

Л. Д. Гительман^{а)}, В. В. Добродей^{б)}, М. В. Кожевников^{в)}

^{а, б, в)} Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Российская Федерация

^{б)} Институт экономики УрО РАН, Екатеринбург, Российская Федерация

^{а)} <http://orcid.org/0000-0002-5943-7659>

^{б)} <http://orcid.org/0000-0002-7212-0381>

^{в)} <http://orcid.org/0000-0003-4463-5625>, e-mail: m.v.kozhevnikov@urfu.ru

Инструменты устойчивого развития региональной энергетики¹

Актуальность темы исследования определяется необходимостью своевременного учета изменений в структуре топливно-энергетического баланса промышленного региона, в уровне доступности привозных топливно-энергетических ресурсов, что особенно актуально для энергокритичных территорий. Происходящие структурные сдвиги в системах потребления энергии в совокупности с растущей неопределенностью на энергетических рынках предопределяют необходимость разработки инструментария, способствующего повышению устойчивости развития региональной энергетики. С целью совершенствования теоретического и методологического базиса данной проблематики уточнен понятийный аппарат: сформулированы отличия между устойчивым функционированием и устойчивым развитием энергетики, определены факторы его региональной дифференциации и формы проявления энергетического кризиса. Определены недостатки существующих методик прогнозирования спроса на электроэнергию как основы энергетического планирования. Особое внимание уделено факторам качества стратегического планирования в регионе, в частности используемых статистических данных и документов. На основе анализа современной методологии интегрированного планирования ресурсов, авторского опыта разработки прогнозных топливно-энергетического балансов региона, оценки отраслевых показателей энергоэффективности территориальной экономики и спроса на энергию предложена модель прогнозно-аналитического обоснования программ развития региональной энергетики, позволяющая существенно повысить информационную надежность их реализации. В части организационных инструментов поддержки устойчивого развития разработаны схема управления региональной энергетикой и мотивационный механизм привлечения территориальных энергокомпаний к работе по повышению энергоэффективности в секторе потребления, развития конкуренции в региональном контуре и привлечения инвестиций в процессы модернизации основных фондов. Практическая значимость исследования заключается в рекомендациях и инструментах, позволяющих корректировать энергетическую политику региона на основе координации и согласования прогнозных параметров для различных участников процесса энергоснабжения.

Ключевые слова: региональная энергетика, устойчивое функционирование, устойчивое развитие, энергетическая политика, интегрированное планирование ресурсов, эколого-экономическая оценка, ущербность производства энергии, технологическая модернизация, энергоэффективность, прогнозирование, топливно-энергетический баланс

Для цитирования: Гительман Л. Д., Добродей В. В., Кожевников М. В. Инструменты устойчивого развития региональной энергетики // Экономика региона. 2020. Т. 16, вып. 4. С. 1208-1223. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2020-4-14>

¹ © Гительман Л. Д., Добродей В. В., Кожевников М. В. Текст. 2020.

ORIGINAL PAPER

Lazar D. Gitelman ^{a)}, Vladimir V. Dobrodey ^{b)}, Mikhail V. Kozhevnikov ^{c)}^{a, b, c)} Ural Federal University, Ekaterinburg, Russian Federation^{b)} Institute of Economics of the Ural Branch of RAS, Ekaterinburg, Russian Federation^{a)} <http://orcid.org/0000-0002-5943-7659>^{b)} <http://orcid.org/0000-0002-7212-0381>^{c)} <http://orcid.org/0000-0003-4463-5625>, e-mail: m.v.kozhevnikov@urfu.ru

Tools for Sustainable Development of Regional Energy Systems

Nowadays, it is relevant to consider changes in the structure of the fuel and energy balance of industrial regions and the availability of imported fuel and energy resources, especially in the areas that lack energy sources. The ongoing structural shifts in energy consumption systems and the growing uncertainty in energy markets encourage the development of tools for improving the sustainable development of regional energy systems. To refine the theoretical and methodological basis of the study, we defined its conceptual framework, described the differences between sustainable functioning and development of the energy sector and determined the factors of its regional differentiation and manifestations of the energy crisis. Further, we identified the shortcomings of the existing methods for forecasting the demand for electricity. We paid special attention to quality factors of strategic planning in the region, in particular, the used statistics and documents. Based on the analysis of integrated resource planning (IRP) methodology, our experience in forecasting fuel and energy balances, assessment of sectoral indicators of energy efficiency and energy demand in the region, we proposed a model for predictive and analytical justification of regional programmes for energy development. Such a model significantly increases the information reliability of these programmes' implementation. Considering organisational tools to support sustainable development, we developed a regional energy management scheme and a mechanism stimulating local energy companies to improve energy efficiency in the consumption sector, enhance regional competition and attract investments in the renewal of fixed assets. The study has practical significance due to recommendations and tools for adjusting regional energy policy based on the coordination of the predicted parameters for various participants in the energy supply process.

Keywords: regional energy, sustainable functioning, sustainable development, energy policy, integrated resource planning, environmental and economic assessment, damage from energy production, technological modernisation, energy efficiency, forecasting, fuel and energy balance

For citation: Gitelman, L. D., Dobrodey, V. V. & Kozhevnikov, M. V. (2020). Tools for Sustainable Development of Regional Energy Systems. *Ekonomika regiona [Economy of region]*, 16(4), 1208-1223, <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2020-4-14>

Введение

Развитие региональной энергетики определяется новым этапом электрификации [1], вызванным происходящим обновлением производственного аппарата и технологий промышленности, сельского хозяйства, транспорта, ЖКХ, и характеризуется существенной неопределенностью в динамике экономического роста (падения), спросе на энергию, инвестиционных рисках, ценах на энергоносители. Доказано, что в этих условиях ориентация на строительство крупных генерирующих объектов может привести к негативным эффектам, выражающимся в дефиците энергетических мощностей, скачкообразных темпах роста цен на электро- и теплоэнергию, нерациональном потреблении топливно-энергетических ресурсов [2].

Проблема решается при переходе на гибкую модель организации электроэнергетики, сочетающую взаимодополняемые системный и региональный контуры и предполагающую сооружение энергоустановок в максимально широком диапазоне генерирующих мощностей — от сотен киловатт до тысяч мегаватт. Прогрессивное направление региональной

электроэнергетики заключается в определении оптимальных пропорций развитию малой генерации, которая отличается высокой инвестиционной мобильностью, технической и экологической эффективностью. Эти установки могут вводиться практически синхронно с ростом электрических нагрузок на проблемной территории и обеспечивают надежность электроснабжения за счет приближения к потребителям (центрам нагрузок).

Каждый из указанных контуров выполняет свои специфические функции. Так, на системный контур (ТЭС, АЭС, ГЭС большой мощности, магистральные линии электропередачи) возлагаются обеспечение надежной работы единой электроэнергетической системы страны, участие в покрытии максимумов нагрузок энергосистем, а также внешняя торговля электроэнергией.

К функционалу регионального контура, включающего объекты малой энергетики и распределительных электрических сетей, относятся электрификация различных сфер экономики, комбинированное энергоснабжение (теплофикация) территорий, эффективное использование местного энергетического по-

тенциала и энергоресурсов (например, природного газа или возобновляемых источников энергии (ВИЭ)) обеспечение противокризисных (стабилизационных) функций, таких как оперативные вводы энергетических мощностей, поддержание высокой надежности электроснабжения, снижение ценовых рисков для конечных потребителей [2]. В этой связи актуализируется задача обеспечения устойчивого развития региональной энергетики — фактора, во многом определяющего развитие региона в целом.

Теоретический бэкграунд и уточнение понятийного аппарата

Проблема устойчивого развития региональной энергетики, несмотря на многочисленные исследования — одна из наиболее обсуждаемых в научном сообществе [3–5]. В рамках данной проблемы нами предлагается различать понятия «устойчивое функционирование» и «устойчивое развитие» [6].

1. Устойчивое функционирование электроэнергетики. Означает способность отрасли в каждый момент времени обеспечивать потребности народного хозяйства страны или региона в электроэнергии и мощности при необходимом уровне надежности электроснабжения, поддержании качественных показателей электроэнергии (частота, напряжение и др.), минимальном воздействии на окружающую среду, а также ее общественно приемлемой стоимости (как для потребителей, так и для производителей). В режиме устойчивого функционирования предполагаются ограниченный ввод новых мощностей для обеспечения резерва и обновления основного капитала (покрытие выбытия, модернизации), увеличение пропускной способности электрических сетей, совершенствование технологических систем оперативно-диспетчерского управления.

2. Устойчивое развитие электроэнергетики. Предполагает расширение ее масштабов (ввод новых мощностей) для обеспечения экономического роста и повышения уровня электрификации народного хозяйства на основе внедрения прогрессивных электроемких процессов. При этом происходят качественные преобразования отрасли (оптимизация структуры генерации, топливно-энергетического баланса, внедрение экологически чистых установок). Устойчивое развитие электроэнергетики есть условие и следствие экономического роста.

Следует подчеркнуть, что устойчивое развитие невозможно без обеспечения устойчивого функционирования электроэнергетики,

которое можно трактовать как необходимое, но не достаточное условие. Также следует отметить, что устойчивое развитие базируется на эффективном управлении всеми видами рисков, порождаемых неопределенностью внешней среды.

Важнейшими дискуссионными вопросами устойчивого развития энергетики в зарубежных публикациях являются:

— создание эффективного администрирования и управления коммуникациями между властью, энергокомпаниями, потребителями, поставщиками энергоресурсов финансовыми и правовыми институтами (в ЕС эта роль отводится разнообразным комитетам, энергетическим комиссиям, сообществам и координационным центрам¹);

— дизайн интегрированных рынков энергетических, коммунальных услуг и сопутствующих сервисов и, как следствие, повышение роли территориальных сетевых компаний, выполняющих роль интегратора централизованной электрической сети и микросетей, появляющихся в результате применения потребителями технологий распределенной генерации (отдельной задачей становится формирование специальных энергетических комиссий — диспетчеров и «надотраслевых экспертов», определяющих характер инвестиционного процесса и оптимальную структуру системных активов) [7, 8];

— планирование развития энергетической инфраструктуры региона, организация безбарьерного доступа к ней отдаленных территорий, в том числе за счет проектов нового этапа электрификации [9–11];

— непрерывный скрининг новейших энергетических технологий и анализ вариантов их внедрения с позиции управления жизненным циклом энергетических активов²;

— минимизация экологических последствий во всей цепочке энергетического производства: выработка электроэнергии — передача и распределение — сбыт — сервис³.

¹ Dimitrova A., Egenhofer C., Behrens A. A. Roadmap to Enhanced Regional Energy Policy: Cooperation in South East Europe. 2016. URL: http://aei.pitt.edu/74256/1/SR134_Roadmap_SEE.pdf (дата обращения: 14.09.2019).

² Tillet A., Locke J., Mencias J. National Energy Policy Framework “Energy By the People ... For the People”. 2011. URL: <https://www.iea.org/media/pams/belize/EnergyPolicyFramework.pdf> (дата обращения: 14.09.2019).

³ Caribbean Sustainable Energy Roadmap (C-SERMS), Phase 1 Summary and Recommendations for Policymakers. 2013. / Auth K., Konold M., Musolino E., Ochs A. URL: <http://www.worldwatch.org/system/files/nPhase%201%20C-SERMS%20>

Ключевым институциональным инструментом обеспечения устойчивого развития энергетики является региональная энергетическая политика¹, которая представляет собой пакет мер, соответствующих уникальным внутренним условиям той или иной территории и обслуживающей ее энергосистемы. Вопросы региональной энергетической политики в исследованиях зарубежных авторов неразрывно связаны с энергетическими стратегиями [12]. Например, подчеркивается, что реализация стратегии Smart Grid требует разработки специальной инновационной политики, стимулирующей развитие конкуренции на энергетических и энергосервисных рынках, диверсификацию ценообразования для активных потребителей, плотную работу с инвесторами.

В отечественной научной литературе изложен большой опыт исследований и разработки энергетической политики, прежде всего в рамках развиваемого институтами РАН — систем энергетики им. Л.А. Мелентьева (Иркутск) и энергетических исследований (Москва) — научного направления системных исследований в энергетике под руководством акад. Л.А. Мелентьева, акад. А.А. Макарова, чл.-корр. РАН Н.И. Воропая [13, 14]. Так, еще в середине 1970-х гг. прошлого века совместно с Главным вычислительным центром Госплана СССР практиковались расчеты по оптимизации плановых балансов топлива, применялись Методические положения по оптимизации развития топливно-энергетического комплекса [15] и Руководящие указания к использованию замыкающих затрат на топливо и электроэнергию [16, 17].

В новых условиях рыночной экономики потребовалось существенно скорректировать методическую базу системных исследований энергетики [14]. В частности, предложен инструментарий — модельный информационный комплекс SCANNER [18] для разработки обоснований стратегий устойчивого развития ТЭК, использование которого позволило моделировать изменения конъюнктуры рынков по основным видам топлива и энергии и дает ко-

личественную меру относительных отклонений, значений, энергоэкономических характеристик. Естественно, в рыночных отношениях по-другому решена проблема критериев оптимальности принимаемых решений на основе коммерческой эффективности [19–21].

В целом необходимо отметить высокий мировой уровень исследовательской практики российских ученых в рассматриваемой области. Однако, на наш взгляд, в дальнейшем необходимо сосредоточить внимание на программах управления спросом на энергию и более тщательной отработке регламентов участия общественности в обсуждении энергетической политики, определяющей перспективный профиль и пространственное развитие региона. Особенно следует активизировать исследования механизмов управления новым этапом электрификации, связанным с радикальными изменениями требований потребителей к энергоэффективности, экологической безопасности, надежности и устойчивости энергетики.

Таким образом, региональная энергетическая политика создает базис социально-экономического развития территории за счет мер в части повышения надежности энергоснабжения, эффективности расходования энергетических ресурсов, снижения негативного воздействия на окружающую среду в условиях изменяющихся внешних факторов (экономических, политических, социальных, технических, экологических). Инструментами реализации политики на практике являются региональные энергетические программы, в которых определяются конкретные инвестиционные проекты, этапы, сроки их исполнения и механизмы контроля [2].

Систематизация условий формирования энергетической политики в зависимости от энергоэкономических характеристик регионов приведена в таблице 1.

По убеждению авторов, чрезвычайно важное значение имеет антикризисная направленность энергетической политики. Она обеспечивается системой мер по предотвращению локализации негативных явлений в региональной электроэнергетике, выработанных на основе анализа факторов и форм энергетического кризиса. Понятие «энергетический кризис» отражает ситуацию, при которой электроэнергетика не в состоянии удовлетворить спрос на энергию в условиях сложившихся темпов экономического роста, численности населения, структуры энергопотребления, эффективности производства и транспорта.

Summary%20for%20Policymakers%20(1).pdf (дата обращения: 14.09.2019).

¹ Dimitrova A., Egenhofer C., Behrens A. A Roadmap to Enhanced Regional Energy Policy: Cooperation in South East Europe. 2016. URL: http://aei.pitt.edu/74256/1/SR134_Roadmap_SEE.pdf (дата обращения: 14.09.2019); Tools and concepts for Local Energy Planning. URL: https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/easy_tools_and_concepts_for_local_energy_planning_en.pdf (дата обращения: 14.09.2019).

Условия и факторы, определяющие особенности энергетической политики

Таблица 1

Table 1

Conditions and factors influencing energy policy

Базовые условия для формирования политики	Примеры региональных энергоэкономических характеристик
Природно-сырьевые особенности	Обеспеченность ресурсами котельно-печного топлива, потенциал ВИЭ, специфика климата территории
Структура производительных сил	Энергоемкость производства, уровень электрификации региона, структура топливно-энергетического баланса в разрезе типов потребителей, доля промышленности в электропотреблении
Система энергоснабжения	Структура и резервы мощностей в секторах генерации и транспорта, уровень износа основных производственных фондов
Энергопотребляющий комплекс	Обеспеченность потребителей энергоносителями (электро- и теплоэнергия, природный газ), наличие резервов повышения энергоэффективности, уровней электрификации и газификации

Факторы и формы кризисных явлений в региональной энергетике [2]

Таблица 2

Table 2

Factors and various crisis phenomena in regional energy systems [2]

Фактор	Форма кризиса
<i>Эндогенные факторы</i>	
Повышенный износ фондов	воспроизводственный
Отсутствие координации в развитии энергосистемы	дезинтеграционный
Нерациональная структура потребления энергии	структурный
Загрязнение природной среды	экологический
<i>Экзогенные факторы</i>	
Неплатежи	финансовый
Инфляция	инвестиционный
Структурные сдвиги в экономике региона, спад производства в промышленности	финансовый, инвестиционный

Кризис может иметь разные формы проявления и быть вызван как эндогенными (внутренними для отрасли), так и экзогенными (внешними) факторами. Их анализ позволяет разработать комплекс мер, позволяющих предупредить и локализовать негативные яв-

ления (табл. 2). При наличии в комплексе всех приведенных факторов проявляется синергетический эффект, существенно усиливающий общий характер энергетического кризиса.

Методы комплексного подхода к планированию и оптимизации энергетических программ

Метод интегрированного планирования ресурсов (ИПР). В основе метода ИПР лежит комплексный подход к реализации возможностей энергосбережения в сферах производства и конечного потребления энергии, в особенности там, где имеется особо высокий потенциал энергоэффективности. При этом с экономической точки зрения затраты энергокомпаний на проведение энергосберегающих мероприятий замещают существенно больший объем средств, необходимых на новое строительство либо обновление генерирующих мощностей в условиях их избытка. Данная разница в затратах создает основу для баланса интересов основных энергорыночных субъектов.

Анализ практик применения метода ИПР [2, 22–24] показывает, что в выигрыше оказываются все группы стейкхолдеров. Энергокомпании снижают инвестиционные риски при создании капиталоемких генерирующих мощностей. У потребителей растут надежность и качество энергоснабжения, появляются возможности снижения тарифов, доступ к прогрессивным энергоэффективным технологиям. В регионе за счет энергосберегающих мероприятий и ВИЭ повышаются уровень энергетической независимости, гибкость и адаптивность энергосистем, улучшается общее экономическое положение.

В рамках ИПР процесс планирования существенно отличается от традиционного (табл. 3) и включает следующие этапы.

1. Определение целей планирования.
2. Прогнозирование электрических и тепловых нагрузок потребителей.
3. Анализ имеющихся генерирующих мощностей баланса энергии и мощности энергосистемы в пределах горизонта планирования.
4. Оценка ресурсов для развития со стороны спроса на энергию за счет потенциала повышения энергоэффективности в потреблении.
5. Оценка ресурсов для развития со стороны производства за счет потенциала повышения энергоэффективности в генерировании.
6. Анализ экологических последствий по каждому варианту развития энергосистемы.
7. Анализ неопределенностей и рисков.

Таблица 3

Различия между традиционным планированием и методом ИПР

Table 3

Differences between traditional planning and integrated resource planning (IRP)

Отличительная характеристика	Традиционный метод	Метод ИПР
Вид товара	Электрическая и тепловая энергия	Услуги по энергоснабжению
Источники энергоснабжения (ресурсы)	Генерирующие мощности энергокомпаний	Дополнительно: энергосбережение у потребителей; независимые производители энергии в данном регионе
Техническая политика	Преимущественно крупные установки на органическом и ядерном топливе	Широкий спектр энергоустановок и схем энергоснабжения
Учет экологического фактора	Косвенно через соответствующие затраты	Непосредственно через экологические критерии
Влияние общественности	Привлекается к участию в принятии решений ограниченно и несистематически	Активно участвует в обсуждении планов энергокомпаний
Учет неопределенности и риска	Не учитываются или учитываются косвенным путем	Разрабатываются специальные меры по снижению неопределенности и связанного с ней риска
Модели планирования	Оптимизационные (детерминированные)	Имитационные (вероятностные, многовариантные)

8. Выбор плана использования ресурсов¹.

9. Общественная оценка плана развития энергосистемы.

Анализ соответствия действующей в РФ системы энергетического планирования современным подходам. В составе документов стратегического планирования, действующих в РФ², предусмотрена ориентация на современные подходы, используемые на международном уровне.

1. Система энергетических индикаторов отражает прогрессивные тенденции роста доли ВИЭ в общем объеме энергопотребления, ро-

ста доли малой (распределенной) энергетики, позитивной динамики энергоэффективности в отраслевом разрезе и по отдельным секторам экономики региона, снижения антропогенных выбросов [25, 26].

2. Рассматриваются структурные сдвиги в региональном топливно-энергетическом балансе с акцентом на переход к использованию ВИЭ.

3. Анализируются показатели энергосбережения и повышения энергоэффективности, а также энергоемкости валового регионального продукта (ВРП).

4. Обосновывается механизм устойчивого развития топливно-энергетического комплекса региона.

На региональном уровне используются общепринятые современные целевые показатели в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности — энергоемкость ВРП, отношение расходов на приобретение энергетических ресурсов к объему ВРП, показатели, отражающие использование приборов учета потребляемых топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), показатели использования ВИЭ и вторичных энергетических ресурсов.

Таким образом, можно сделать вывод, что в РФ развивается комплексная система отраслевых и региональных стратегических документов, базирующихся на обновляемых концепциях социально-экономического развития, Энергетической стратегии России на период до 2030 г., стратегиях и программах социально-экономического развития территорий,

¹ В США при разработке индикативных планов используются имитационные модели «интегрированного анализа развития энергосистемы региона» (см. Wilson R., Biewald B. Best Practices in Electric Utility Integrated Resource Planning. Examples of State Regulations and Recent Utility Plans. 2013. URL: <http://www.raponline.org/wp-content/uploads/2016/05/rapsynapse-wilsonbiewald-bestpracticesinirp-2013-jun-21.pdf> (дата обращения: 14.09.2019)).

² Основы государственной политики регионального развития Российской Федерации на период до 2025 года. Утв. Указом Президента Российской Федерации от 16 янв. 2017 г. № 13. URL: www.pravo.gov.ru, 16.01.2017, № 0001201701160039; Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации Федеральный закон от 23 нояб. 2009 г. № 261-ФЗ. Принят Государственной Думой 11 нояб. 2009 г.; О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики. Указ Президента РФ от 4 июня 2008 г. № 889; О требованиях к региональным и муниципальным программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Постановление Правительства Российской Федерации от 31 дек. 2009 г. № 1225.

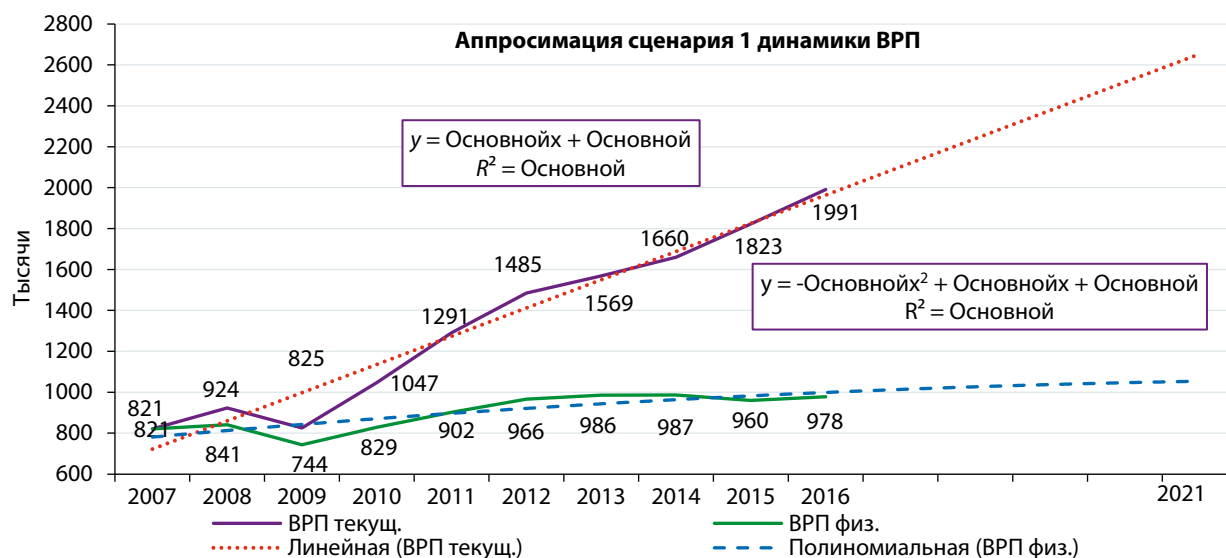


Рис. 1. Сравнение динамики ВРП Свердловской области в текущих (основных) ценах и в сопоставимых ценах 2007 г.
Fig. 1. Comparison of gross regional product (GRP) dynamics of the Sverdlovsk region in current (basic) prices and in comparable prices of 2007

и в целом охватывающая проблемы, цели и задачи развития ТЭК региона.

В ряде исследований [27, 28] отмечаются существенные ограничения расчета многих показателей, которые обусловлены методическими проблемами и недостаточностью статистических данных. В частности, методика Росстата для расчета энергоемкости ВВП/ВРП подвергается критике, так как отсутствуют необходимые разъяснения относительно расчетов по регионам используемых объемов первичной энергии. Полезные сдвиги в этой проблеме — представление показателей энергоемкости ВРП в ценах 2012 г., что уже позволяет их использовать для сопоставления во времени и по регионам.

Регрессионная оценка различия прогнозной динамики ВРП в текущих (по данным Росстата за период 2007–2016 гг.) и в сопоставимых ценах 2007 г. для Свердловской области показана на рисунке 1. Приближенный характер перехода к сопоставимым ценам 2007 г. искажает оценку достижимости целевого снижения энергоемкости ВРП на 40 % за период 2007–2020 гг.¹

Некоторые общие недостатки действующей в РФ системы стратегического планирования снижают эффективность соответствующих программ и мероприятий. Укажем на неоправданный оптимизм в оценках среднесрочной и долгосрочной динамики социально-экономического развития, отсутствие пессимисти-

ческого сценария развития энергетики, недостаточную проработку тенденций экономического развития, угроз и рисков, различия в горизонтах планирования отдельных документов, ограничения доступа к статистическим данным и их низкое качество.

Особенности системы документов стратегического планирования развития энергетики на уровне субъектов РФ, проблематика которых коррелирует с методом и схемой интегрального планирования ресурсов, проиллюстрируем на примере Свердловской области на основе мониторинга двух основных документов: Схема и программа развития электроэнергетики региона (для Свердловской области на 2015–2019 годы и на перспективу до 2024 года)² и программа «Развитие ЖКХ и повышение энергетической эффективности Свердловской области до 2024 года»³.

Основная цель первого документа — подготовка предложений по развитию сетевой инфраструктуры и генерирующих мощностей на среднесрочный и долгосрочный период в соответствии со спросом на электрическую энергию и мощность, привлечение инвестиций, информационное обеспечение для формирова-

² Постановление Правительства Свердловской области от 29 октября 2013 года N 1330-ПП «Об утверждении государственной программы Свердловской области Развитие жилищно-коммунального хозяйства и повышение энергетической эффективности в Свердловской области до 2024 года».

³ Постановление правительства Свердловской области от 21 мая 2014 г. n 438-пп «Об утверждении схемы и программы развития электроэнергетики Свердловской области на 2015 — 2019 годы и на перспективу до 2024 года».

¹ О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики. Указ Президента РФ от 4 июня 2008 г. № 889.

ния политики в сфере электроэнергетики. К сожалению, документ не сфокусирован на оценке суммарного спроса на теплоэнергию.

В анализе проблем, которые имеют место и для большинства других регионов РФ, отмечается «неоправданный» рост числа котельных, в том числе крышных, в зонах действия централизованного теплоснабжения, в связи с чем снижается доля комбинированной выработки тепла от электростанций, ухудшаются их технико-экономические показатели. Это замечание противоречит целям развития распределенной генерации теплоэнергии. Очевидно, что необходима оптимизация схем теплоснабжения на предмет обоснованности централизованной и децентрализованной схем, соответствия протяженности тепловых сетей эффективному радиусу теплоснабжения и минимизации потерь. Констатируется также потеря долгосрочной заинтересованности собственников тепловых сетей в эффективной эксплуатации по причине перехода потребителей на локальные источники теплоснабжения, а также отсутствие мотивационного механизма для развития энергоисточников малой и средней мощности, способных работать на местных энергоресурсах.

Несмотря на то, что Свердловская область является одним из крупнейших производителей и потребителей энергоресурсов в стране, малая энергетика в регионе развита слабо и практически не имеет влияния на ее энергосистему и экономику. Так, за последние 15 лет перечень всех объектов малой энергетики, запущенных в эксплуатацию, составляет менее 1 % от установленной мощности региональной энергосистемы. В числе конкурентных факторов, препятствующих развитию малой энергетики на местном топливе, указываются высокая стоимость добычи и значительные капитальные вложения, а также сравнительно низкая стоимость электроэнергии, отпускаемой из региональной энергосистемы. При этом развитие малой энергетики на основе ВИЭ зависит от наличия соответствующих природно-экономических условий — например, гидрологического потенциала, распределения ветровых потоков по территории.

Тем не менее, в рассматриваемом документе состав основных целей и задач развития энергетики формально включает увеличение доли малой генерации и возобновляемых источников энергии в энергетике региона, определение оптимальных границ развития систем централизованного и децентрализованного энергоснабжения, уточнение целесообразно-

сти использования местных топливно-энергетических ресурсов Свердловской области через комплекс показателей социально-экономической, экологической, энергетической эффективности и энергобезопасности.

В содержании второго документа — «Развитие жилищно-коммунального хозяйства и повышение энергетической эффективности Свердловской области до 2024 года» — также рассмотрены комплекс мероприятий и сроки их реализации в подпрограммах развития ТЭК области, энергосбережения и повышения энергоэффективности. Базовые ориентиры при этом исходят из Стратегии социально-экономического развития Свердловской области на 2016–2030 годы.

В период 2007–2016 гг. осуществлялась разработка среднесрочных прогнозных ТЭБ, согласованных с прогнозом социально-экономического развития¹. Методика такой односторонней координации приведена в работе [29]. В качестве недостатка отметим, что оценки возможного развития распределенных систем энергоснабжения на местных энергоресурсах и ВИЭ не отражены в конкретных мероприятиях. Ставится лишь вопрос о целесообразности технико-экономических обоснований и необходимости разработки критериев их эффективности.

Прогнозно-аналитическое обоснование программ региональной энергетики

Прогноз спроса на электроэнергию и мощность существенно влияет на параметры программы развития электроэнергетики. Он выполнен на основе скорректированного прогноза долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 г., разработанного Министерством экономического развития РФ. Наш анализ показывает следующие основные недостатки прогноза спроса на энергию.

1. Факторный анализ ретроспективной отраслевой динамики потребления и вариантов прогноза отсутствует. Нет ссылки на методiku прогноза, не приведены оценки его надежности.

Для иллюстрации надежности прогнозного суммарного спроса на электроэнергию для Свердловской области в таблице 4 сопоставлены показатели основного сценария Схемы с фактическими данными Росстата

¹ Временной лаг оценки Росстатом показателей ВВП/ВРП и их структуры по видам экономической деятельности составляет два года. Поэтому ТЭБ для 2017 г. для Свердловской области еще не сформирован.

Таблица 4

Различия между прогнозным спросом Схемы и программы развития электроэнергетики региона (для Свердловской области на 2015–2019 годы и на перспективу до 2024 года) на электроэнергию и фактическими данными за период 2013–2018 гг. млн кВт·ч

Table 4

Difference between the forecasted demand for energy by the “Scheme” and the actual data for the period 2013 – 2018, million kWh

Показатель	Значение показателя по годам					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Прогноз	44770	43717	43698	44012	44008	44055
Факт	48504,9	45623,4	45305,6	45916,7	48037,3	48304,2
Ошибка прогноза	–3734,9	–1906,4	–1607,6	–1904	–4029,3	–4249,2
Ошибка %	8,3 %	4,4 %	3,7 %	4,3 %	9,2 %	9,6 %

Таблица 5

Сравнение показателей энергоемкости по данным Росстата и полученных на основе ТЭБ Свердловской области

Table 5

Comparison of energy intensity indicators based on the Federal State Statistics Service data and data on the fuel and energy balance of the Sverdlovsk region

Данные ТЭБ и Росстат по годам		Энергоемкость ВРП области, осн. цены, кг у. т /10 тыс. руб.	Вклад в энергоемкость ВРП РФ осн. цены, кг у. т/10 тыс. руб.	Расход ТЭР, т. у. т.	Энергоемкость ВРП области, цены 2007 г., кг у. т /10 тыс. руб.	Вклад в энергоемкость физ. объема ВРП РФ, кг у. т /10 тыс. руб.
Данные Росстата	2012	263,02	7,8226759	39055546	404,18	12,58
	2013	237,86	6,8965122	37312200	378,56	11,81
	2014	211,53	5,9539770	35109818	355,86	11,00
	2015	194,54	5,4192925	35461683	369,40	11,18
Данные ТЭБ	2012	265,15	7,8860724	39372059	407,45	12,69
	2013	245,87	7,1287309	38568573	391,31	12,21
	2014	211,80	5,9616200	35154888	356,32	11,01
	2015	206,98	5,7656664	37728214	393,01	11,89

(электробаланс) за период 2013–2018 гг. Выявленная недооценка прогнозного спроса на электроэнергию может привести к серьезным проблемам у потребителей.

2. Существенные ошибки прогноза для 2013, 2017 и 2018 гг. показывают, что методику прогнозирования спроса необходимо совершенствовать. На наш взгляд, более эффективными были бы ориентация расчетов на показатели ВРП из регионального прогноза социально-экономического развития, использование данных отраслевой структуры ВРП и показателей электроемкости отдельных видов экономической деятельности за ретроспективный период.

Надежность прогноза энергопотребления существенно зависит от качества статистической информации, ее полноты и доступности. Как уже отмечалось выше, показатели энергоемкости ВВП/ВРП, определяемые Росстатом, использовать для корректировки региональных прогнозов весьма проблематично. В частности, Росстат отмечает, что показатели ВРП в этих документах не включают добавленную стоимость, создаваемую в результате деятель-

ности в области обороны страны, в части услуг государственного управления и других услуг. Кроме того, в региональной статистике не отражены результаты внешнеэкономической деятельности резидентов (из комментариев Росстата следует, что эти показатели оцениваются только на уровне РФ).

Утвержденный порядок разработки ежегодных отчетных ТЭБ для субъектов РФ не вполне соответствует целям комплексного анализа и оценки отраслевой динамики структуры производства и потребления ТЭР, ее изменений в ретроспективе и оценок на среднесрочный период. Поэтому с учетом территориальных особенностей в некоторых регионах формировались свои специализированные ТЭБ, отражающие вклад видов экономической деятельности в физический объем ВРП (в сопоставимых ценах 2007 г.) в потребление первичных ТЭР, в энергосбережение и энергоемкость ВРП. При этой работе обычно осуществлялось взаимодействие с территориальными органами Росстата для доступа к дополнительной информации и устранения противоречий статистических форм и некоторых ошибок.

Полное совпадение получаемых результатов с итоговыми данными Росстата при этом не гарантируется, но полученная информация — сводный топливный баланс по крупным и средним предприятиям, электробаланс и баланс теплотенергии, потребление ТЭР населением — позволяет оценить отраслевую структуру возможного и доступного потенциала роста энергосбережения и энергоэффективности региональной экономики. Анализ результатов применения этой методики для условий Свердловской области отражен в таблице 5.

Различия оценок энергоемкости ВРП на основе ТЭБ и данных Росстата в 2012–2014 гг. не превышают 3,4 %. Большее различие для 2015 г. обусловлено несбалансированностью статформы 4-ТЭР (распределение топлива), но в основном последующим внесением Росстатом изменений в структуру ВРП региона для 2015 и 2016 гг., что влечет необходимость соответствующей корректировки ТЭБ для этого периода¹.

Проблемы разработки прогнозного ТЭБ

Методика разработки прогнозного ТЭБ на основе ретроспективной информации о динамике показателей по видам экономической деятельности с формальных позиций представляется наиболее предпочтительной. Использование продуктовых агрегатов и формирование ТЭБ по данным об энергоемкости отдельных видов продукции, как это было принято, в частности, в Институте энергетических исследований РАН (ИНЭИ РАН), в настоящее время невозможно из-за информационных проблем — несопоставимости структуры продукции для отдельных лет периода, ее нестабильности, отсутствия или недоступности статистических данных. Поэтому начиная с 2007 г. в Государственном бюджетном учреждении Свердловской области «Институт энергосбережения» при методической и аналитической поддержке Института экономики Уральского отделения РАН разрабатывались ТЭБ в структуре видов экономической деятельности [30]. Позже такой подход, не противоречащий утвержденной методике формирования Единого ТЭБ (ЕТЭБ)², получил применение в ИНЭИ РАН. Однако отсутствие некоторых статистических данных по расходу ТЭР приводит к созданию

«прочих» расходов-агрегатов, что может снизить надежность прогноза.

На показатели надежности негативно влияет и необходимость согласования параметров ТЭБ с прогнозом социально-экономического развития региона, причем ориентация на этот документ имеет обязательный характер. Анализ качества этого документа для Свердловской области в 2012–2017 гг. показал, что расхождения между сценарными и фактическими показателями ВРП могут быть весьма существенными — от 7 % до 17 %. Методика предсказания энергопотребления на основе параметров энергоемкости отдельных ВЭД аккумулирует эти ошибки, и получаемые результаты соответствуют правилу «что будет, если».

Формально результаты согласования можно представить следующими обобщенными соотношениями:

$$\sum_i \bar{d}_{rit} \times g_{rit} = Y_{rt}, i \in \overline{1, m}; t \in \{t_1; t_4\}, r \in R, \quad (1)$$

где i — вид экономической деятельности; r — сценарий; t — год сценарного периода; R — совокупность сценариев; \bar{d}_{rit} — скорректированная регрессионная оценка добавленной стоимости в сопоставимых ценах 2007 г.; g_{rit} — регрессионная оценка удельной энергоемкости по видам экономической деятельности; Y_{rt} — прогнозный полный расход первичной энергии.

$$S_{rt} \left\{ \sum_i d_{rit} \right\} = F_{rt}(D_{rt}), i \in \overline{1, m}; t \in \{t_1; t_4\}; r \in R, \quad (2)$$

где D_{rt} — ВРП региона в текущих прогнозных ценах из прогноза социально-экономического развития; F_{rt} — оператор перевода текущих прогнозных цен в цены 2007 г.; S_{rt} — процедура согласования регрессионных оценок с показателями прогноза социально-экономического развития, в результате определяются скорректированные регрессионные оценки \bar{d}_{rit} .

В рассматриваемой ситуации точных методов для оценки надежности результатов не существует. Тем не менее, представляется возможным получить оценки достоверности для отдельных показателей прогноза. Сценарные объемы ВРП из прогноза социально-экономического развития следует сопоставить с результатами аппроксимации динамики ВРП на основе регрессионной модели. Из данных таблицы 6 следует, что уравнение регрессии с высокой точностью отражает реальную динамику ВРП за исключением периода посткризисного спада 2009–2010 гг.

При этом сценарные показатели ВРП для прогнозного периода 2018–2021 гг. также

¹ Доступа к скорректированным показателям для 2015–2016 гг. авторы пока не получили.

² О порядке и сроках разработки прогноза социально-экономического развития Свердловской области. Постановление Правительства Свердловской области от 11.03.2008 № 171 ПП.

Таблица 6

Составление фактических и прогнозных показателей ВРП с оценками регрессионной модели
(текущие цены, млн руб.)

Table 6

Compilation of the actual and forecasted GRP indicators with the regression model estimates (current prices, million roubles)

Год	Фактические и прогнозные показатели ВРП		Различия, %	Год	Фактические и прогнозные показатели ВРП		Различия, %
	ВРП	тренд			ВРП	тренд	
2007	820 792,5	717 227,7	0,87	2015	1 822 835,0	1 835 370,2	1,01
2008	923 550,8	856 995,5	0,93	2016	1 990 836,7	1 975 138,0	0,99
2009	825 267,4	996 763,3	1,21	2017	2 142 514,3	2 114 905,8	0,99
2010	1 046 600,1	1 136 531,1	1,09	2018	2 266 800,0	2 254 673,6	0,99
2011	1 291 019,1	1 276 298,9	0,99	2019	2 373 700,0	2 394 441,4	1,01
2012	1 484 879,0	1 416 066,7	0,95	2020	2 490 000,0	2 534 209,2	1,02
2013	1 568 655,2	1 555 834,5	0,99	2021	2 622 600,0	2 673 977,0	1,02
2014	1 659 783,9	1 695 602,3	1,02				

близки к оценкам регрессии. Формальные критерии качества регрессионной модели также подтверждают возможность ее применения для оценки достоверности сценарных расчетов. Для оценки показателей энергоемкости g_{rit} по отдельным ВЭД при выборе типа регрессионных уравнений учитывается также и получаемая перспективная динамика энергоемкости. Получаемую прогнозную динамику энергоемкости Y_{it} целесообразно сопоставить с аналогичной оценкой на основе использования ретроспективного временного ряда фактических показателей энергоемкости. При этом регрессионный анализ динамики ВРП в текущих ценах при использовании ретроспективной базы за 2007–2018 гг. позволяет получить высокую степень аппроксимации оценок при использовании линейной модели (рис. 2, табл. 7). Это позволяет получить надежные оценки потребления первичного топлива.

Организационные решения в части устойчивого развития энергетики региона

Исходным условием устойчивого развития региональной электроэнергетики является пересмотр границ объединенной энергосистемы (ОЭС) в сторону сближения с границами крупного экономического района. ОЭС должна быть самобалансирующейся по мощности и нагрузке, а между смежными ОЭС должны быть организованы достаточные по мощности транспортные связи постоянного тока, которые выполняют и функции поставки резервной мощности.

При этом целесообразно выделять в региональной структуре генерирующих мощностей два кластера: 1) крупные электростанции, обслуживающие преимущественно электроем-

ких потребителей, 2) энергообъекты распределенной генерации с неравномерным графиком нагрузки, «прикрепленные» к небольшим малоэлектроемким потребителям, например, в коммунально-бытовой сфере или сельском хозяйстве.

Электростанции 2-го кластера должны предоставлять более низкую стоимость обслуживания для своих потребителей, создавая таким образом условия минимизации параметров электроснабжения по затратам со снижением цен на электроэнергию для всех групп потребителей.

Управление региональной электроэнергетикой целесообразно осуществлять в соответствии со схемой, представленной на рисунке 3. Центральным звеном процесса, принимающим решения по развитию, служит региональный совет, формирующий основы энергетической политики в границах региона. Рабочий орган готовит информацию и разрабатывает конкретные документы по планированию развития электроэнергетики. Ассоциации субъектов рынка призваны отстаивать интересы последних, имея представительство в региональном совете.

Мотивационный механизм региональной электроэнергетики направлен на реализацию таких приоритетов энергетической политики, как привлечение территориальных энергокомпаний к работе по повышению энергоэффективности в потреблении, развитие конкуренции в региональном контуре и привлечение инвестиций в модернизируемую электроэнергетику. К данным приоритетам относятся следующие.

1. Регламентация параметров новых и реконструируемых ТЭЦ: тип установки, единич-

Таблица 7

Показатели качества регрессии

Table 7

Regression quality indicators

Регрессионная статистика						
Множественный <i>R</i>	0,986275977					
<i>R</i> -квадрат	0,972740303					
Нормированный <i>R</i> -квадрат	0,969711447					
Стандартная ошибка	81798,30556					
Наблюдения	11					
Дисперсионный анализ						
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	Значимость <i>F</i>	
Регрессия	1	2,14885E+12	2,14885E+12	321,1577384	2,3852E−08	
Остаток	9	60 218 665 129	6 690 962 792			
Итого	10	2,20907E+12				
	Коэффициенты	Стандартная ошибка	<i>t</i> -статистика	<i>P</i> -Значение	Нижние 95 %	Верхние 95 %
Y-пересечение	−279 796 767	1 569 1934,17	−17,83061055	2,49327E−08	−315 294 388,3	−244 299 145,7
Год	139 767,81	7 799,162421	17,92087438	2,3852E−08	122 124,8789	157 410,7411

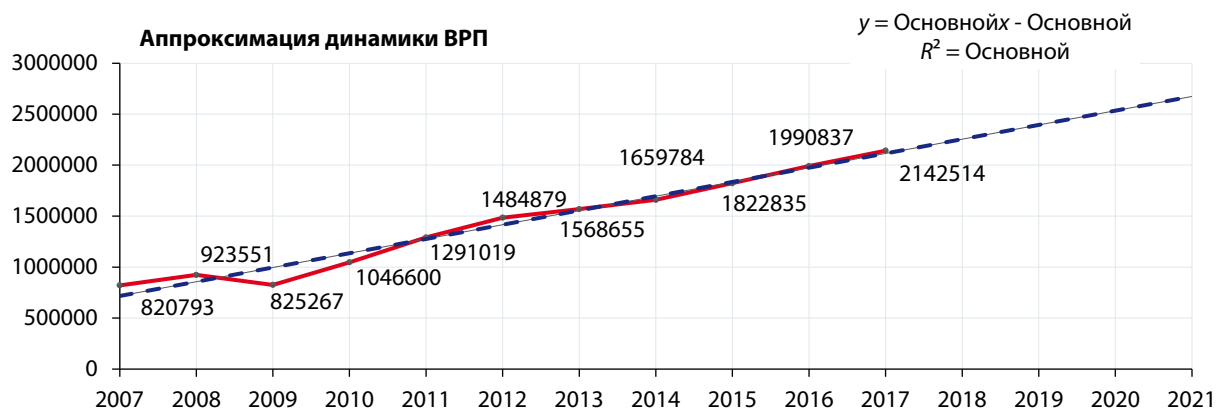


Рис. 2. Аппроксимация динамики ВРП на среднесрочный период
 Fig. 2. Approximation of GRP dynamics for the medium term

ная мощность, вид первичного энергоресурса, коэффициент полезного использования топлива (КПИ), режим работы. Сооружение объектов с показателями, отклоняющимися от установленных параметров, следует запретить с помощью лицензионных процедур.

Особое внимание следует уделять КПИ топлива и удельным капиталовложениям.

2. Использование налоговых льгот для инвестиций в энергетические установки, отвечающие нормативным требованиям и приоритетам технической политики, вплоть до пол-

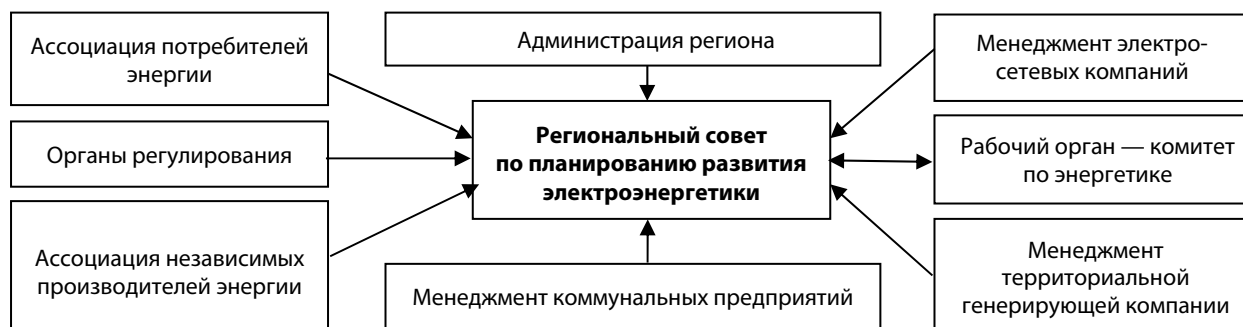


Рис. 3. Организация управления региональной электроэнергетикой
 Fig. 3. Organisation of regional energy management

ной отмены налогов на прибыль и имущество на срок окупаемости капиталовложений.

3. Применение ускоренной амортизации для целей налогообложения на новых прогрессивных установках, списание активной части фондов линейно или ступенчато за короткий срок. Целевое использование повышенных амортизационных отчислений на реконструкцию и техническое перевооружение устаревших районных ТЭЦ.

4. Гарантии реализации продукции и получения приемлемой прибыли на капитал для собственников экологически чистых установок ВИЭ и малых ТЭЦ.

5. Приоритетная возможность приобретения объектов в собственность инвестора, практически осуществившего реконструкцию и перевооружение ТЭЦ в соответствии с заданными техническими требованиями и нормативами. Приватизация и смена собственника на других условиях должны быть исключены.

6. Стимулирование роста энергоэффективности и снижения эксплуатационных издержек ТЭЦ на основе применения норматива необходимой валовой выручки и метода ее распределения, учитывающего эффект комбинированного производства в ценах на электроэнергию и тепло.

7. Специальное стимулирование взаимодействия региональных энергокомпаний и потребителей электроэнергии и тепла в рамках программ управления спросом, в частности на основе метода распределения между ними экономии от внедрения мер по повышению энергоэффективности.

Заключение

Непосредственное участие авторов в разработке методики формирования текущих

и среднесрочных прогнозных ТЭБ и их использовании для оценки спроса на топливно-энергетические ресурсы позволяет сделать некоторые выводы относительно состава и качества документов стратегического планирования на уровне региона и дать соответствующие практические рекомендации. Так, необходимо разработать более четкие механизмы координации документов стратегического планирования энергетики на уровне региона, в том числе схем и программ развития ТЭК, программ развития ЖКХ и энергосбережения, предусмотреть на уровне субъектов РФ разработку методических указаний по оценке среднесрочного прогноза энергопотребления. Актуальны дальнейшие исследования по проблемам управления спросом на энергию и оценки выбросов парниковых газов на основе регионального ТЭБ.

Кроме того, рекомендуется активно совершенствовать энергетическую политику региона, особенно в части включения в нее мер, стимулирующих повышение уровня энергетической независимости, обеспечение взаимовыгодных для энергокомпаний и потребителей тарифов и цен на энергоносители (особое внимание здесь следует уделять таким группам, как население и малый бизнес), рост экологической ответственности со стороны энергетических компаний. Данные цели должны выступать мотивационными ориентирами при разработке инвестиционных программ развития энергетики региона, технологической модернизации предприятий — производителей энергии, а также формировании энергорыночной инфраструктуры, способствующей более активному участию потребителей в вопросах управления нагрузкой, энергосбережения, внедрения прогрессивных энергоэффективных технологий.

Список литературы

1. Гительман Л. Д., Кожевников М. В. Электрификация как драйвер развития «умных городов» // Экономика региона. 2017. Т. 13, вып. 4. С. 1199–1210. doi: 10.17059/2017-4-18.
2. Гительман Л. Д., Ратников Б. Е. Энергетический бизнес. М.: Дело, 2006. 600 с.
3. Малышев Е. А., Каширников А. Н. Механизмы планирования развития электроэнергетической системы региона // Экономика региона. 2015. № 4. С. 214–225. doi: 10.17059/2015-4-17.
4. Genon G., Panepinto D., Viggiano F. Sustainability in energy production // International Journal of Energy Production and Management. 2016. № 1(1). P. 16–32. doi: 10.2495/EQ-V1-N1-16-32.
5. Sustainable Development of Regional Power Systems and the Consumption of Electric Energy / Lisin E., Shuvalova D., Volkova I., Strielkowski W. // Sustainability. 2018. № 10(4). 1111. doi: 10.3390/su10041111.
6. Gitelman L. D. Management education for a sustainable electric power industry in the 21st century // WIT Transactions on Ecology and the Environment. 2014. Vol. 190. P. 1197–1203. doi: 10.2495/EQ141112.
7. Stafforda B. A., Wilson E. J. Winds of change in energy systems: Policy implementation, technology deployment, and regional transmission organizations // Energy Research & Social Science. 2016. № 21. P. 222–236. doi: 10.1016/j.erss.2016.08.001.
8. Proposal of Smart Storage for Ubiquitous Power Grid / Ota U., Taniguchi H., Nakajima T., Liyanage K. M., Baba J., Yokoyama A. // IEEE Transactions on Power and Energy. 2010. № 11(130). P. 989–994. doi: 10.1541/ieejpes.130.989.

9. Electrification and rural development: issues of scale in distributed generation / Baldwin E., Brass J. N., Carley S., MacLean L. M. // *WIREs Energy and Environment*. 2015. № 4. P. 196–211. doi: 10.1002/wene.129.
10. Developing mutual success factors and their application to swarm electrification: microgrids with 100 % renewable energies in the Global South and Germany / Kirchhoff H., Kebir N., Neumann K., Heller P. W., Strunz K. // *Journal of Cleaner Production*. 2016. № 128. P. 190–200. doi 10.1016/j.jclepro.2016.03.080.
11. Electricity (in)accessibility to the urban poor in developing countries / Singh R., Wang X., Mendoza J. C., Ackom E. K. // *WIREs Energy and Environment*. 2015. № 4. P. 339–353. doi: 10.1002/wene.148.
12. Smart grid and energy storage: Policy recommendations / Zame K. K., Brehm C. A., Nitica A. T., Richard C. L., Schweitzer III G. D. // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. № 82(1). P. 1646–1654. doi: 10.1016/j.rser.2017.07.011.
13. Мелентьев Л. А. Оптимизация развития и управления больших систем энергетики. М.: Высшая школа, 1982. 319 с.
14. Системные исследования в энергетике. Методология и результаты / Под ред. А. А. Макарова и Н. И. Воропая. М.: ИНЭИ РАН, 2018. 309 с.
15. Методические положения оптимизации развития топливно-энергетического комплекса. Утв. Госпланом СССР. М.: Наука, 1975. 88 с.
16. Руководящие указания к использованию замыкающих затрат на топливо и электрическую энергию. Утв. Госпланом СССР. М.: Наука, 1974. 54 с.
17. Методические материалы по определению и использованию приведенных и замыкающих затрат на топливо и энергию. М.: Госплан СССР, ГКНТ АН СССР, 1987. 55 с.
18. Global and Russian Energy Outlook 2019 / ed. A. A. Makarov, T. A. Mitrova, V. A. Kulagin; Moscow: ERI RAS; Moscow School of Management SKOLKOVO, 2019. 210 p.
19. Макаров А. А. Методические рекомендации по разработке энергетической стратегии. Формирование энергетической стратегии России. М.: Папирус ПРО, 2001. 25 с.
20. Методические основы разработки перспектив развития электроэнергетики / А. А. Макаров и др. М.: ИНЭИ, 2007. 102 с.
21. Методические рекомендации по оценке состояния энергетической безопасности Российской Федерации на федеральном уровне / С. М. Сендеров, В. И. Рабчук, Г. Б. Славин, Н. И. Пяткова, М. Б. Чельцов. Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2013. 36 с.
22. Vishnevskiy K., Karasev O., Meissner D. Integrated roadmaps for strategic management and planning // *Technological Forecasting & Social Change*. 2016. № 110. P. 153–166. doi: 10.1016/j.techfore.2015.10.020.
23. Shrestha R. M., Marpaung C. O. P. Integrated resource planning in the power sector and economy-wide changes in environmental emissions // *Energy Policy*. 2006. № 34. P. 3801–3811. doi: 10.1016/j.enpol.2005.08.017.
24. Integrated resource strategic planning in China / Hu Z., Wen Q., Wang J., Tan X., Nezhad H., Shan B., Han X. // *Energy Policy*. 2010. 38. P. 4635–4642. doi: 10.1016/j.enpol.2010.04.019.
25. Энергоэффективность и устойчивое развитие / Бобылев С. Н., Аверченков А. А., Соловьева С. В., Кирюшин П. А. М.: Институт устойчивого развития; Центр экологической политики России, 2010. 148 с.
26. Безруких П., Безруких П. (мл.) Об индикаторах состояния энергетики и эффективности возобновляемой энергетики в условиях экономического кризиса // *Вопросы экономики*. 2014. № 8. С. 92–105.
27. Башмаков И. А., Мышак А. Д. Динамика потребления энергии и энергоемкости ВРП в регионах России. Езда с поднятым капотом. // *Энергосовет*. 2016. № 2. С. 12–20.
28. Пахомова Н. В., Титов В. О. Дискуссионная панель «Эффективность экономики, устойчивое развитие и окружающая среда» в рамках Международного экономического симпозиума — 2015 // *Вестник Санкт-Петербургского университета*. 2015. № 2. С. 143–153. (5. Экономика).
29. Dobrodey V. V., Gitelman L. D., Kozhevnikov M. V. Reaching an Alignment of Programmers of Social and Economic Development of a Region and Its Fuel and Energy Balance Plan // *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*. 2016. Vol. 11. № 4. P. 628–634. doi: 10.2495/DNE-V11-N4-628-634
30. Добродей В. В., Попов В. Ю. Оценка энергоэффективности региональной экономики. Научный доклад / Под ред. д-ра техн. наук М. Б. Петрова. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2011. 69 с.

References

1. Gitelman, L. D. & Kozhevnikov, M. V. (2017). Electrification as a Development Driver for “Smart Cities”. *Ekonomika regiona [Economy of Region]*, 13(4), 1199–1210. DOI: 10.17059/2017-4-18. (In Russ.)
2. Gitelman, L. D. & Ratnikov, B. E. (2006). *Energeticheskiy biznes [Energy Business]*. Moscow: Delo, 600. (In Russ.)
3. Malyshev, E. A. & Kashurnikov, A. N. (2015). Planning Mechanisms for Regional Electric Power Supply System Development. *Ekonomika regiona [Economy of Region]*, 4, 214–225. DOI: 10.17059/2015-4-17. (In Russ.)
4. Genon, G., Panepinto, D. & Viggiano, F. (2016). Sustainability in energy production. *International Journal of Energy Production and Management*, 1(1), 16–32. DOI: 10.2495/EQ-V1-N1-16-32.
5. Lisin, E., Shuvalova, D., Volkova, I. & Strielkowski, W. (2018). Sustainable Development of Regional Power Systems and the Consumption of Electric Energy. *Sustainability*, 10(4), 1111. DOI: 10.3390/su10041111.

6. Gitelman, L. D. (2014). Management education for a sustainable electric power industry in the 21st century. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 190, 1197–1203. DOI: 10.2495/EQ141112.
7. Stafforda, B. A. & Wilson, E. J. (2016). Winds of change in energy systems: Policy implementation, technology deployment, and regional transmission organizations. *Energy Research & Social Science*, 21, 222–236. DOI: 10.1016/j.erss.2016.08.001.
8. Ota, U., Taniguchi, H., Nakajima, T., Liyanage, K. M., Baba, J. & Yokoyama, A. (2010). Proposal of Smart Storage for Ubiquitous Power Grid. *IEEE Transactions on Power and Energy*, 11(130), 989–994. DOI: 10.1541/ieejpes.130.989.
9. Baldwin, E., Brass, J. N., Carley, S. & MacLean, L. M. (2015). Electrification and rural development: issues of scale in distributed generation. *WIREs Energy and Environment*, 4, 196–211. DOI: 10.1002/wene.129.
10. Kirchhoff, H., Kebir, N., Neumann, K., Heller, P. W. & Strunz, K. (2016). Developing mutual success factors and their application to swarm electrification: microgrids with 100 % renewable energies in the Global South and Germany. *Journal of Cleaner Production*, 128, 190–200. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.03.080.
11. Singh, R., Wang, X., Mendoza, J. C. & Ackom, E. K. (2015). Electricity (in)accessibility to the urban poor in developing countries. *WIREs Energy and Environment*, 4, 339–353. DOI: 10.1002/wene.148.
12. Zame, K. K., Brehm, C. A., Nitica, A. T., Richard, C. L. & Schweitzer III, G. D. (2018). Smart grid and energy storage: Policy recommendations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82(1), 1646–1654. DOI: 10.1016/j.rser.2017.07.011.
13. Melentiev, L. A. (1982). *Optimizatsiya razvitiya i upravleniya bolshikh sistem energetiki [Optimization of the development and management of large energy systems]*. Moscow: Higher School, 319. (In Russ.)
14. Makarov, A. A. & Voropay, N. I. (Eds.). (2018). *Sistemnye issledovaniya v energetike: metodologiya i rezultaty [System studies in the energy sector: methodology and results]*. Moscow: INEI RAN, 309. (In Russ.)
15. *Metodicheskie polozheniya optimizatsii razvitiya toplivno-energeticheskogo kompleksa. Utvverzhdno Gosplanom SSSR. [Guidelines for optimizing the development of the fuel and energy complex. Approved by the State Planning Committee of the USSR]*. (1975). Moscow: Science, 88. (In Russ.)
16. *Rukovodyashchie ukazaniya k ispolzovaniyu zamykayushchikh zatrat na toplivo i elektricheskuyu energiyu. Utv. Gosplanom SSSR [Guidelines for the use of marginal costs for fuel and electric energy. Approved by the State Planning Committee of the USSR]*. (1974). Moscow: Science, 54. (In Russ.)
17. *Metodicheskie materialy po opredeleniyu i ispolzovaniyu privedennykh i zamykayushchikh zatrat na toplivo i energiyu [Methodological materials for the determination and use of reduced and marginal costs for fuel and energy]*. (1987). Moscow: State Planning Committee of the USSR, USSR State Committee for Science and Technology, 55. (In Russ.)
18. Makarov, A. A., Mitrova, T. A. & Kulagin, V. A. (Eds.). (2019). *Global and Russian Energy Outlook 2019*. Moscow: ERI RAS; Moscow School of Management SKOLKOVO, 210.
19. Makarov, A. A. (2001). *Metodicheskie rekomendatsii po razrabotke energeticheskoy strategii. Formirovanie energeticheskoy strategii Rossii [Guidelines for developing an energy strategy. Formation of the energy strategy of Russia]*. Moscow: Papirus Pro, 25. (In Russ.)
20. Makarov, A. A., Veselov, F. V., Volkova, E. A. & Makarova, A. S. (2007). *Metodicheskie osnovy razrabotki perspektiv razvitiya elektroenergetiki [Methodical bases for the development of electric power industry]*. Moscow: INEI, 102. (In Russ.)
21. Senderov, S. M., Ryabchuk, V. I., Slavin G. B., Pyatkova N. I. & Cheltsov, M. B. (2013). *Metodicheskie rekomendatsii po otsenke sostoyaniya energeticheskoy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii na federalnom urovne [Guidelines for assessing the state of energy security of the Russian Federation at the federal level]*. Irkutsk: MESI SB RAS, 36. (In Russ.)
22. Vishnevskiy, K., Karasev, O. & Meissner, D. (2016). Integrated roadmaps for strategic management and planning. *Technological Forecasting & Social Change*, 110, 153–166. DOI: 10.1016/j.techfore.2015.10.020.
23. Shrestha, R. M. & Marpaung, C. O. P. (2006). Integrated resource planning in the power sector and economy-wide changes in environmental emissions. *Energy Policy*, 34, 3801–3811. DOI: 10.1016/j.enpol.2005.08.017.
24. Hu, Z., Wen, Q., Wang, J., Tan, X., Nezhad, H., Shan, B. & Han, X. (2010). Integrated resource strategic planning in China. *Energy Policy*, 38, 4635–4642. DOI: 10.1016/j.enpol.2010.04.019.
25. Bobylev, S. N., Averchenkov, A. A., Solovieva, S. V. & Kirushin, P. A. (2010). *Energoeffektivnost i ustoychivoe razvitie [Energy efficiency and sustainable development]*. Moscow: Institute for Sustainable Development/Center for Environmental Policy of Russia, 148. (In Russ.)
26. Bezrukikh, P. & Bezrukikh, P. (Jr.). (2014). On Energy Status indicators and the role of renewable Energy under Economic Crisis. *Voprosy Ekonomiki*, 8, 92–105. (In Russ.)
27. Bashmakov, I. A. & Myshak, A. D. (2016). Dynamics of energy consumption and energy intensity of GRP in the regions of Russia. Riding with a raised hood. *Energiosovet [Energy council]*, 2, 12–20. (In Russ.)
28. Pakhomova, N. V. & Titov, V. O. (2015). Discussion Panel “Economic Performance, Sustainable Development and the Environment” at the International Economic Symposium-2015. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Seriya 5: Ekonomika [St Petersburg University Journal of Economic Studies]*, 2, 143–153. (In Russ.)
29. Dobrodey, V. V., Gitelman, L. D. & Kozhevnikov, M. V. (2016). Reaching an Alignment of Programmes of Social and Economic Development of a Region and Its Fuel and Energy Balance Plan. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 11(4), 628–634. DOI: 10.2495/DNE-V11-N4-628-634.
30. Dobrodey, V. V. & Popov, V. Yu. (2011). *Otsenka energoeffektivnosti regionalnoy ekonomiki. Nauchnyy doklad [Assessment of the energy efficiency of a regional economy: scientific report]*. Ekaterinburg: Institute of Economics UB RAS, 69. (In Russ.)

Информация об авторах

Гительман Лазарь Давидович — доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой систем управления энергетикой и промышленными предприятиями Института экономики и управления, Уральский федеральный университет; <http://orcid.org/0000-0002-5943-7659>; Scopus Author ID: 55806230600; (Российская Федерация, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19, ауд. И-520; e-mail: ldgitelman@gmail.com).

Добродей Владимир Вавилович — кандидат экономических наук, доцент кафедры систем управления энергетикой и промышленными предприятиями Института экономики и управления, Уральский федеральный университет; доцент, Институт экономики УрО РАН; <http://orcid.org/0000-0002-7212-0381>; Scopus Author ID: 56106224900 (Российская Федерация, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19, ауд. И-520; e-mail: dobrodeyv@mail.ru).

Кожевников Михаил Викторович — кандидат экономических наук, доцент кафедры систем управления энергетикой и промышленными предприятиями Института экономики и управления Уральского федерального университета; Scopus Author ID: 55805368400; <http://orcid.org/0000-0003-4463-5625> (Российская Федерация, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19, ауд. И-520; e-mail: m.v.kozhevnikov@urfu.ru, np.fre@mail.ru).

About the Authors

Lazar D. Gitelman — Dr. Sci. (Econ.), Professor, Head of the Academic Department of Economics of Industrial and Energy Systems, Graduate School of Economics and Management, Ural Federal University; <http://orcid.org/0000-0002-5943-7659>; Scopus Author ID: 55806230600 (19, Mira St., Ekaterinburg, 620002, Russian Federation; e-mail: ldgitelman@gmail.com).

Vladimir V. Dobrodey — Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Academic Department of Economics of Industrial and Energy Systems, Graduate School of Economics and Management, Ural Federal University; Associate Professor, Institute of Economics of the Ural Branch of RAS; <http://orcid.org/0000-0002-7212-0381>; Scopus Author ID: 56106224900 (19, Mira St., Ekaterinburg, 620002; 29, Moskovskaya St., Ekaterinburg, 620014, Russian Federation; e-mail: dobrodeyv@mail.ru).

Mikhail V. Kozhevnikov — Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Academic Department of Economics of Industrial and Energy Systems, Graduate School of Economics and Management, Ural Federal University; Scopus Author ID: 55805368400; <http://orcid.org/0000-0003-4463-5625> (19, Mira St., Ekaterinburg, 620002, Russian Federation; e-mail: m.v.kozhevnikov@urfu.ru, np.fre@mail.ru).

Дата поступления рукописи: 19.06.2020.

Прошла рецензирование: 28.08.2020.

Принято решение о публикации: 15.09.2020.

Received: 19 Jul 2020.

Reviewed: 28 Aug 2020.

Accepted: 15 Sep 2020.