

**МАКРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ УГРОЗЫ ДОЛГОВРЕМЕННОГО ДЕФИЦИТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ\*****Ольга Васильевна МАЗУРОВА**

кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела взаимосвязей экономики и энергетики, Институт систем энергетики им. Мелентьева СО РАН, Иркутск, Российская Федерация  
ol.mazurova@yandex.ru

**История статьи:**

Получена 14.04.2017  
Получена в доработанном виде 26.04.2017  
Одобрена 11.05.2017  
Доступна онлайн 28.06.2017

УДК 620.9:338

JEL: Q40, Q43, Q47

<https://doi.org/10.24891/ni.13.6.1093>

**Ключевые слова:** дефицит мощности, перерывы в энергоснабжении, экономические потери, энергетическая безопасность, надежность энергоснабжения

**Аннотация**

**Предмет.** Статья посвящена одной из основных стратегических угроз энергетической безопасности – угрозе возможного дефицита в энергоснабжении страны. В долгосрочной перспективе вероятность угрозы такого дефицита может быть вызвана различными причинами, например, снижением инвестиционных ресурсов, необходимых для развития, модернизации и технического обеспечения нормальной работы энергетики на фоне роста доли изношенного и устаревшего оборудования. Количественная оценка возможного ущерба для экономики от дефицита мощностей в энергетике – важная и еще не решенная в должной мере методическая проблема прогнозных исследований области допустимого развития ТЭК.

**Цели.** Исследование проблемы негативных последствий дефицита энергоресурсов, обусловленных возможным отставанием развития энергетики от потребностей экономики, и оценка возможного макроэкономического эффекта.

**Методология.** В процессе исследования использовались формализованные методы с применением экономико-математических моделей.

**Результаты.** Приводятся результаты расчетов макроэкономического ущерба от дефицита электроэнергии в предполагаемых условиях развития экономики и электроэнергетики страны в 2025–2030 гг. Следует отметить, что такие количественные оценки имеют определенную условность, поскольку зависят прежде всего от заданных сценариев и принимаемых в расчетах условий развития экономики и энергетики. Тем не менее они демонстрируют характер и значимость негативного влияния на экономику страны, а также возможный макроэкономический эффект от долговременного дефицита электроэнергии.

**Выводы.** Масштабы экономического ущерба от нарастающего дефицита электроэнергии могут достигать значительных величин, они приводят к замедлению развития экономики в целом и резкому снижению объемов производства продукции практически во всех отраслях. Макроэкономические последствия от длительного дефицита электроэнергии с увеличением его объемов растут нелинейно. Проведенное исследование подтверждает необходимость использования таких оценок в целях повышения устойчивости и бесперебойности энергоснабжения потребителей в долгосрочной перспективе.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2017

**Введение**

Топливо-энергетический комплекс (ТЭК) России играет ключевую роль в экономике страны, обеспечивая приблизительно 1/4 часть ВВП и почти 1/3 общего объема инвестиций в национальную экономику. В перспективе основным трендом развития энергетической системы России станет количественный и качественный рост электроэнергетики как самого прогрессивного, удобного и универсального энергетического ресурса<sup>1</sup>. Роль электроэнергетики будет возрастать и во многом определять эффективность инновационного

развития экономики и повышения качества жизни населения страны. Этому способствует появление новых направлений электрификации, определяющих более качественное состояние потребительских услуг, технологические инновации в промышленности, жилом секторе и сфере услуг, электрифицированный транспорт<sup>2</sup> [1]. Вследствие этого значительно повышаются требования потребителей к надежности электроснабжения, качеству электроэнергии и электроэнергетических услуг [2, 3]. Электроэнергетика, обеспечивающая энергетическую безопасность страны и ее регионов, характеризуется низким вводом новых электроэнергетических мощностей, не обеспечивающих необходимого масштаба их выбытия, невысокой надежностью

\* Статья подготовлена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, гранты № 16-06-00230-а, № 17-06-00102-а.

<sup>1</sup> Вороний Н.И., Стенников В.А. Энергетическая стратегия России: изменяющийся взгляд на развитие электроэнергетики // Энергетическая политика. 2013. № 2. С. 66–69; Троицкий А.А. Ключевые перспективы электроэнергетики России // Энергетическая политика. 2014. № 2. С. 22–27.

<sup>2</sup> World Energy Outlook 2015 / International Energy Agency France, OECD/IEA, 2015. 700 p.; Global Transport Scenarios 2050 / World Energy Council. London, 2011. 76 p.

электроснабжения, недостаточным финансированием инвестиций<sup>3</sup> [4].

В недалеком будущем рост спроса на электроэнергию внутри страны столкнется с проблемой невозможности обеспечения адекватного роста предложения из-за угрозы дефицита мощностей, вызванной инерционностью ТЭК – недостатком времени на сооружение энергетических объектов, развитие инфраструктуры сопряженных производств и освоение новых территорий, а также ресурсными ограничениями (финансовыми, материальными, трудовыми) [5].

В перспективе вероятность угрозы появления дефицита электроэнергии будет возрастать и может стать серьезным препятствием для дальнейшего развития экономики, повышения уровня и качества жизни населения [6]. Длительный дефицит электроэнергии (от года до нескольких лет) приводит к снижению производства продукции в отраслях-потребителях электроэнергии и к падению спроса на продукцию смежных отраслей-поставщиков, а это в конечном счете приведет к замедлению развития всей экономики страны. Ущерб от недостаточного развития электроэнергетики могут продолжаться и после ликвидации дефицита, особенно если он затормозит развитие фондообразующих отраслей и снизит инвестиционные ресурсы. Все это усложняет межотраслевые производственные связи, заставляет учитывать их динамический характер и неоднозначность. Для решения этой важной и сложной задачи используются разные способы и подходы [7–9].

Известные оценки ущербов от дефицита топливно-энергетических ресурсов проведены с использованием межотраслевого баланса<sup>4</sup>. На основе анализа электропотребления, валового внутреннего продукта (ВВП), валовой добавленной стоимости и электроэффективности определяется минимальный удельный ущерб экономики России от нарушения электроснабжения потребителей<sup>5</sup> [10]. В работе [11] приводятся зарубежные оценки последствий и ущербов, вызванных отключениями различных категорий потребителей с использованием метода WTP (*Willingness to Pay* – готовность платить)

<sup>3</sup> Китущин В.Г. Проблема надежности электроснабжения: анализ причин и подходов к решению // Энергорынок. 2005. № 9.

<sup>4</sup> Юфа А.И. Моделирование народнохозяйственного ущерба от недопоставки топливно-энергетических ресурсов на базе МОБа // Проблемы энергосбережения. 1990. Вып. 5. С. 7–10.

<sup>5</sup> Непомнящий В.А. Оценка ущерба от нарушения электроснабжения потребителей // Академия Энергетики. 2012. № 5(49). С. 12–17.

и WTA (*Willingness to Accept* – готовность принять).

В настоящее время менее исследована проблема, связанная с определением последствий влияния продолжительного по времени (от года до нескольких лет) дефицита того или иного энергоносителя. Так, например, длительный дефицит производственных мощностей в электроэнергетике замедляет динамику роста многих производств и отраслей – потребителей электроэнергии, в том числе и фондообразующих (машиностроения и строительства), формирующих необходимые инвестиции в ТЭК, и оказывает негативное влияние на динамику роста ВВП, валовой продукции и конечного потребления. Более того, ущербы от недопоставок электроэнергии могут продолжаться и после ликвидации ее дефицита. На рис. 1 показаны наиболее важные факторы и взаимосвязи дефицита энергоресурсов и его последствий.

Для оценки макроэкономических последствий отставания электроэнергетики от требуемого ее развития применяются межотраслевые модели. Первые попытки использовать квази-динамическую модель были сделаны в работе [12] еще в 1980-х гг. Однако при этом не учитывались адаптационные возможности экономики и не рассматривалась проблема рационального распределения дефицита топлива между отраслями экономики страны. Немного позднее были проведены экспериментальные расчеты по оценке ущербов от дефицита энергоносителей с использованием динамической модели<sup>6</sup>. Впоследствии этот подход получил свое дальнейшее развитие [13].

### Постановка задачи и методика

В настоящее время для таких оценок в Институте систем энергетики им. Мелентьева (ИСЭМ) Сибирского отделения РАН используется комплекс моделей, в котором основную роль играет динамическая модель экономики МИДЛ (Макроэкономическая Имитационная Динамическая Лаговая), построенная на принципах межотраслевого баланса. Модель МИДЛ предназначена для приближенной оценки (в увязке с другими моделями) возможного влияния изменений в ТЭК страны на развитие экономики, а также для определения сравнительной макроэкономической эффективности вариантов развития энергетики. В данном исследовании

<sup>6</sup> Кононов Ю.Д. Особенности прогнозирования развития энергетики в новых социально-экономических условиях / Сибирский энергетический институт СО РАН. 1997. № 11.

использовалась последняя версия межотраслевой модели, подробно описанная в работе [14].

В модели МИДЛ описываются динамические взаимосвязи между 25 отраслями экономики (производственной и непроизводственной сферами экономики по потреблению товаров и услуг), инвестиционные и экспортно-импортные связи. Модель включает в себя 10 отраслей промышленности (машиностроение, черную и цветную металлургию, химию и нефтехимию и др.), отрасли ТЭК (электроэнергетику, теплоэнергетику, нефтяную, угольную, газовую промышленность), строительство, транспорт, связь, производственные нужды сельского хозяйства, торговлю и услуги. В МИДЛ максимизируется конечное потребление товаров и услуг за рассматриваемый период с учетом задаваемых условий и ограничений:

$$\sum_t \sum_i Y_i(t) D(t) \rightarrow \max ,$$

где  $Y_i(t)$  – конечное потребление продукции  $i$  на непроизводственные нужды в году  $t$ ;

$D(t)$  – дисконтирующий множитель.

Основными уравнениями модели являются выраженные в стоимостной форме балансы производства и потребления продукции рассматриваемых отраслей:

$$X_i(t) = \sum_j a_{ij}(t) X_j(t) + U_i(t) + \text{ЭК}_i(t) - \text{ИМ}_i(t) ,$$

где  $X_i(t)$  – производство валовой продукции в отрасли  $i$ ;

$\text{ЭК}_i(t)$  и  $\text{ИМ}_i(t)$  – экспорт и импорт  $i$ -й продукции;

$E_i(t)$  – изменение запасов или задаваемая дополнительная потребность в продукции  $i$ -й отрасли;

$a_{ij}(t)$  – меняющиеся во времени коэффициенты затрат продукции  $i$  на производство продукции  $j$ ;

$U_i(t)$  – затраты продукции фондообразующих отраслей на ввод новых производственных мощностей.

$$U_i(t) = \sum_j c_{ij}(t) \sum_{\tau > t} Z_j(\tau) \lambda(\tau - t) + \bar{U}_i(t) ,$$

где  $c_{ij}(\tau)$  – удельные материальные затраты на сооружение производственных мощностей, вводимых в году  $\tau$ ;

$Z_j(\tau)$  – новые или реконструируемые производственные мощности, вводимые в году  $\tau$ ;

$\lambda_j(t)$  – распределение инвестиционных ресурсов по годам строительства;

$\bar{U}_i(t)$  – затраты продукции фондообразующих отраслей на ввод новых производственных мощностей.

Учитываются ограничения на инвестиционные ресурсы:

$$K(t) = \sum_i U_i(t) \leq K(t-1) \bar{I}_k(t) ,$$

где  $K_i$  – сумма инвестиций в основной комплекс;

$\bar{I}_k(t)$  – задаваемый индекс максимального роста инвестиций.

Ожидаемые изменения в структуре конечного потребления товаров и услуг учитываются путем задаваемых двухсторонних ограничений на рост потребления:

$$Y_i(t-1) \underline{IY}_i(t) \leq Y_i(t) \leq Y_i(t-1) \overline{IY}_i(t) ,$$

где  $\underline{IY}_i(t)$  и  $\overline{IY}_i(t)$  – минимальный и максимальный индексы роста потребления.

Накладываются также дополнительные ограничения на объемы производства продукции, которые определяют, что имеющиеся в году  $t$  производственные мощности не могут быть загружены на 100% из-за ремонта, модернизации и др.:

$$X_i(t) \leq (X(t-1) + Z(t)) \rho_i(t) ,$$

где  $\rho_i(t)$  – коэффициент загрузки производственных мощностей.

Следует отметить, что все расчеты ведутся в неизменных ценах базового года  $t_0$  (в данном исследовании – в ценах 2010 г.).

С помощью динамической модели были проведены расчеты по оценке возможных макроэкономических последствий продолжительного по времени дефицита электроэнергии на уровне страны.

Итеративным расчетам предшествовала настройка модели МИДЛ на базовый сценарий развития экономики и ТЭК. В качестве базового рассматривался сценарий с умеренными среднегодовыми темпами прироста ВВП в период

2020–2035 гг. и объемами инвестиционных ресурсов в отраслях ТЭК, достаточными для устойчивого энергоснабжения растущей экономики на долгосрочную перспективу. Этот сценарий близок по своим параметрам инновационному сценарию Минэкономразвития России<sup>7</sup> и пролонгирован до 2035 г. с учетом замедления темпов роста экономики в 2014–2015 гг. (табл. 1).

Предполагалось, что спрос на электроэнергию увеличится к 2025 г. приблизительно на 33%, а к 2035 г. – более чем на 68% (по сравнению с 2015 г.).

В ожидаемых условиях рассматривалась ситуация сокращения объемов производства электроэнергии в отрасли на 1–3% в течение 5 лет – с 2025 по 2030 г., вызванная снижением требуемого по сравнению с базовым сценарием количества инвестиционных ресурсов. При проведении расчетов было принято условное допущение, что образующийся дефицит электроэнергии для внутренних потребителей не будет компенсироваться увеличением импорта.

### Результаты расчетов

Результаты расчетов показали, что предполагаемое снижение поставок электроэнергии потребителям в течение 2025–2030 гг. и невозможность компенсации нарастающего дефицита электроэнергии на внутреннем рынке приводят к существенным потерям объемов производства продукции практически во всех сферах деятельности и спаду экономики уже с 2026 г. Так, например, при 1%-ном дефиците мощности от требуемого количества электроэнергии (примерно 15 млрд кВт·ч) среднегодовые потери ВВП составят 0,2–0,4%, то есть 4–5 руб. на каждый рубль стоимости недопоставленной электроэнергии. Этот дефицит может привести к сокращению объемов производства

промышленной продукции в размере 570–960 млрд руб. и строительно-монтажных работ – на 110–150 млрд руб. Через производственные связи это негативное влияние распространяется также на транспорт, торговлю и сферу услуг (табл. 2).

В случае возрастания дефицита электроэнергии экономические потери будут еще выше, так как ущерб от длительной нехватки электроэнергии растет нелинейно с увеличением объемов дефицита (рис. 2).

Очевидно, что суммарный экономический ущерб может оказаться существенно больше. Длительный и крупномасштабный дефицит электроэнергии может привести к удорожанию ее стоимости, который вызывает целый комплекс последствий во всех сферах экономики – уменьшение рентабельности (и даже банкротство) предприятий, сокращение объемов производства продукции и доходов бюджетов всех уровней, увеличение числа безработных, снижение уровня жизни населения<sup>8</sup>.

### Выводы

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие заключения.

1. Масштабы экономического ущерба от долговременного дефицита электроэнергии могут достигать значительных величин, а это негативно сказывается на потребителях электроэнергии и экономике страны в целом.
2. Невозможность компенсации нарастающего дефицита электроэнергии замедляет развитие экономики и приводит к падению объемов производства продукции практически во всех ее отраслях.
3. Макроэкономические последствия от длительного дефицита электроэнергии растут нелинейно с увеличением его объема.

<sup>7</sup> Сценарные условия долгосрочного развития прогноза социально-экономического развития РФ до 2030 г. Минэкономразвития России, 2013. URL: [http://economy.gov.ru/wps/wcm/connect/economylib4/mer/activity/sections/macro/prognoz/doc20131108\\_5](http://economy.gov.ru/wps/wcm/connect/economylib4/mer/activity/sections/macro/prognoz/doc20131108_5)

<sup>8</sup> Для оценки влияния удорожания энергоносителей на экономику, социальную сферу и бюджет в ИСЭМ СО РАН разработана специальная система моделей [15].

Таблица 1

## Основные параметры базового сценария

Table 1

## The main parameters of the baseline scenario

Показатель	Отчет		Прогноз	
	2015 г.	2025 г.	2030 г.	2035 г.
Население, млн чел.	146,4	147	143	143
Жилая площадь, м <sup>2</sup> /чел.	24	25	27	31
ВВП на душу населения, долл. США/чел.	9	20	25	30
Среднегодовые темпы прироста ВВП, %	–	2,7	4	3,7
Производство электроэнергии, млрд кВт·ч	1 008,2	1 310	1 540	1 700

Источник: составлено автором

Source: Authoring

Таблица 2

## Прогнозируемый экономический ущерб при 1%-ном дефиците электроэнергии на 2025–2030 гг.

Table 2

## Projected economic damage in case of a 1-percent shortage of energy, 2025–2030

Потребитель электроэнергии (отрасль)	Отклонение от базового варианта	
	млрд руб.*	%
Всего в экономике	830–1 100	0,5–0,8
Промышленность	570–960	0,7–1,3
Строительство	110–150	1,1–1,6
Транспорт и связь	37–55	0,3–0,4
Торговля и сфера услуг	80–100	0,1–0,3

\* в ценах 2010 г.

Источник: составлено автором

\* at 2010 values

Source: Authoring

**Рисунок 1**

**Факторы и связи, влияющие на причины угрозы дефицита энергоресурсов и его последствия**

**Figure 1**

**Factors and relations influencing the causes of the energy shortage and its consequences**



Источник: составлено автором

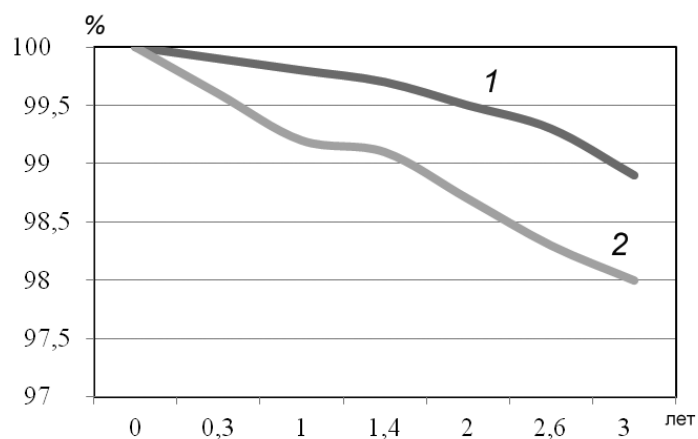
Source: Authoring

**Рисунок 2**

**Возможное снижение макропоказателей при долговременном дефиците электроэнергии в 2025–2030 гг.**

**Figure 2**

**Possible drop in macroeconomic indicators in case of long-term shortage of energy, 2025–2030**



1 – ВВП; 2 – валовая продукция

1 – GDP; 2 – Gross Products

Источник: составлено автором

Source: Authoring

**Список литературы**

1. *Anable J., Brand C., Tran M., Eyre N.* Modelling transport energy demand: A socio-technical approach // *Energy Policy*. 2012. Vol. 41. P. 125–138. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.08.020>
2. *Воропай Н.И., Ковалев Г.Ф., Кучеров Ю.Н.* Концепция обеспечения надежности в электроэнергетике. М.: Энергия, 2013. С. 304.
3. *Sovacool B.K.* The Methodological Challenges of Creating a Comprehensive Energy Security Index // *Energy Policy*. 2012. Vol. 48. P. 835–840. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.02.017>
4. *Воропай Н.И., Подковальников С.В., Труфанов В.В. и др.* Обоснование развития электроэнергетических систем: методология, модели, методы, их использование. Новосибирск: Наука, 2015. 448 с.
5. *Кононов Ю.Д.* Пути повышения обоснованности долгосрочных прогнозов развития ТЭК. Новосибирск: Наука, 2015. 147 с.
6. *Синяк Ю.В., Некрасов А.С., Воронина С.А. и др.* Топливо-энергетический комплекс России: возможности и перспективы // *Проблемы прогнозирования*. 2013. № 1. С. 4–21.
7. *Зоркальцев В.И., Ковалев Г.Ф., Лебедева Л.М.* Минимизация дефицита мощности в электроэнергетической системе с учетом потерь мощности в линиях электропередачи // *Электричество*. 2010. № 9. С. 56–60.
8. *Пяткова Н.И., Сендеров С.М., Пяткова Е.В.* Методические особенности исследования проблем энергетической безопасности на современном этапе // *Известия РАН. Энергетика*. 2014. № 2. С. 81–87.
9. *Kruyt B., Van Vuuren D.P., De Vries H.J.M., Groenenber H.* Indicators for Energy Security // *Energy Policy*. 2009. Vol. 37. Iss. 6. P. 2166–2181. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.02.006>
10. *Непомнящий В.А.* Экономические потери от нарушений электроснабжения потребителей. М.: Изд-во МЭИ, 2010. С. 108.
11. *Лесных А.В., Лесных В.В.* Оценка ущерба и регулирование ответственности за перерывы в электроснабжении: зарубежный опыт // *Проблемы анализа риска*. 2005. Т. 2. № 1. С. 33–49.
12. *Гершензон М.А.* Моделирование динамики межотраслевых связей энергетики. Новосибирск: Наука, 1983. 240 с.
13. *Кононов Ю.Д.* Поэтапный подход к повышению обоснованности долгосрочных прогнозов развития ТЭК и к оценке стратегических угроз // *Известия РАН. Энергетика*. 2014. № 2. С. 61–70.
14. *Гальперова Е.В., Кононов Ю.Д., Кононов Д.Ю. и др.* Методы и модели прогнозных исследований взаимосвязей энергетики и экономики. Новосибирск: Наука, 2009. 178 с.
15. *Кононов Ю.Д., Гальперова Е.В.* Изменение тарифов на электроэнергию: оценка возможных последствий для экономики региона // *Регион: экономика и социология*. 2001. № 2. С. 28–38.

**Информация о конфликте интересов**

Я, автор данной статьи, со всей ответственностью заявляю 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.

**MACROECONOMIC ASSESSMENT OF CONSEQUENCES ARISING FROM THE THREAT OF LONG-TERM SHORTAGE OF ENERGY****Ol'ga V. MAZUROVA**Melentiev Energy Systems Institute of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russian Federation  
ol.mazurova@yandex.ru**Article history:**Received 14 April 2017  
Received in revised form  
26 April 2017  
Accepted 11 May 2017  
Available online 28 June 2017**JEL classification:** Q40, Q43,  
Q47<https://doi.org/10.24891/ni.13.6.1093>**Keywords:** energy shortage,  
power outage, economic losses,  
energy security, energy supply  
reliability**Abstract****Importance** The article focuses on the threat of possible shortage of energy to the country as one of the main strategic threats to the national energy security.**Objectives** The research investigates the adverse effect of energy shortage arising from that the power engineering development lags behind needs of the economy. I also assess the probable macroeconomic effect.**Methods** The research involved formalized methods and economic and mathematical models.**Results** The article assesses the macroeconomic damage of the energy shortage under the given economic circumstances and the national power engineering within 2025–2030. I should note such assessment is conditional, since it primarily depends on predetermined scenarios and conditions for the development of the economy and power engineering.**Conclusions and Relevance** The increasing shortage of energy may have a significant effect, thus stifling the economic development and reducing production volumes in all sectors. Macroeconomic consequences of the long-term shortage of energy do not demonstrate a non-linear growth. The research proves such assessment is necessary to increase the reliability and uninterrupted power supply in the long run.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2017

**Acknowledgments**

This article was supported by the Russian Foundation for Basic Research, grants No. 16-06-00230-a and No. 17-06-00102-a.

**References**

1. Anable J., Brand C., Tran M., Eyre N. Modelling Transport Energy Demand: A Socio-Technical Approach. *Energy Policy*, 2012, vol. 41, pp. 125–138. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.08.020>
2. Voropai N.I., Kovalev G.F., Kucherov Yu.N. *Kontseptsiya obespecheniya nadezhnosti v elektroenergetike* [The concept of ensuring the uninterrupted electric power generation]. Moscow, Energiya Publ., 2013, 304 p.
3. Sovacool B.K. The Methodological Challenges of Creating a Comprehensive Energy Security Index. *Energy Policy*, 2012, vol. 48, pp. 835–840. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.02.017>
4. Voropai N.I., Podkoval'nikov S.V., Trufanov V.V. *Obosnovanie razvitiya elektroenergeticheskikh sistem: metodologiya, modeli, metody, ikh ispol'zovanie* [The rationale for the development of electric power generation systems: Methodology, models, their use]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2015, 448 p.
5. Kononov Yu.D. *Puti povysheniya obosnovannosti dolgosrochnykh prognozov razvitiya TEK* [Methods for corroborating long-term forecasts on the fuel and energy sector development]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2015, 147 p.
6. Sinyak Yu.V., Nekrasov A.S., Voronina S.A. et al. [Russia's energy systems: Opportunities and prospects]. *Problemy prognozirovaniya = Problems of Forecasting*, 2013, no. 1, pp. 4–21. (In Russ.)
7. Zorkal'tsev V.I., Kovalev G.F., Lebedeva L.M. [Minimizing power shortages in the electric power system, taking into account the power losses in transmission lines]. *Elektrichestvo = Electricity*, 2010, no. 9, pp. 56–60. (In Russ.)



8. Pyatkova N.I., Senderov S.M., Pyatkova E.V. [Methodological aspects of energy security investigation researches on the contemporary stage]. *Izvestiya RAN. Energetika = Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Power Engineering*, 2014, no. 2, pp. 81–87. (In Russ.)
9. Kruyt B., Van Vuuren D.P., De Vries H.J.M., Groenenber H. Indicators for Energy Security. *Energy Policy*, 2009, vol. 37, iss. 6, pp. 2166–2181. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.02.006>
10. Nepomnyashchii V.A. *Ekonomicheskie poteri ot narushenii elektrosnabzheniya potrebitelei* [Economic losses from breaches in consumer power supply]. Moscow, MPEI Publ., 2010, 108 p.
11. Lesnykh A.V., Lesnykh V.V. [Loss assessment and power interruption liability: International experience]. *Problemy analiza riska = Risk Analysis Issues*, 2005, vol. 2, no. 1, pp. 33–49. (In Russ.)
12. Gershenson M.A. *Modelirovanie dinamiki mezhotraslevykh svyazei energetiki* [Modeling the trends in the relationships of the power engineering sector with other sectors]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1983, 240 p.
13. Kononov Yu.D. [A step-by-step approach to the improvement in the validity of long-term energy development forecasts and the assessment of strategic threats]. *Izvestiya RAN. Energetika = Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Power Engineering*, 2014, no. 2, pp. 61–70. (In Russ.)
14. Gal'perova E.V., Kononov Yu.D., Kononov D.Yu. et al. *Metody i modeli prognoznykh issledovaniy vzaimosvyazei energetiki i ekonomiki* [Methods and models for forecasting studies into the nexus of power engineering and economy]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2009, 178 p.
15. Kononov Yu.D., Gal'perova E.V. [Changing the tariffs on electric power: possible consequences for regional economy]. *Region: Ekonomika i Sotsiologiya = Region: Economics and Sociology*, 2001, no. 2, pp. 28–38. (In Russ.)

#### **Conflict-of-interest notification**

I, the author 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.