

МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ МЕРОПРИЯТИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА ПОВЫШЕНИЕ АДАПТИВНОСТИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ***Вадим Ильич ЛОКТИОНОВ**

кандидат экономических наук, старший научный сотрудник отдела взаимосвязей энергетики и экономики,
Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева, Иркутск, Российская Федерация
vadlok@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8478-3222>
SPIN-код: 1752-7660

История статьи:

Получена 15.04.2019
Получена в доработанном
виде 04.05.2019
Одобрена 22.05.2019
Доступна онлайн
15.07.2019

УДК 338.012**JEL: Q43, Q47****Аннотация**

Предмет. Обеспечение стабильного роста адаптивных свойств национальной энергетической системы за счет увеличения ее эффективности и внедрения результатов научно-технического развития. Управляемое воздействие на систему посредством разработки и реализации продуманной и научно обоснованной энергетической политики, непосредственно направленной среди прочего на обеспечение энергетической безопасности страны путем увеличения адаптивных свойств национальной энергетической системы.

Цели. Развитие теории и практики управления адаптивностью энергетических систем в целях решения проблем обеспечения долгосрочной энергетической безопасности страны.

Методология. В работе применялись общенаучные методы анализа и синтеза, системный анализ, а также специальные методы анализа функционирования энергетических систем.

Результаты. Выделены ключевые принципы добавления новых элементов и взаимосвязей в национальную энергетическую систему при разработке энергетической политики, направленной на увеличение адаптивности национальной энергетической системы при росте ее сложности в условиях цифровизации и появления новых источников энергии. Выявлены и описаны методы прямого и косвенного управляющего воздействия на национальную энергетическую систему, позволяющие повышать уровень ее адаптивности.

Выводы. В новых быстро меняющихся условиях функционирования ТЭК, а также с учетом сдвигов в парадигме развития энергетики, когда приоритетными направлениями становятся энергетическая безопасность, экологическая чистота и надежность топливоснабжения, развитие методологии формирования энергетической политики государства должны быть направлены среди прочего на интеграцию критерия адаптивности национальной энергетической системы в процесс принятия стратегических решений.

Ключевые слова:

энергетика,
энергетическая
безопасность, топливно-
энергетический комплекс,
адаптивность

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2019

Для цитирования: Локтионов В.И. Методологическое обоснование разработки системы мероприятий, направленных на повышение адаптивности национальной энергетической системы // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. – 2019. – Т. 15, № 7. – С. 1305 – 1323.
<https://doi.org/10.24891/ni.15.7.1305>

Ввиду сложности и исключительной важности национальной энергетической системы все страны, независимо от уровня либерализации

национального энергетического сектора, контролируют ее развитие. Правительства используют те или иные инструменты прямого или косвенного воздействия для стимулирования и определения траектории развития национальной энергетической системы. Цели, задачи и инструменты

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 17-06-00102-а «Методы оценки и способы повышения адаптивности энергетических систем в целях увеличения эффективности стратегических решений развития ТЭК и роста энергетической безопасности страны».

проведения государственной энергетической политики определяются историческими, экономическими и политическими условиями.

Однако в современных условиях мировое сообщество столкнулось с рядом фундаментальных долгосрочных задач, решение которых актуально для каждой страны в новой парадигме устойчивого развития: увеличение энергоэффективности национальной энергетической системы; рост ее экологичности; увеличение уровня энергетической безопасности национальной экономики. Такие же макрозадачи стоят и перед российским обществом, и решение их осуществляется в рамках разработки и реализации национальной энергетической политики, основные положения которой сформулированы в Энергетической стратегии России на период до 2030 г.

В современных условиях роста геополитической напряженности и необходимости форсированного развития экономики наиболее актуальной для России является задача обеспечения национальной энергетической безопасности. Кроме того, проблема обеспечения национальной энергетической безопасности обостряется в условиях, когда вследствие глобализации и научно-технического прогресса производственные и энергетические системы становятся все более интегрированными и вертикально специализированными. В результате этого локальные сбои в поставках энергетических ресурсов могут распространяться через цепочки поставок и создавать значительные экономические потери.

В России одними из первых вопросами обеспечения энергетической безопасности стали заниматься ученые Института народнохозяйственного прогнозирования РАН, Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН и Института энергетических исследований РАН. Так, отечественные исследователи В.В. Бушуев, Ф.В. Веселов, С.А. Воронина, А.А. Макаров, А.М. Мастепанов, Т.А. Митрова, А.С. Некрасов, Б.Н. Порфирьев, Н.И. Пяткова, В.И. Рабчук,

В.В. Семикашев, С.М. Сендеров, Ю.В. Синяк, Н.И. Суслов и др. внесли существенный вклад в теоретико-методологическое обеспечение энергетической безопасности страны и ее регионов.

Для России, которая обладает одними из самых больших запасов углеводородов и при этом имеет большие территории с неравномерным распределением населения, решение проблем обеспечения долгосрочной энергетической безопасности лежит не в увеличении объемов добычи углеводородов, а в повышении качества и эффективности энергоснабжения, что показано в работах таких ученых, как Ю.В. Синяк¹ [1], Б.Н. Порфирьев, А.С. Некрасов, С.А. Воронина, В.В. Семикашев, А.Ю. Колпаков [2–5], Н.И. Суслов [6], В.В. Бушуев [7].

По всем основным показателям энергетической безопасности, принятым в мировой практике, Россия имеет высокий уровень энергетической безопасности. В то же время исследования Ф.В. Веселова, А.А. Макарова [8], А.С. Некрасова [9], Б.Н. Порфирьева [10], В.В. Семикашева², Н.И. Суслова [11], Н.Е. Терентьева³, С.М. Сендерова, В.И. Рабчука [12] показывают, что отечественный топливно-энергетический комплекс имеет ряд особенностей и проблем (большая, неравномерно населенная территория; устаревание основных производственных фондов; технологическое отставание отраслей ТЭК России от мировых конкурентов и др.), которые, снижая способность российской

¹ Синяк Ю.В. Влияние климатических рисков на темпы и структуру развития российского топливно-энергетического комплекса в первой половине XXI века: материалы международной научной конференции «Прогнозирование экономического роста». М.: МАКС Пресс, 2017. С. 193–207.

² Семикашев В.В. Перспективы развития альтернативных технологий в энергетике и связанные с этим возможности для модернизации высокотехнологичных секторов промышленности России: материалы научной конференции «Экономические проблемы энергетического комплекса (семинар А.С. Некрасова)». М.: ИНИП РАН, 2017. С. 397–404.

³ Терентьев Н.Е. Модернизация российской экономики в контексте технологических и экологических трансформаций мирового хозяйства: материалы международной научной конференции «Прогнозирование экономического роста». М.: МАКС Пресс, 2017. С. 163–168.

энергетической системы сопротивляться разного рода стрессовым ситуациям, создают угрозу долгосрочной энергетической безопасности страны.

Анализ взаимовлияния геополитики и энергетики с позиций национальной и глобальной энергетической безопасности, проведенный в работах А.А. Макарова, Т.А. Митровой, В.В. Костюка [13], А.М. Мастепанова, В.В. Бушуева, Н.И. Воропая⁴, В.В. Семикашева, А.Ю. Колпакова, А.А. Широга [14], показал значимость системного развития отечественной энергетики для снижения экономических последствий введения международных санкций против России.

Несмотря на большое количество работ, посвященных теме системного развития отечественной энергетики в контексте обеспечения национальной энергетической безопасности, такому свойству национальной энергетической системы, как адаптивность не было уделено должного внимания. В то же время, как было показано ранее, одним из способов обеспечения долгосрочной энергетической безопасности России является развитие адаптивных свойств национальной энергетической системы [15].

Под адаптивными свойствами национальной энергетической системы понимается ее способность противостоять стрессам, продолжая нормальное функционирование. В процессе адаптации происходят технические и организационные изменения работы системы, благодаря которым в новых условиях она может эффективно обеспечивать потребности экономики в энергетических ресурсах. Чем выше уровень адаптивности, тем больший стресс может пережить энергетическая система [16].

⁴ Мастепанов А.М., Бушуев В.В., Воропай Н.И. и др. Проблемы обеспечения энергетической безопасности в условиях высокой геополитической, экологической, экономической и технологической неопределенности: материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 30-летию ИПНГ РАН «Фундаментальный базис инновационных технологий нефтяной и газовой промышленности». М.: ИПНГ РАН, 2017. С. 108–109.

Национальная энергетическая система представляет собой сложную динамическую систему, развитие которой обусловлено как внутренними процессами, так и экзогенными факторами управляющего воздействия на нее со стороны самостоятельных акторов (компаний, правительства, международных контрагентов). Развитие внутренних тенденций энергетической системы, обусловленное логикой протекания технико-экономических процессов, может привести к увеличению ее адаптивных свойств. Такой тенденцией может быть, например, появление новых конкурирующих поставщиков энергетических ресурсов в условиях либерализации энергетического рынка, что при прочих равных условиях будет повышать адаптивность системы в целом.

Однако для обеспечения стабильного роста адаптивных свойств национальной энергетической системы за счет увеличения ее эффективности и «правильного» использования результатов научно-технического и социального развития должно осуществляться управляемое воздействие на систему посредством разработки и реализации продуманной и научно обоснованной энергетической политики, непосредственно направленной среди прочего на обеспечение энергетической безопасности страны путем увеличения адаптивных свойств национальной энергетической системы.

Укрупненно можно выделить две группы методов реализации управляемого воздействия в целях увеличения адаптивных свойств национальной энергетической системы:

- 1) методы косвенного воздействия;
- 2) методы прямого воздействия.

Методы косвенного управляющего воздействия реализуются в рамках проведения энергетической и экономической политики, направленной на создание благоприятных условий функционирования

национальной энергетической системы, то есть это создание таких условий, в которых энергетические компании при разработке и внедрении адаптационных мероприятий не будут обременены излишними административными и экономическими барьерами.

Методы прямого управляющего воздействия реализуются в рамках анализа особенностей функционирования национальной энергетической системы и принятия конкретных экономических и организационных мер, направленных на устранение «слабых» ее мест за счет увеличения надежности работы тех или иных элементов системы, создание новых межсистемных связей и др.

Таким образом, комплексное управляющее воздействие, направленное на развитие адаптивности национальной энергетической системы, предполагает, с одной стороны, создание таких правил и условий ее функционирования, в которых в случае реализации стрессовых событий пострадавший элемент системы может в максимально короткие сроки осуществить процесс адаптации, включающий такие этапы, как сбор информации, привлечение финансовых и материальных ресурсов, а также структурные изменения; с другой стороны, создание такого количества элементов и взаимосвязей между ними, которые максимально эффективно могли бы участвовать в перенаправлении потоков энергетических ресурсов в случае стрессового события.

Возникает вопрос, каким методам (прямого или косвенного воздействия) должен отдаваться приоритет при разработке комплекса мер, направленных на развитие национальной энергетической системы и повышение ее адаптивности? Эффективность и приемлемость используемых методов зависит от текущей ситуации и необходимости вмешательства государства в развитие национальной энергетической системы.

Методы прямого воздействия, безусловно, являются более затратными, поскольку они связаны с непосредственным финансированием инвестиционных проектов в энергетике, предоставлением льготных займов энергетическим компаниям и т.д., в то время как методы косвенного воздействия несут в основном затраты в области государственного администрирования. Использование методов прямого воздействия эффективно и необходимо в случае решения проблем обеспечения энергетической безопасности в среднесрочной перспективе (то есть в период запуска новых энергетических объектов), в то время как косвенное воздействие, создавая благоприятные условия развития энергетических компаний и требуя значительно большего времени для проявления своих положительных результатов, должно быть направлено на создание долгосрочных положительных трендов увеличения адаптивности национальной энергетической системы. Основные характеристики разных методов управляющего воздействия на энергетическую систему представлены на *рис. 1*.

Из *рис. 1* видно, что косвенное управляющее воздействие на национальную энергетическую систему затрагивает не только ТЭК, но и условия функционирования экономики страны в целом, так как взаимосвязь экономики и энергетики обуславливает необходимость увеличения адаптивности национальной энергетической системы одновременно с развитием адаптивных свойств национальной экономики.

Адаптивность экономики страны включает в себя три элемента (*рис. 2*): 1) адаптивность элементов экономической системы на микроуровне; 2) адаптивность элементов экономической системы на мезоуровне; 3) адаптивность экономической системы в целом. Поскольку ТЭК страны требует большого объема финансовых и материальных ресурсов, стабильность его функционирования обеспечивается стабильностью работы других отраслевых

систем национальной экономики в условиях финансово-экономических кризисов, а также в условиях введения международных санкций. Таким образом, управляющее воздействие, направленное на увеличение адаптивности национальной энергетической системы, должно быть ориентировано как на функционирование самой системы, так и на общеэкономические условия ее функционирования.

Мероприятия, направленные на повышение уровня адаптивности национальной энергетической системы, могут быть сгруппированы в соответствии с этапами адаптационного процесса, который включает в себя такие фазы, как: возникновение стрессового события; реакцию системы на стрессовое событие, сопровождаемое падением эффективности ее функционирования (в отношении энергетических систем выражаемая в падении или полном прекращении поставок энергетических ресурсов); разработку адаптационных мероприятий и их внедрение; возврат системы к эффективному функционированию. При разработке комплекса мероприятий необходимо учитывать особенности каждого этапа адаптационного процесса и направлять усилия на повышение общей эффективности адаптационного процесса, что означает, с одной стороны, сокращение времени, необходимого системе для полного восстановления своей эффективности после возникновения стрессового события, а с другой стороны – снижение требуемых адаптационных затрат. Таким образом, меры, направленные на повышение адаптивности национальной энергетической системы, могут быть объединены в следующие блоки.

1. Меры, направленные на снижение вероятности наступления стрессовых ситуаций и силы их проявления.
2. Меры, направленные на снижение негативных последствий возникновения стрессового события.

3. Меры, направленные на уменьшение времени, необходимого для полного восстановления системой своей эффективности.

Следует отметить, что увеличение общей эффективности адаптационного процесса имеет не линейный (аддитивный) характер, когда общая эффективность представляется как сумма эффективностей каждого этапа адаптационного процесса, а нелинейный, поскольку эффективная реализация мер в рамках одного этапа адаптационного процесса может значительно облегчить разработку мер и их успешную реализацию в рамках другого этапа адаптационного процесса. Взаимосвязь разных групп мероприятий, осуществляемых в рамках реализации разных этапов адаптационного процесса, представлена на *рис. 3*.

Комплекс мер, направленных на повышение уровня адаптивности национальной энергетической системы, должен объединять не только все этапы адаптационного процесса, но также и все структурные элементы энергетической системы, относящиеся к разным этапам процесса производства, транспортировки и потребления энергетических ресурсов. В *табл. 1* переменная v_{ij} отражает систему мероприятий, направленных на повышение адаптивности энергетических подсистем, затрагивающих i -й этап адаптационного процесса и j -й этап процесса производства энергии.

Как отмечалось ранее, решение проблем обеспечения долгосрочной энергетической безопасности России лежит не в увеличении объемов добычи углеводородов и обеспечении стабильности их поставок, а в повышении качества и эффективности энергоснабжения. Соответственно, при разработке мероприятий, направленных на повышение уровня адаптивности национальной энергетической системы, основные усилия должны быть сосредоточены на стадиях переработки энергетического ресурса и преобразования энергии, транспортировки/передачи и

распределения энергии и потребления энергии.

Развитие современных энергетических систем определяется тенденцией к увеличению их сложности. Сложная система – это система, в которой взаимодействует большое количество независимых элементов и подсистем, что приводит к возникновению эмерджентных свойств. Сложность топливно-энергетического комплекса формируется не только количеством элементов в его структуре, но также их технологическим, организационным и экономическим разнообразием и большим количеством разноплановых взаимосвязей между ними, возникающих в том числе за счет появления и развития новых цифровых технологий, усложнения взаимосвязей между национальными энергетическими системами, увеличения числа акторов на энергетическом рынке, появления активных потребителей и т.д.

Появление новых элементов национальной энергетической системы может приводить к поддержанию высокого уровня адаптивности. В то же время рост сложности системы может приводить к увеличению ее уязвимости, поскольку новые элементы и взаимосвязи могут подвергаться воздействию стрессоров и нарушать работу других элементов системы (рис. 4).

В связи с этим при разработке энергетической политики, направленной на увеличение адаптивности национальной энергетической системы при росте ее сложности в условиях цифровизации и появления новых источников энергии, должны быть учтены следующие принципы добавления новых элементов и взаимосвязей в национальную энергетическую систему.

1. Новый элемент системы должен привносить в систему дополнительную «избыточность» в виде увеличения резервной мощности, пропускной способности межсистемных связей, новых резервов первичных энергетических ресурсов и т.д.

2. Новый элемент как технологическая, экономическая и самоуправляемая единица должен сам обладать адаптивными свойствами, которые позволят ему устойчиво функционировать в условиях стрессовых ситуаций.

3. Появление новых элементов в энергетической системе должно соответствовать принципу необходимого разнообразия У.Р. Эшби. Согласно этому принципу, устойчивость системы может быть повышена за счет увеличения управляемого разнообразия структурных элементов системы (то есть элементов и связей между ними). Или, другими словами, чем больше разнообразных действий доступно для системы управления, тем больше возмущений она сможет компенсировать. В отношении энергетических систем данный принцип проявляется в том, что появление новых элементов системы должно расширять управленческий инструментарий энергетических компаний и государства.

4. ТЭК является высоко инерционной системой, структурные изменения в которой требуют значительного времени. Уровень инерционности национальной энергетической системы имеет обратную связь с уровнем ее долгосрочной адаптивности. Таким образом, для повышения уровня адаптивности национальной энергетической системы новый элемент должен быть направлен на снижение ее инерционности за счет уменьшения капиталоемкости новых объектов электрогенерации, облегчения правового сопровождения реализации инвестиционных проектов в энергетике, развития межсистемных связей, развития малой распределенной энергетики, появления и широкого распространения активных потребителей и др. Активным потребителем электроэнергии является потребитель, который наряду с централизованным электроснабжением, использует свою собственную электрогенерацию, что позволяет ему, применяя технологии Smart grids («умные сети»), самостоятельно принимать решения о

режиме своего электропотребления и реализовывать излишки генерируемой им электроэнергии. Технологии Smart grids делают возможным сглаживать пиковые нагрузки, снижать системные резервы, оптимизировать режим работы электростанций и электроэнергетической сети, сокращать расходы и потери электроэнергии.

5. Новый элемент должен быть направлен на рост диверсификации потребляемых энергетических ресурсов (в направлении увеличения доли возобновляемых источников энергии), структуры генерирующих мощностей по типу электростанций и поставщиков электроэнергии. Диверсификация данных структурных характеристик приводит к увеличению долгосрочной адаптивности национальной энергетической системы за счет увеличения ее гибкости в отношении возможности реализации наиболее экономически и технически эффективных ответов на стрессовые ситуации.

Следует отметить, что учитывая серьезные изменения, происходящие в настоящее время в мировом энергетическом секторе, основной движущей силой которых являются технологические инновации, способствующие переходу энергетических систем на принципиально новый этап развития, повышение устойчивости и адаптивности национальной энергетической системы станет возможным, если новые элементы системы будут соответствовать новой парадигме развития энергетики.

В последнее десятилетие в мировой экономике произошли значительные трансформации, повлекшие за собой изменения в функционировании современных энергетических рынков и, как следствие, изменения требований к энергетическим объектам и инфраструктуре рынков электроэнергии в целом.

1. *Рост мирового спроса на электроэнергию и изменение его структуры.* Основными факторами роста потребления электроэнергии в мире являются глобальный рост населения

и увеличение качества жизни населения. По данным Международного энергетического агентства, к 2040 г. производство электроэнергии вырастет с 25 500 ТВт·ч до 40 000 ТВт·ч⁵. В то же время, по мнению Р. Лил-Аркас и др. [17], по мере того, как новые технологии и развитие распределенной генерации делают просьюмеров все более эффективными участниками энергетического рынка, демаркационная линия между производителями и потребителями электроэнергии будет размываться, а доля просьюмеров в структуре производства и потребления энергии будет постепенно расти. Кроме того, изменению структуры спроса на электроэнергию будут способствовать изменения в промышленности, обусловленные развитием технологической базы, чувствительной к качеству электроэнергии и надежности ее поставок.

2. *Рост спроса на экологичную энергетику.* Производство электроэнергии из ископаемого топлива является значительным источником выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов, что приводит к ухудшению состояния окружающей среды, снижению качества жизни населения и росту государственных расходов на здравоохранение и природоохранные мероприятия. В результате в целях повышения качества жизни многие развитые и развивающиеся страны готовы использовать более дорогую, но в то же время более экологически чистую энергию. Разработка и внедрение новых энергетических технологий повышает устойчивость национальной энергетической системы путем создания новых сложных адаптивных структур.

3. *Продолжающаяся урбанизация.* Высокие темпы роста количества новых городов и развития старых приводят к необходимости усовершенствования городских энергетических систем, которые должны быть надежными в условиях высокой пространственной плотности использования энергии. Основными целями развития городских

⁵ World Energy Outlook. URL: <https://iea.org/weo>

энергетических систем являются снижение затрат на подключение к электросетям, повышение энергоэффективности, сокращение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, использование новых методов размещения энергетических объектов в условиях высокой стоимости городских земель и т.д.

4. *Старение крупных электростанций.* В настоящее время во всем мире наблюдается старение крупных угольных электростанций, гидроэлектростанций и атомных электростанций. Так, например, по данным Управления энергетической информации США (EIA), средний возраст коммерческих реакторов в США составляет примерно 37 лет⁶. Около 74% всех угольных электростанций в США старше 30 лет. Анализируя средний возраст и технический срок службы действующих электростанций в Европе, Дж. Фарфан и Ч. Брейер сделали вывод, что к 2030 г. будет выведено из эксплуатации 48,6% мощностей газовых электростанций, 78,3 – нефтяных электростанций, 79,1 – угольных электростанций и 81,7% мощностей атомных электростанций [18]. Хотя сложившаяся ситуация способствует технологическому переходу к устойчивой энергетике, национальные энергетические системы требуют значительных инвестиций на модернизацию своих элементов.

Как отмечают А.Ю. Абрамов, И.В. Данилин, И.Ю. Ряпин, Д.В. Холкин и др.⁷, традиционные энергетические системы развивались при сильной государственной поддержке. В последние несколько десятилетий правительства развитых стран сократили степень своего вмешательства в энергетическую отрасль из-за либерализации энергетических рынков. В то же время банки не проявляют интереса к крупным энергетическим проектам из-за наличия более

привлекательных инвестиционных проектов. Для решения проблемы поддержания, обновления и модернизации национальных энергетических систем необходимо осуществить переход к новой парадигме электроэнергетики, ориентированной на инвестиции в возобновляемые источники энергии, распределенную генерацию и инновационные технологии.

5. *Цифровизация энергетики.* В последние годы национальные энергетические системы наряду с другими отраслями промышленности претерпели значительные изменения. Внедрение новых технологий в энергетику позволило увеличить стабильность национальных энергетических систем, повысить энергоэффективность мировой экономики, выделить просьюмеров как новых участников энергетического рынка и т.д.

Происходящие изменения способны кардинально изменить современные энергетические рынки, и именно поэтому очень важно учитывать их при разработке мероприятий, направленных на повышение адаптивности национальной энергетической системы. Осознавая то, что высокая адаптивность национальной энергетической системы не может быть обеспечена без соответствия современным тенденциям в мировой экономике и энергетике, в последние годы Правительство РФ взяло курс на модернизацию российского электроэнергетического сектора.

Процесс цифровизации энергетики, сопровождающийся внедрением новых технологий, изменением стандартов информационной безопасности энергетических систем, появлением новых участников рынков электроэнергии и изменением требований к объектам и инфраструктуре электроэнергетических рынков, привел к необходимости совершенствования соответствующего законодательства. Так, например, в 2018 г. в Федеральный закон от 26.03.2003 № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» был внесен ряд изменений, касающихся регулирования

⁶ How Old Are U.S. Nuclear Power Plants, and When Was the Newest One Built? URL: <https://eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=228&t=21>

⁷ Цифровой переход в электроэнергетике России. URL: https://csr.ru/wp-content/uploads/2017/09/Doklad_energetika-Web.pdf

отношений на оптовом и розничных рынках электроэнергии⁸, а также введены единые требования к интеллектуальным приборам и системам учета электроэнергии⁹. Внесенные изменения определяют максимально допустимый объем поставок мощности генерирующими объектами, функционирующими на территории присоединяемой энергетической системы, сроки оснащения присоединяемой электроэнергетической системы необходимыми средствами измерений, особенности технологического присоединения к электрическим сетям, а также дают возможность поставщикам электроэнергии бороться с неплатежами и хищениями электрической энергии. Внедрение интеллектуальных приборов и создание единой системы учета электроэнергии позволит повысить адаптивность российской энергетической системы за счет уменьшения количества технологических сбоев в поставках электроэнергии и сокращения сроков ликвидации их последствий, контроля качества потребляемой электроэнергии, снижения потерь электроэнергии и операционных затрат.

Как отмечалось ранее, рост сложности системы в результате появления в ней новых элементов и взаимосвязей может создавать дополнительные риски и иметь негативные последствия. В целях обеспечения долгосрочной устойчивости и адаптивности российской энергосистемы необходимо в законодательном порядке устанавливать правила и механизмы взаимодействия элементов энергетической системы и участников рынков электроэнергии. Так, например, необходимо определить права и

обязанности просьюмеров, уточнить правила работы торговых систем на рынках распределенной генерации с учетом растущего числа просьюмеров, пересмотреть технические стандарты для вводимых в эксплуатацию энергетических объектов.

В целях надежного и качественного обеспечения потребностей внутреннего рынка в энергии на принципах энергосбережения и энергоэффективности, а также преобразования энергетики и других приоритетных отраслей экономики посредством внедрения цифровых технологий были внесены соответствующие изменения в ряд государственных программ стратегического развития России¹⁰. Изменение стратегических ориентиров повлекло за собой корректировку государственной программы Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики»¹¹ и утверждение новой доктрины энергетической безопасности страны¹².

Для обеспечения устойчивого и эффективного функционирования структурных элементов энергетической системы, относящихся к разным этапам процесса производства, транспортировки и потребления энергетических ресурсов, определены направления дальнейшей работы по совершенствованию нормативной базы и снижению административных и иных барьеров в целях привлечения инвестиций в энергетику; установлены целевые ориентиры, касающиеся инвестиций в основной капитал в разных отраслях ТЭК; запланировано проведение ряда мероприятий по обеспечению устойчивого энергоснабжения

⁸ О внесении изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике» в части регулирования отношений при присоединении электроэнергетической системы к другой электроэнергетической системе: Федеральный закон от 29.06.2018 № 172-ФЗ.
URL: <http://docs.cntd.ru/document/550509845>

⁹ О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с развитием систем учета электрической энергии (мощности) в Российской Федерации: Федеральный закон от 27.12.2018 № 522-ФЗ.
URL: <https://rg.ru/2018/12/29/energiya-dok.html>

¹⁰ О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 г.: Указ Президента РФ от 07.05.2018 № 204. URL: <https://minenergo.gov.ru/view-pdf/11246/84473>; Энергетическая стратегия России на период до 2030 г. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1026>; Основные направления деятельности Правительства Российской Федерации на период до 2024 г. URL: <https://garant.ru/products/ipo/prime/doc/71965871>

¹¹ Государственная программа Российской Федерации «Развитие энергетики». URL: <https://minenergo.gov.ru/node/323>

¹² Доктрина энергетической безопасности Российской Федерации.
URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201905140010?index=1&rangeSize=1>

потребителей на отдельных территориях Российской Федерации, а также по развитию магистральной электрической сети; предусмотрены меры стимулирования производства электроэнергии на основе использования возобновляемых источников. Поддерживая производителей экологически чистой энергии и частично перераспределяя налоговую нагрузку компаний топливно-энергетического комплекса, Министерство финансов РФ предложило ввести экологический налог, который должен заменить существующие платежи за негативное воздействие на окружающую среду. Согласно предложению, фиксированные налоговые ставки будут применяться к выбросам различных веществ в воздух, сбросам в воду, а также к удалению промышленных отходов. Правительство планирует ввести новый налог с 1 января 2020 г.

Энергетическая политика, направленная на решение проблем обеспечения энергетической безопасности страны посредством увеличения адаптивных свойств национальной энергетической системы, должна учитывать выделенные принципы структурных изменений ТЭК страны. Однако в условиях рыночной экономики, когда большая часть решений относительно реализации тех или иных энергетических проектов принимается на уровне энергетических компаний, разработка и реализация комплекса мер, направленных на увеличение адаптивности национальной энергетической системы, становится действительно сложной задачей, поскольку необходимо не только решать технико-экономические проблемы функционирования национальной

энергетической системы в условиях проявления стрессовых ситуаций, но и создавать систему стимулов для ориентации руководства и собственников энергетических компаний на включение критерия адаптивности энергетических объектов (вновь создаваемых или модернизируемых) в процесс принятия управленческих решений.

Развитие методологии обоснования системы мероприятий, направленных на повышение адаптивности национальной энергетической системы, является необходимой частью успешной выработки национальной энергетической политики в новых быстро меняющихся условиях функционирования ТЭК, а также с учетом сдвигов в парадигме развития энергетики, когда приоритетными направлениями становятся энергетическая безопасность, экологическая чистота и надежность топливоснабжения. Повышение обоснованности стратегических решений в энергетике должно осуществляться посредством интеграции новых критериев энергетической и экономической эффективности, а также новых принципов развития национальной энергетической системы в процесс принятия решений. Настоящая статья, подготовленная в рамках развития теории оценки и управления адаптивностью энергетических систем, содержит методологическое обоснование разработки системы мероприятий, направленных на повышение адаптивности национальной энергетической системы и увеличение качества стратегического планирования, осуществляемого в целях обеспечения энергетической безопасности страны.

Таблица 1

Матрица мероприятий, направленных на повышение уровня адаптивности национальной энергетической системы, объединяющая этапы процесса адаптации и процесса производства и потребления энергии

Table 1

The matrix of measures maintaining the adaptability of the national energy system and linking the phases of adaptation, production and consumption of energy

Событие (мероприятие)	Добыча энергетического ресурса	Переработка энергетического ресурса и преобразование энергии	Транспортировка/ передача и распределение энергии	Потребление энергии
Возникновение стрессового события	v_{11}	v_{12}	v_{13}	v_{14}
Реакция системы на стрессовое событие	v_{21}	v_{22}	v_{23}	v_{24}
Разработка адаптационных мероприятий	v_{31}	v_{23}	v_{33}	v_{34}
Внедрение адаптационных мероприятий	v_{41}	v_{24}	v_{43}	v_{44}
Восстановление работы системы	v_{51}	v_{25}	v_{53}	v_{54}

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 1

Основные характеристики разных методов управляющего воздействия на энергетическую систему

Figure 1

The key characteristics of various methods for control over the energy system

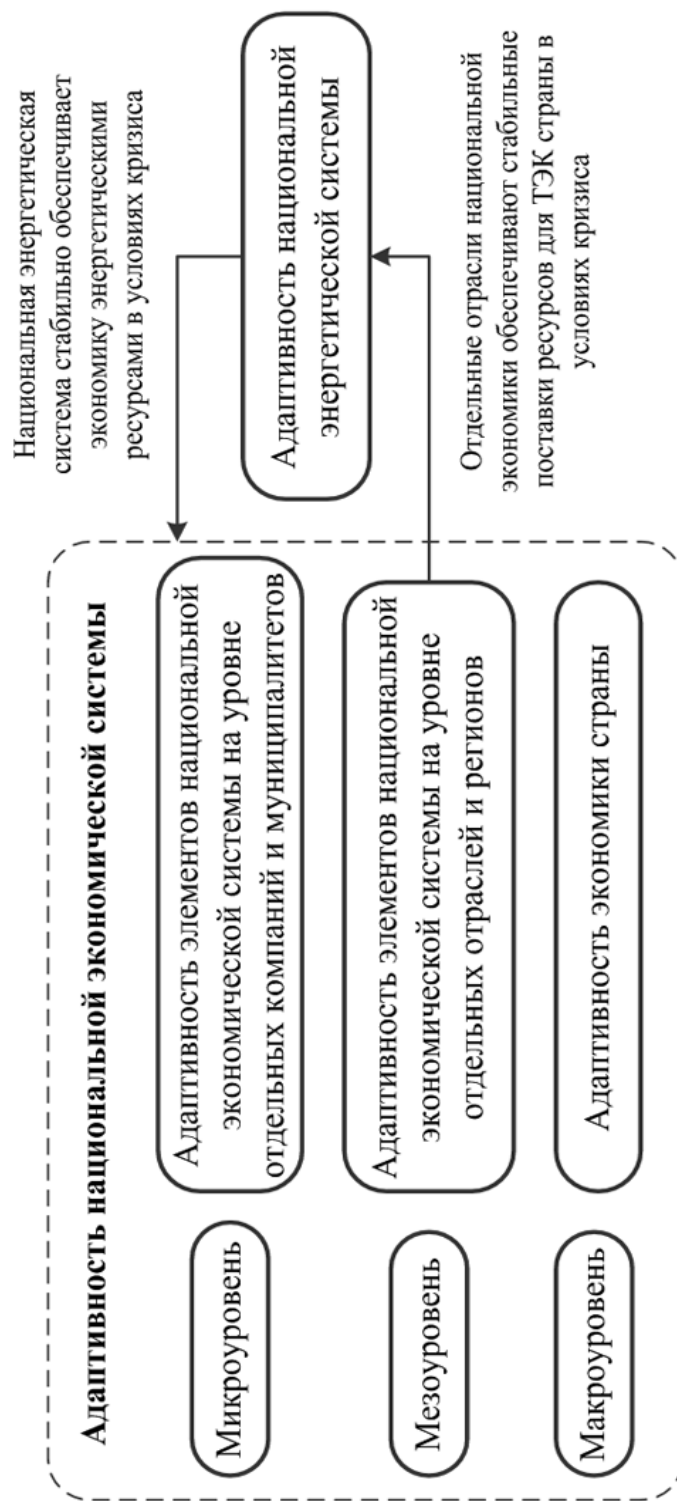


Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 2
Взаимосвязь между адаптивностью национальной энергетической системы и адаптивностью экономики страны

Figure 2
A trade-off between the adaptability of the national energy system and adaptability of the national economy



Источник: авторская разработка

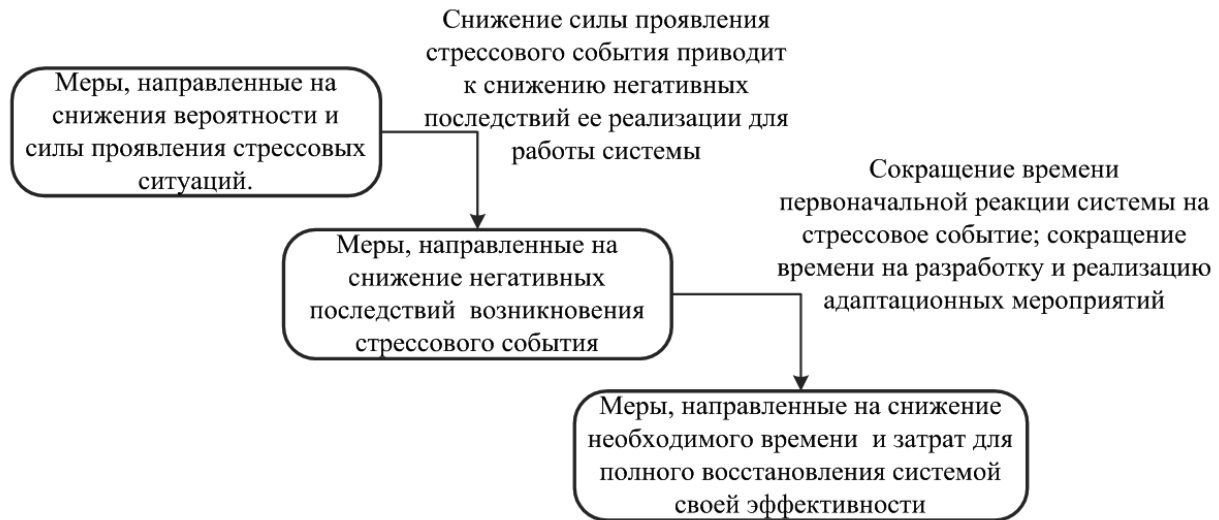
Source: Authoring

Рисунок 3

Взаимосвязь мероприятий, относимых к разным этапам адаптационного процесса

Figures 3

A trade-off between measures that are relevant to different phases of adaptation



Источник: авторская разработка

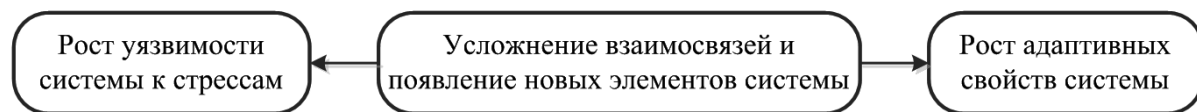
Source: Authoring

Рисунок 4

Изменения адаптивных свойств системы в результате ее усложнения

Figures 4

Changes in the adaptability properties of the energy system as a result of its upgrade



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. Синяк Ю.В. Новые явления в мировой энергетике и их последствия для России // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2016. № 4. С. 242–246.
2. 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.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/toplivno-energeticheskiy-kompleks-rossii-vozmozhnosti-i-perspektivy>
3. Синяк Ю.В., Некрасов А.С., Воронина С.А., Семикашев В.В. Инновационный фактор в перспективном развитии ТЭК России. В кн.: Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. М.: ИНП РАН, 2011. С. 8–43.
4. Порфирьев Б.Н., Колпаков А.Ю., Семикашев В.В. и др. Модернизация промышленности и развитие высокотехнологичных производств в контексте «зеленого роста» / отв. ред. Б.Н. Порфирьев М.: Научный консультант, 2017. 434 с.
5. Узяков М.Н., Ксенофонтов М.Ю., Семикашев В.В. и др. Система моделей для анализа и прогнозирования развития мировой и российской экономики и энергетики // Нефтяное хозяйство. 2015. № 11. С. 6–11.
6. Суслов Н.И. Энергетика России в ближайшие 20 лет: взгляд экономиста // ЭКО. 2013. № 8. С. 79–96. URL: <http://dx.doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2013-8-79-96>
7. Бушуев В.В. Энергетика России. М.: ИАЦ «Энергия», 2018. 740 с.
8. Макаров А.А., Веселов Ф.В. Исследование адаптации энергетики России к посткризисному развитию экономики. М.: АО «Издательский дом МЭИ», 2018. 184 с.
9. Некрасов А.С. Анализ и прогнозы развития отраслей топливно-энергетического комплекса. М.: ООО «Лето Индастриз», 2013. 592 с.
10. Порфирьев Б.Н., Рогинко С.А. Энергетика на возобновляемых источниках: перспективы в мире и в России // Вестник РАН. 2016. № 11. С. 963–971.
11. Суслов Н.И. Возобновляемые источники энергии в стране, где много традиционных энергоресурсов // ЭКО. 2014. № 3. С. 69–88.
12. Сендеров С.М., Рабчук В.И. Состояние энергетической безопасности России на федеральном уровне: методический подход к оценке и основные результаты // Известия Российской академии наук. Энергия. 2018. № 2. С. 3–18.
13. Костюк В.В., Макаров А.А., Митрова Т.А. и др. Энергетика и геополитика. М.: Наука, 2011. 397 с.
14. Широков А.А., Семикашев В.В., Янговский А.А. и др. Россия и Европа: энергосоюз или энергоконфликт? // Проблемы прогнозирования. 2016. № 2. С. 16–29.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/rossiya-i-evropa-energosoюз-ili-energokonflikt-vosem-let-spustya>
15. Локтионов В.И. Адаптивность вариантов развития энергетической систем как показатель энергетической безопасности // Экономический анализ: теория и практика. 2015. Т. 14. Вып. 40. С. 11–21. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/adaptivnost-variantov-razvitiya-energeticheskikh-sistem-kak-pokazatel-energeticheskoy-bezopasnosti>

16. Локтионов В.И. Принципы и критерии оценки адаптивности энергетических систем // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2017. Т. 13. Вып. 12. С. 2335–2348. URL: <https://doi.org/10.24891/ni.13.12.2335>
17. Leal-Arcas R., Lesniewska F., Proedrou F. Prosumers as New Energy Actors. Africa-EU Renewable Energy Research and Innovation Symposium 2018 (RERIS 2018). RERIS 2018. Springer Proceedings in Energy, Springer, Cham, pp. 139–151. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-93438-9_12
18. Farfan J., Breyer Ch. Aging of European Power Plant Infrastructure as an Opportunity to Evolve Towards Sustainability. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2017, vol. 42, iss. 28, pp. 18081–18091. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.12.138>

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.

THE METHODOLOGICAL RATIONALE FOR DEVELOPING A SET OF MEASURES INCREASING THE ADAPTABILITY OF THE NATIONAL ENERGY SYSTEM**Vadim I. LOKTIONOV**

Melentiev Energy Systems Institute of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,
Irkutsk, Russian Federation
vadlok@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8478-3222>

Article history:

Received 15 April 2019
Received in revised form
4 May 2019
Accepted 22 May 2019
Available online
15 July 2019

JEL classification: Q43, Q47

Keywords: energy security,
power engineering, fuel and
energy complex, adaptability

Abstract

Subject The article discusses how to sustainably raise the adaptability of the national energy system by making it more effective and implementing S&T achievements. The study also investigates how the system can be controllably influenced by outlining and implementing the sound and scientifically proven energy policy, which directly addresses *inter alia* the national energy security by increasing its adaptability.

Objectives The study is aimed to unfold the theory and practice of managing the adaptability of energy systems in order to ensure the sustainable energy security of the country.

Methods The study involves general scientific methods of analysis and synthesis, systems analysis, and special methods for analyzing the operation of energy systems.

Results I found key principles for adding new elements and correlations to the national energy system when outlining the energy policy pursuing the higher adaptability of the national energy system, growth in its complexity during the digitization and creation of new sources of energy. The article identifies and describes methods for influencing the national energy system directly and indirectly so as to increase its adaptability.

Conclusions and Relevance Considering the new dynamic environment which the fuel and energy complex operates in and changes in the power engineering development paradigm, the government should formulate its energy policy so as to integrate the adaptability of the national energy system and strategic decision-making process.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2019

Please cite this article as: Loktionov V.I. The Methodological Rationale for Developing a Set of Measures Increasing the Adaptability of the National Energy System. *National Interests: Priorities and Security*, 2019, vol. 15, iss. 7, pp. 1305–1323.
<https://doi.org/10.24891/ni.15.7.1305>

Acknowledgments

The article was supported by the Russian Foundation for Basic Research, project № 17-06-00102-A, *Methods for Evaluating and Increasing the Adaptability of Energy Systems for Higher Efficiency of Strategic Decisions in the Fuel and Energy Complex and National Energy Security*.

References

1. Sinyak Yu.V. [New phenomenon in the world energy and their implications for Russia]. *Interekspo Geo-Sibir' = InterExpo Geo-Siberia*, 2016, vol. 2, no. 4, pp. 242–246. (In Russ.)
2. 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.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/toplivno-energeticheskiy-kompleks-rossii-vozmozhnosti-i-perspektivy> (In Russ.)

3. Sinyak Yu.V., Nekrasov A.S., Voronina S.A., Semikashhev V.V. *Innovatsionnyi faktor v perspektivnom razvitii TEK Rossii. V kn.: Nauchnye trudy: Institut narodnokhozyaistvennogo prognozirovaniya RAN* [The innovative factor in perspective of Russian fuel and energy complex development. In: Scientific Proceedings of the Institute of Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences]. Moscow, Institute of Economic Forecasting of RAS Publ., 2011, pp. 8-43.
4. Porfir'ev B.N., Kolpakov A.Yu., Semikashhev V.V. et al. *Modernizatsiya promyshlennosti i razvitie vysokotekhnologichnykh proizvodstv v kontekste 'zelenogo rosta'* [Retrofitting the manufacturing sector and developing high-tech production enterprises for green growth]. Moscow, Nauchnyi konsul'tant Publ., 2017, 434 p.
5. Uzyakov M.N., Ksenofontov M.Yu., Semikashhev V.V. et al. [System of models for analysis and forecasting of the global and the Russian economy and energy sector]. *Neftyanoe khozyaistvo = Oil Industry*, 2015, no. 11, p. 6–11. (In Russ.)
6. Suslov N.I. [Seeking for exit from an innovation labyrinth]. *EKO = ECO*, 2013, no. 8, pp. 79–96. (In Russ.) URL: <http://dx.doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2013-8-79-96>
7. Bushuev V.V. *Energetika Rossii* [Power engineering in Russia]. Moscow, Energiya Publ., 2018, 740 p.
8. Makarov A.A., Veselov F.V. *Issledovanie adaptatsii energetiki Rossii k postkrizisnomu razvitiyu ekonomiki* [Research into the adaptation of Russia's power engineering sector to the post-crisis development of economy]. Moscow, Energy Research Institute RAS Publ., 2018, 184 p.
9. Nekrasov A.S. *Analiz i prognozy razvitiya otraslei toplivno-energeticheskogo kompleksa* [Analyzing and forecasting the development of fuel and energy sectors]. Moscow, Leto Indastriz Publ., 2013, 592 p.
10. Porfir'ev B.N., Roginko S.A. [Energy from renewable sources: Prospects for the global community and in Russia]. *Vestnik RAN = Herald of the Russian Academy of Sciences*, 2016, no. 11, pp. 963–971. (In Russ.)
11. Suslov N.I. [Renewable energy sources in an energy abundant economy: Russia is again in the focus]. *EKO = ECO*, 2014, no. 3, pp. 69–88. (In Russ.)
12. Senderov S.M., Rabchuk V.I. [The state of Russia's energy security at the federal level: A methodological approach to evaluation and main results]. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Energiya = Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Power Engineering*, 2018, no. 2, pp. 3–18. (In Russ.)
13. Kostyuk V.V., Makarov A.A., Mitrova T.A. *Energetika i geopolitika* [Energy and Geopolitics]. Moscow, Nauka Publ., 2011, 397 p.
14. Shirov A.A., Semikashhev V.V., Yantovskii A.A. et al. [Russia and Europe: Energy union or energy conflict?]. *Problemy prognozirovaniya = Problems of Forecasting*, 2016, no. 2, pp. 16–29. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/rossiya-i-evropa-energosoюз-ili-energokonflikt-vosem-let-spustya> (In Russ.)
15. Loktionov V.I. [Adaptability of energy systems' development scenarios as an indicator of energy security]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2015, vol. 14, iss. 40, pp. 11–21. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/adaptivnost-variantov-razvitiya-energeticheskikh-sistem-kak-pokazatel-energeticheskoy-bezopasnosti> (In Russ.)

16. Loktionov V.I. [Principles and criteria for evaluating the adaptability of energy systems]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost'* = *National Interests: Priorities and Security*, 2017, vol. 13, iss. 12, pp. 2335–2348. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.24891/ni.13.12.2335>
17. Leal-Arcas R., Lesniewska F., Proedrou F. Prosumers as New Energy Actors. Africa-EU Renewable Energy Research and Innovation Symposium 2018. RERIS 2018. Springer Proceedings in Energy, Springer, Cham, pp. 139–151. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-93438-9_12
18. Farfan J., Breyer Ch. Aging of European Power Plant Infrastructure as an Opportunity to Evolve Towards Sustainability. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2017, vol. 42, iss. 28, pp. 18081–18091. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.12.138>

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.