоемкости ВРП доля дисперсии, объясненная производством первичных ТЭР, составляет 76,91%, ввозом ТЭР – 22,06%, вывозом ТЭР – 0,96% и динамикой ВРП – 0,07%. В сумме производство первичных ТЭР, их ввоз и вывоз представляют собой величину валового потребления первичных ТЭР в регионе. В расходной части баланса это соответствует сумме конечного потребления энергоносителей, топлива и потерь ТЭР при трансформации. Анализ главных компонент позволил проранжировать эти расходные

статьи баланса по уровню значимости для энергоемкости ВРП Иркутской области:

- 1) конечное потребление энергоносителей (54,32%);
- 2) суммарные потери ТЭР при трансформации (32,84%);
- 3) конечное потребление топлива (12,84%).

С помощью метода наименьших квадратов спрогнозированы предварительные значения энергоемкости ВРП Иркутской области для 2020, 2025 и 2030 гг. Это соответственно 22,5; 20; 17,8 кг условного топлива/тыс. руб. Однако наиболее точный прогноз может быть выполнен при углубленных исследованиях с использованием информации, полученной из моделей более высокого иерархического уровня [22].

Таким образом, проведенное исследование позволило выявить наиболее значимые факторы, влияющие на энергоэффективность экономики Иркутской области:

- снижение удельных затрат ТЭР на производство продукции, особенно в наиболее энергоемких видах экономической деятельности, например, в металлургии, лесопереработке, нефтехимии и др.;
- снижение расхода энергоресурсов в бюджетной сфере, в жилищно-коммунальном хозяйстве и у населения за счет более рационального их потребления;
- сокращение потерь ТЭР при их добыче, переработке, транспортировке;
- снижение удельных расходов ТЭР на производство энергоносителей.

Механизмами реализации технологических факторов повышения энергоэффективности экономики Иркутской области в сфере ТЭК являются:

- вывод из эксплуатации морально и физически устаревшего оборудования с низкими параметрами пара угольных ТЭС, ускорение технического перевооружения и

реконструкции действующих ТЭС на основе экологически чистых технологий;

- ввод эффективных энергогенерирующих мощностей с минимальными затратами топлива на выработку электро-, теплоэнергии (например, мини-ТЭС, тепловых насосов, современных модульных котельных на газе, отходах лесопереработки, древесных пеллетах и др.) для изолированных потребителей;
- внедрение энергосберегающих технологий, инновационного оборудования в производственной деятельности нефтяной, газовой, угольной промышленности, а также в процессы поставки и распределения ТЭР;
- снижение потерь ТЭР в нефтегазовом комплексе: нефтяным компаниям по требованиям российского законодательства необходимо довести утилизацию нефтяного попутного газа до 95%, для этого необходимо либо закачивать его обратно в пласт, либо применять инновационные технологии, например, тепловые установки на топливных элементах (с КПД до 85% при комбинированном производстве электро- и теплоэнергии), тепловые установки на базе двигателей внешнего сгорания, использующие попутный нефтяной газ в качестве топлива;
- снижение тепловых потерь: своевременный контроль и мониторинг технического состояния тепловых сетей, диагностика, анализ, оперативный ремонт, применение новых теплозащитных материалов, композитных труб, более полное использование вторичных тепловых энергоресурсов (в том числе на теплоутилизационных установках, рекуператорах и др.).

Механизмами реализации технологических факторов в неэнергетических сферах экономической деятельности являются:

- внедрение инновационных технологических процессов и энергосберегающего оборудования, позволяющих рационально снизить объемы потребления продукции ТЭК (например, для электрооборудования –

применение конденсаторных установок и частотно регулируемых электроприводов, которые позволяют экономить до 30–50% потребляемой электроэнергии; в сфере ЖКХ – применение «умных систем освещения» – автоматических систем управления освещением и энергоэффективных осветительных устройств);

- планомерное проведение ресурсосберегающих мероприятий в соответствии с областной программой энергосбережения (в существующих зданиях – герметизация и устранение теплопотерь через окна, двери, вентиляционные коммуникации; в строящихся зданиях – утепление стен, установка современных стеклопакетов, энергосберегающей кровли, экономичных систем обогрева и др.).

Реализация этих мероприятий требует значительных капитальных вложений. Для этого используются собственные средства организаций, кредитные ресурсы банков и средства федерального, областного бюджетов и муниципалитетов⁷.

Кроме технологических факторов на энергоэффективность в Иркутской области сильное влияние оказывают и структурные факторы:

- большее вовлечение в ТЭБ природного газа, снижение потребления угля, что позволит обеспечить потребности в энергоресурсах хозяйственного комплекса и населения области с меньшими удельными затратами и значительно улучшить экологическую обстановку;
- развитие нефтехимических производств, создание газоперерабатывающих и газохимических комплексов позволит увеличить глубину переработки углеводородов и производить продукцию с большей добавленной стоимостью, что

⁷ Например, на реализацию долгосрочной целевой программы «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на территории Иркутской области на 2011–2015 годы и на период до 2020 года» (посл. ред. 21.09.2012 № 500-пп) было заложено около 1 940,7 млрд руб. (в ценах 2007 г.), из них 36,2% – внебюджетные средства
URL: <https://gisee.ru/law/programs/47135/>

увеличит объем ВРП, налоговые поступления и создаст новые рабочие места;

- увеличение объема переработки угля для повышения его качественных характеристик и конкурентоспособности (особенно для экспортных поставок), а в перспективе и получение продуктов глубокой переработки;
- рост использования возобновляемых источников энергии и местных видов топлива для потребителей, удаленных от централизованного энергоснабжения, для увеличения надежности их энерго-, топливоснабжения и снижения потерь энергоносителей.

Заключение

В процессе исследований с использованием разработанного методического подхода построены ряды ТЭБ Иркутской области за 1995–2015 гг., на их основе выполнен комплексный энергоэкономический анализ, выявлены основные факторы, оказывающие наибольшее влияние на энергоэффективность экономики.

Анализ отчетных ТЭБ Иркутской области показал:

- производство первичных ТЭР в области может полностью обеспечить собственную потребность и поставки за ее пределы (в том числе и на экспорт), но по объективно сложившимся условиям межрегиональной кооперации сюда завозится нефть и в небольшом количестве уголь, а также осуществляются межрегиональные потоки электроэнергии;
- до 80% электроэнергии производится на гидроэлектростанциях, поэтому существует

большая зависимость экономики от погодных условий и водного режима рек;

- в структуре топливопотребления ТЭС и котельных доля угля достигает 70–75%, который в основном низкокалорийный с вредными примесями, что ухудшает экологическую обстановку в крупных промышленных центрах области и вызывает необходимость принятия дополнительных природоохранных мер, увеличивающих себестоимость производимых энергоносителей.

Основными направлениями снижения экологической нагрузки в Иркутской области являются: газификация котельных и жилого сектора с печным отоплением, внедрение современных и экологичных установок на предприятиях энергетики, оснащение крупных угольных ТЭС и котельных газоочистным оборудованием. Реализация этих направлений будет способствовать и улучшению показателей энергоэффективности экономики региона, которые в силу объективных причин существенно превышают среднероссийские значения.

Задача эффективного использования энергоресурсов решается формированием рационального ТЭБ, путем совершенствования его структуры. Для дальнейшего роста энергоэффективности экономики Иркутской области необходимо более интенсивно внедрять в производство инновационные технологические процессы и энергосберегающее оборудование как в энергетике, так и в хозяйственном комплексе, что позволит снизить удельные затраты на производство и потребление энергоресурсов, сократить потери при добыче, переработке, транспортировке и реализации продукции ТЭК.

Таблица 1**Топливо-энергетический баланс Иркутской области за 1995–2015 гг., млн т условного топлива****Table 1****Energy balance of the Irkutsk oblast for 1995–2015, million tonne of coal equivalent**

Год	Производство первичных ТЭР	Ввоз ТЭР	Вывоз ТЭР	Производство электро-, теплоэнергии
1995	18,3	25,7	-22,2	15,2
1996	18	22,2	-19,6	14,6
1997	14,9	17,2	-12	13
1998	15,6	13,3	-9,5	13,5
1999	16	13,4	-10,3	13,6
2000	16,9	13,2	-11	14
2001	17,1	12,5	-10,8	14,5
2002	16	13,8	-11	13,8
2003	15,4	14,4	-10,2	13,3
2004	15,5	15,4	-11	13,5
2005	16,1	14,1	-10	13,6
2006	15,5	15	-10,2	13,5
2007	15,7	16,3	-10,6	12,8
2008	17,5	16,5	-13,2	13
2009	17,7	16,8	-15	12,7
2010	21,3	18,3	-19,1	14,2
2011	27,6	19,3	-25,5	13,7
2012	35	20	-29,7	13,9
2013	35,4	21,7	-32,5	12,6
2014	36,7	19,3	-32,3	12,6
2015	40,6	18	-35,1	11,7

Продолжение таблицы

Год	Расход ТЭР на производство энергоносителей	Суммарные потери ТЭР при трансформации	Конечное потребление ТЭР		
			Топливо	Электро-, теплоэнергия	Всего
1995	-17,1	-5,2	5	11,6	16,6
1996	-16,5	-5,3	4,1	11,2	15,3
1997	-14,5	-5,1	3,9	11,1	15
1998	-15,4	-4,8	-3,8	-10,8	-14,6
1999	-15,7	-4,6	-3,5	-11	-14,5
2000	-16	-4,5	-3,4	-11,2	-14,6
2001	-16,3	-4,3	-3,2	-11,3	-14,5
2002	-15,9	-4,3	-3,1	-11,4	-14,5
2003	-16,1	-4,8	-3,3	-11,5	-14,8
2004	-15,3	-4,8	-3,5	-11,6	-15,1
2005	-15,6	-4,9	-3,6	-11,7	-15,3
2006	-15,5	-5,1	-4,2	-11	-15,2
2007	-15,7	-6,6	-4,1	-10,7	-14,8
2008	-16,9	-6,9	-3,8	-10,1	-13,9
2009	-15,2	-5,3	-3,7	-10,5	-14,2
2010	-16,6	-5,9	-3,2	-11,4	-14,6
2011	-16,4	-6,1	-3,6	-11,7	-15,3
2012	-17,9	-9,2	-4,2	-11,9	-16,1
2013	-15,7	-8,8	-4,5	-11,3	-15,8
2014	-15	-7,6	-5	-11,1	-16,1
2015	-13,8	-7,4	-5,4	-10,7	-16,1

Примечание. В России за единицу условного топлива принята теплотворная способность 1 кг каменного угля, равная 29,3 Мдж, или 7 000 ккал. Энергоемкость ВРП рассчитана в ценах 2015 г.

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 2**Основные показатели энергоэффективности Иркутской области в 1995–2015 гг.****Table 2****Major indicators of energy efficiency in the Irkutsk oblast in 1995–2015**

Показатель	1995	2000	2005	2010	2015	По РФ в 2015 г.
ВРП (в ценах 2015 г.), млрд руб.	724	462,3	565	776,6	1 013,5	65 166,8
Энергоемкость ВРП, кг условного топлива/тыс. руб.	30,1	41,3	35,7	26,4	23,2	12,2
Удельный расход на отпуск:						
– электроэнергии от ТЭС*, г условного топлива/кВт·ч	267,8	377,3	323,1	327,3	331,6	303,4
– теплоты от ТЭС*, кг условного топлива/Гкал	183,2	152,8	156,9	151,1	153,5	150,8
– теплоты от котельных, кг условного топлива/Гкал	180,7	191,1	181,7	183,7	191,2	168,6
КПИ _{ТЭС} в энергетике	85,3	84,2	87,1	85,5	84,8	68,8
КПИ _{ТЭС} в конечном потреблении	73,5	72,8	73,6	71,2	68,5	75,5
Потери электроэнергии в сетях, млрд кВт·ч	5,6	5,1	4,9	4,4	3,7	98,2
Потери электроэнергии в сетях, % от потребления	10,3	9,8	9,3	8	7	9,3
Потери тепловой энергии в магистральных сетях, млн Гкал	3,8	3,7	3,5	3,5	2,7	96,6
Потери тепловой энергии в магистральных сетях, % от потребления	6,9	6,6	7	7,5	7	7,7

* В 1996 г. произошло изменение методики расчета удельных расходов топлива на ТЭС и котельных.

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 3**Анализ коэффициентов уравнения регрессии****Table 3****Analysis of regression equation coefficients**

Показатель	Коэффициент	Стандартная ошибка, %	t-статистика	p-значение
Y	43,325	2,82	15,653	$5,3 \cdot 10^{-10}$
X ₁	1,165	0,167	6,966	$3,2 \cdot 10^{-6}$
X ₂	0,839	0,17	4,93	$1,5 \cdot 10^{-4}$
X ₃	0,888	0,191	4,648	$2,7 \cdot 10^{-4}$
X ₄	-0,051	0,002	-25,805	$1,8 \cdot 10^{-14}$

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. Кржижановский Г.М., Вейц В.И., Руссаковский Е.А. Топливо-энергетический баланс // Вестник статистики. 1932. № 7. С. 12–17.
2. Пробст А.Е. Единый энергетический баланс и использование энергоресурсов в СССР // Электричество. 1937. № 24. С. 4–10.
3. Мелентьев Л.А., Стырикович М.А., Штейнгауз Е.О. Топливо-энергетический баланс СССР. М.: Госэнергоиздат, 1962. 208 с.
4. Некрасов А.С., Синяк Ю.В., Янпольский В.А. Построение и анализ энергетического баланса. Вопросы методологии и методики. М.: Энергоатомиздат, 1974. 178 с.
5. Макаров А.А., Вигдорчик А.Г. Топливо-энергетический комплекс. Методы исследования оптимальных направлений развития. М.: Наука, 1979. 279 с.
6. Башмаков И.А. Топливо-энергетический баланс как инструмент анализа, прогноза и индикативного планирования развития энергетики // Энергетическая политика. 2007. Вып. 2. С. 16–25.
7. Бушуев В.В., Троицкий А.А. Энергоэффективность и экономика России // Энергия: экономика, техника, экология. 2004. № 5. С. 10–19.
8. Гашио Е.Г., Репецкая Е.В., Бандурист В.Н. Формирование региональных программ энергосбережения // Энергосбережение. 2010. № 8. С. 1–14.
9. 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 // Энергетика в глобальном мире. Красноярск: Версо, 2010. С. 383–384.
10. Chupjatov V., Makarov A., Medvedeva E. Energy Efficiency and Savings in the Russian Federation. *International Journal of Global Energy Issues*, 2001, vol. 16, iss. 1-3, pp. 213–225.
11. Филиппов С.П. Требования Энергетической стратегии России в сфере энергоэффективности и их реализация // Газовый бизнес. 2005. № 2. С. 60–64.
12. Rosenfeld A.H. The Art of Energy Efficiency: Protecting the Environment with Better Technology. *Annual Review of Energy and the Environment*, 1999, vol. 24, pp. 33–82.
13. Rosenfeld A.H. et al. Real Prospects for Energy Efficiency in the United States. The National Academies Press, 2009. 203 p.
14. Patterson M. What is energy efficiency?: Concepts, indicators and methodological issues. *Energy Policy*, 1996, vol. 24, iss. 5, pp. 377–390. URL: [https://doi.org/10.1016/0301-4215\(96\)00017-1](https://doi.org/10.1016/0301-4215(96)00017-1)
15. Haas R. Energy Efficiency Indicators in the Residential Sector: What Do We Know and What Has to Be Ensured? *Energy Policy*, 1997, vol. 25, iss. 7-9, pp. 789–802. URL: [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(97\)00069-4](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(97)00069-4)
16. Hotelling H. The Economics of Exhaustible Resources. *Journal of Political Economy*, 1931, vol. 39, iss. 2, pp. 137–175. URL: <http://dx.doi.org/10.1086/254195>
17. Solow R.M. The Economics of Resources and the Resources of Economics. *The American Economic Review*, 1974, vol. 64, iss. 2, pp. 1–14.
18. Nordhaus W.D. The Efficient Use of Energy Resources. Yale University Press, 1979, 183 p.

19. *Morse C.* Natural Resources as a Constraint on Economic Growth: Discussion. *The American Economic Review*, 1973, vol. 63, iss. 2, pp. 126–128.
20. *Lakshmanan T.R., Ratick S.* Integrated Models for Economic-Energy-Environmental Impact Analysis. In: *Economic-Environmental-Energy Interactions: Modeling and Policy Analysis*. Ed. by T.R. Lakshmanan, P. Nijkamp. Springer Netherlands, 1980, pp. 7–39.
21. *Energy Efficiency and Sustainable Consumption: The Rebound Effect*. Ed. by H. Herring, S. Sorrel. Hampshire, Palgrave Macmillan, 2009, 272 p.
22. Санеев Б.Г., Соколов А.Д., Муzychuk С.Ю., Муzychuk Р.И. Топливо-энергетические балансы в системе комплексного исследования развития региональных ТЭК // *Известия Российской академии наук. Энергетика*. 2011. № 2. С. 21–35.
23. Соколов А.Д., Муzychuk С.Ю., Муzychuk Р.И. Топливо-энергетические балансы Иркутской области в натуральном и стоимостном выражении: методы разработки и основные результаты исследований // *Известия Иркутской государственной экономической академии*. 2013. № 1. С. 124–129.

Информация о конфликте интересов

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

INTEGRATED ENERGY-AND-ECONOMIC ANALYSIS OF THE IRKUTSK OBLAST BASED ON THE ENERGY BALANCE

Svetlana Yu. MUZYCHUK^{a,*}, Roman I. MUZYCHUK^b

^a Melentiev Energy Systems Institute of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,
Irkutsk, Russian Federation
muz@isem.irk.ru
ORCID: not available

^b Melentiev Energy Systems Institute of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,
Irkutsk, Russian Federation
rmuz@isem.irk.ru
ORCID: not available

* Corresponding author

Article history:

Received 5 October 2017
Received in revised form
1 November 2017
Accepted 15 November 2017
Available online
29 January 2018

JEL classification: Q43, R13,
R15

Keywords: methodological
approach, energy efficiency,
energy resources, energy
balance

Abstract

Importance An integrated energy-and-economic analysis based on the energy balance enables to identify reserves of growth in efficiency. It is particularly relevant for energy intensive economy of the Irkutsk oblast because of its climatic characteristics, industry specialization and technological inferiority as compared to the country's central and western regions.

Objectives The aim of the study is to identify the most significant factors influencing the energy efficiency of the economy on the basis of a comprehensive energy and economic analysis of the energy balance of the Irkutsk oblast.

Methods We apply our own methodological approach that rests on economic and mathematical modeling, systems analysis, correlation-regression analysis, and balance sheet methods.

Results We generated aggregate balance sheets, identified major indicators of energy efficiency of the Irkutsk oblast. The comprehensive analysis revealed determinants of energy efficiency and helped quantify them. Energy conservation and energy efficiency growth can provide a measurable economic effect, which, if it is given scientific credence, can make management decisions of regional authorities and companies of the Irkutsk oblast more informed.

Conclusions The developed methodological approach enables to identify the most important factors impacting the energy efficiency of the area's economy and suggest initiatives to use energy resources to the fullest extent possible. If implemented, the initiatives will improve the energy efficiency of the economy in the oblast.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2017

Please cite this article as: Muzychuk S.Yu., Muzychuk R.I. Integrated Energy-and-Economic Analysis of the Irkutsk Oblast Based on the Energy Balance. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2018, vol. 17, iss. 1, pp. 66–81.
<https://doi.org/10.24891/ea.17.1.66>

References

1. Krzhizhanovskii G.M., Veits V.I., Russakovskii E.A. [Energy balance]. *Vestnik statistiki*, 1932, no. 7, pp. 12–17. (In Russ.)
2. Probst A.E. [Overall energy balance and energy resource usage in the USSR]. *Elektrichestvo = Electricity*, 1937, no. 24, pp. 4–10. (In Russ.)
3. Melent'ev L.A., Styrikovich M.A., Shteingauz E.O. *Toplivno-energeticheskii balans SSSR* [Energy balance of the USSR]. Moscow, Gosenergoizdat Publ., 1962, 208 p.

4. Nekrasov A.S., Sinyak Yu.V., Yanpol'skii V.A. *Postroenie i analiz energeticheskogo balansa. Voprosy metodologii i metodiki* [Building and analyzing the energy balance. Issues related to methodology and techniques]. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1974, 178 p.
5. Makarov A.A., Vigdorchik A.G. *Toplivno-energeticheskii kompleks. Metody issledovaniya optimal'nykh napravlenii razvitiya* [Fuel and energy complex. Methods to study the optimal areas of development]. Moscow, Nauka Publ., 1979, 279 p.
6. Bashmakov I.A. [Fuel and energy balance as a tool to analyze, forecast and prepare indicative plans for energy development]. *Energeticheskaya politika = Energy Policy*, 2007, iss. 2, pp. 16–25. (In Russ.)
7. Bushuev V.V., Troitskii A.A. [Energy efficiency and the Russian economy]. *Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya = Energy: Economics, Technology, Ecology*, 2004, no. 5, pp. 10–19. (In Russ.)
8. Gasho E.G., Repetskaya E.V., Bandurist V.N. [Developing the regional programs for energy saving]. *Energobezopasnost', 2010, no. 8, pp. 1–14. (In Russ.)*
9. Churashev V.N., Suslov N.I., Markova V.M., Chernova G.V. *Toplivno-energeticheskii balans kak instrument analiza i prognoza vzaimodeistvii ekonomiki i energetiki regiona. V kn.: Energetika v global'nom mire* [Fuel and energy balance as a tool for analyzing and forecasting the interaction of the region's economy and energy. In: Energy in the global world]. Krasnoyarsk, Verso Publ., 2010, pp. 383–384.
10. Chupjatov V., Makarov A., Medvedeva E. Energy Efficiency and Savings in the Russian Federation. *International Journal of Global Energy Issues*, 2001, vol. 16, iss. 1–3, pp. 213–225.
11. Filippov S.P. [Requirements of the energy strategy of Russia in the field of energy efficiency and their implementation]. *Gazovyi biznes = Gas Business*, 2005, no. 2, pp. 60–64. (In Russ.)
12. Rosenfeld A.H. The Art of Energy Efficiency: Protecting the Environment with Better Technology. *Annual Review of Energy and the Environment*, 1999, vol. 24, pp. 33–82.
13. Rosenfeld A.H. et al. Real Prospects for Energy Efficiency in the United States. The National Academies Press, 2009, 203 p.
14. Patterson M. What is energy efficiency?: Concepts, indicators and methodological issues. *Energy Policy*, 1996, vol. 24, iss. 5, pp. 377–390. URL: [https://doi.org/10.1016/0301-4215\(96\)00017-1](https://doi.org/10.1016/0301-4215(96)00017-1)
15. Haas R. Energy Efficiency Indicators in the Residential Sector: What Do We Know and What Has to Be Ensured? *Energy Policy*, 1997, vol. 25, iss. 7–9, pp. 789–802. URL: [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(97\)00069-4](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(97)00069-4)
16. Hotelling H. The Economics of Exhaustible Resources. *The Journal of Political Economy*, 1931, vol. 39, iss. 2, pp. 137–175. URL: <http://dx.doi.org/10.1086/254195>
17. Solow R.M. The Economics of Resources and the Resources of Economics. *The American Economic Review*, 1974, vol. 64, iss. 2, pp. 1–14.
18. Nordhaus W.D. The Efficient Use of Energy Resources. Yale University Press, 1979, 183 p.
19. Morse C. Natural Resources as a Constraint on Economic Growth: Discussion. *The American Economic Review*, 1973, vol. 63, iss. 2, pp. 126–128.
20. Lakshmanan T.R., Ratick S. Integrated Models for Economic-Energy-Environmental Impact Analysis. In: *Economic-Environmental-Energy Interactions: Modeling and Policy Analysis*. Ed. by T.R. Lakshmanan, P. Nijkamp. Springer Netherlands, 1980, pp. 7–39.

21. Energy Efficiency and Sustainable Consumption: The Rebound Effect. Ed. by H. Herring, S. Sorrel. Hampshire, Palgrave Macmillan, 2009, 272 p.
22. Saneev B.G., Sokolov A.D., Muzychuk S.Yu., Muzychuk R.I. [Energy balances in the system of integrated research of regional fuel and energy complex development]. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Energetika = Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Power Engineering*, 2011, no. 2, pp. 21–35. (In Russ.)
23. Sokolov A.D., Muzychuk S.Yu., Muzychuk R.I. [Fuel and energy balance of the Irkutsk region in physical and value terms: Development methods and main results of researches]. *Izvestiya Irkutskoi gosudarstvennoi ekonomicheskoi akademii = Izvestiya of Irkutsk State Economics Academy*, 2013, no. 1, pp. 124–129. (In Russ.)

Conflict-of-interest notification

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.