

Анализ перспектив регионального развития интеллектуальных энергетических систем

Яковлева Э.В., доцент Санкт-Петербургского Горного университета,
Санкт-Петербург, Россия

Сизякова Е.В., доцент Санкт-Петербургского Горного университета,
Санкт-Петербург, Россия

Иванов П.В., доцент Санкт-Петербургского Горного университета,
Санкт-Петербург, Россия

Жуковский Ю.Л., доцент Санкт-Петербургского Горного университета,
Санкт-Петербург, Россия

Пудкова Т.В., аспирант Санкт-Петербургского Горного университета,
Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Статья посвящена перспективам развития энергетического комплекса РФ в рамках концепции «Индустрия 4.0», проблемам интеграции систем электро-, тепло-, холодо- и газоснабжения и вопросам энергетической безопасности. Приведен сравнительный анализ состояния и перспективы развития ТЭК различных регионов мира, а также дан прогноз спроса на интеллектуальные интегрированные энергетические системы (ИИЭС).

Ключевые слова: интеллектуальные интегрированные энергетические системы (ИИЭС), энергобезопасность, энергоэффективность, экономическая эффективность топливно-энергетический комплекс.

Analysis of the prospects for regional development of intelligent energy systems

Iakovleva E.V., associate Professor of Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, Russia

Sizyakova E.V., associate Professor of Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, Russia

Ivanov P.V., associate Professor of Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, Russia

Zhukovskiy Yu.L., associate Professor of St. Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, Russia

Pudkova T.V., graduate student of St. Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, Russia

Annotation. The article is devoted to the prospects for the development of the energy complex of the Russian Federation within the framework of the concept «Industry 4.0», the problems of integrating the systems of electricity, heat, cold and gas supply and energy security. A comparative analysis of the state and prospects of the development of the fuel and energy complex in various regions of the world is given, as well as a forecast of the demand for intelligent integrated energy systems (IIES).

Keywords: intelligent integrated energy systems (IIES), energy safety, energy efficiency, economical efficiency, fuel-power complex.

Существующие на сегодняшний день рынки транспорта и продажи энергии, а также энергетическая инфраструктура, активно развивались в эпоху второй промышленной революции вплоть до середины XX века. На сегодняшний день, в эпоху уже третьей промышленной революции, топливно-энергетический комплекс является наиболее консервативным элементом, сдерживающим национальные экономики¹².

Однако следующий этап развития в рамках концепции четвертой промышленной революции «Индустрия 4.0» не может существовать без глубокой интеграции систем энергоснабжения в которой разрозненные в

¹ Веселов Ф.В. Глобальные климатические инициативы: долгосрочные вызовы для энергетики России // ИНЭИ РАН: Конференция УгольЭко. Москва, сентябрь 2016. [Электронный ресурс]. URL: https://www.eriras.ru/files/270916-vybrosy_pg_veselov.pdf

² Огороков В.Р., Волкова И.О. Интеллектуальные энергетические системы: технические возможности и эффективность. // Академия энергетики, № 3, 2010.– С.74-82

управлении и законодательстве системы электро-, тепло-, холодо- и газоснабжения образуют интеллектуальную интегрированную энергетическую систему (ИИЭС)³⁴. Требования к энергетике меняются, и эти изменения неизбежно будут требовать от энергии большей интеграции в техносферу. При этом, в результате перехода на «энергоэффективное мышление», роль человека меняется от потребителя к активному субъекту в ИИЭС.

Ближайшие 20 лет энергетика различных регионов и стран должна справиться с вопросами обеспечения энергетической безопасности и стать гарантом «устойчивого развития» как основы удовлетворения своих потребностей для будущих поколений⁵. Рост количества людей, нарастающая урбанизация и экспоненциально увеличивающиеся объемы информации потребуют увеличения на 50% потребления электроэнергии, при этом ужесточаются требования к экономичности, энергобезопасности, экологичности, энергоэффективности и адаптивности энергетической инфраструктуры. Потребление всех видов первичных энергоресурсов растет как функция от роста ВВП, даже несмотря на рост энергоэффективности, ускоренными темпами нарастает физический износ энергетической инфраструктуры. На фоне усиливающегося ограничения ресурсной базы традиционной энергетики роль интеллектуальной энергетики критически важна для всего мира, качественное изменение характера глобальных и локальных энергетических систем на основе цифровых и информационных технологий позволит осуществить интеграцию систем электро-, тепло-, холодо- и газоснабжения.

Развитие цифровых и информационных технологий в последнее десятилетие стало возможным благодаря глубокой электрификации и

³ Распределённая энергетика в России: потенциал развития. // Энергетический центр бизнес-школы «Сколково», ИНЭИ РАН, НТЦ ЕЭС. Москва, январь 2018. [Электронный ресурс] URL: https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_DER-3.0_2018.02.01.pdf

⁴ Zhukovskiy, Y. & Malov, D. 2018, «Concept of Smart Cyberspace for Smart Grid Implementation», Journal of Physics: Conference Series

⁵ Новак А.В. Итоги работы топливно-энергетического комплекса Российской Федерации в первом полугодии 2016 года [Электронный ресурс] // Министерство энергетики РФ- Москва, 2016. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/5660>

возможности наращивать как информационно-коммуникационную инфраструктуру, так и средства обработки и хранения данных.

Сегодня очевидно, что интеллектуализации и интеграции должны быть подчинены все системы генерации, преобразования, транспортировки и использования энергии. Лидирующие экономики мира отчетливо понимают, что коллаборация в рамках ИИЭС критически необходима в «Индустрии 4.0» для достижения общих целей устойчивого развития в интересах будущих поколений⁶⁷. Решением вызовов для энергетики в процессе экономических и социальных изменений в рамках «устойчивого развития» должна стать интеграция.

На сегодняшний день технологии промышленного интернета вещей (Industrial Internet of Things, IIoT) и искусственного интеллекта (Artificial Intelligence (AI)) являются одними из наиболее обсуждаемых тенденций в мире⁸. Ключевая идея заключается в организации вычислительной сети реальных физических объектов: автомобилей, электродвигателей, беспилотных летательных аппаратов, роботизированных узлов, «умных счетчиков» и т. д. Количество подключенных устройств экспоненциально возрастает. IBM, Gartner, Cisco, Siemens предсказывают 50 миллиардов подключенных устройств до 2020 года. Взаимопроникновение информационных и эксплуатационных технологий позволило обратиться компаниям к теории автоматического управления. Благодаря взаимосвязанности, автоматизации и анализу данных информационные технологии усиливают технический потенциал.

Для прогноза технологического развития топливно-энергетического комплекса России в контексте мировых трендов необходимо выделить и дать характеристику ключевым мировым регионам, деятельность которых зависит

⁶ Zhukovskiy, Y.L., Vasilev, B.U. & Koteleva, N.I. 2017, "Quality estimation of continuing professional education of technical specialists", Proceedings of the 2017 International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies", IT and QM and IS 2017 704-707

⁷ Абрамович Б.Н., Сычев Ю.А., Жуковский Ю.Л. Методы и средства повышения уровня энергосбережения и энергоэффективности на горных предприятиях. Горное оборудование и электромеханика. 2015. № 5. С. 25-30

⁸ Zhukovskiy, Y. & Malov, D. 2018, «Concept of Smart Cyberspace for Smart Grid Implementation», Journal of Physics: Conference Series

друг от друга и оказывает влияние на развитие энергетики России. Для того чтобы выделить ключевые параметры, характеризующие проблематику и актуальность преобразования энергетических систем в данном исследовании рассмотрены регионы – США, ЕС и Россия.

Анализ региона «США»

Территориальные и демографические аспекты. Соединенные Штаты Америки занимают 4-е место в мире по площади: 9,5 млн. км, в стране преобладает умеренный климат. Численность населения – 325 млн. человек (3-е место в мире). Плотность населения – 34 чел./км². Уровень безработицы – 4,1%.

Топливо-энергетический комплекс. На 2016 год инвестиции в энергетику составили \$276 млрд (World Energy Investment). Около \$2,80 трлн. в год потенциально доступны из пенсионных фондов и страховых компаний для новых инвестиций в чистую энергию⁹. Общая установленная мощность традиционной генерации, включая гидроэнергетику, составляет более 980 ГВт. Доля малой распределенной энергетики в стране около 10%.

Экологический аспект. Что касается экологической безопасности, после снижения выбросов углекислого газа на 0,6% в 2017 году, EIA прогнозирует, что выбросы CO₂, связанные с энергетикой, вырастут на 1,0% в 2018 году и еще на 0,8% в 2019 году. В связи с этим, в 2018 году, совместно с проектом The 2018 US Budget Bill, был введен налоговой кредит «45Q» (для контроля количества выбросов CO₂), который может привести к капиталовложениям в размере порядка \$1 млрд. в течение 6 лет.

Углеводородные ресурсы. Производство электроэнергии в США в 2017 году снизилось на 1,5%. Несмотря на сокращение производства э/э на угольном топливе, база данных ресурсов США является одной из самых больших в мире. Добыча угля составляет 569 млн. т в год, по произведенным расчетам определено, что угля будет достаточно на ближайшие 400 лет, извлекаемые

⁹ Eurostat – european statistics. Population on 1 January 2017 [Electronic resource]. URL: <http://ec.europa.eu/urostat/tgm/table.do?tab=table&language=en&pcode=tps00001&tableSelection=1&footnotes=yes&labeling=labels&plugin=1> (дата обращения 21.03.2018)

запасы составляют 237 млрд. т. ЕІА прогнозирует, что добычи угля сократится почти на 5% в 2018 году, а затем увеличится на 1% в 2019 году. Запасы натурального газа США составляют 9,6 трлн. куб. м, которые рассчитаны на 70 лет при добыче 137 млрд. куб. м в год. Добыча традиционной сырой нефти в США, включая конденсат, составила в 2017 году 567 млн. т, запасы оцениваются примерно на 11 лет (10-е место в мире). По состоянию на 2017 год, США импортировали примерно 39% общего объема потребления нефти и 61% добывали самостоятельно. Стоимость ресурса (сырая нефть) на 16.03.2018 г. составляет \$64/баррель. Также, США являются крупнейшим в мире производителем ядерной энергии (более 30% мировой ядерной энергетики). Запасы урана составляют 138 тыс. т, при добыче в год 1,88 тыс. т запасов хватит практически на 74 года¹⁰.

Возобновляемые источники энергии. Доля ВИЭ на 2017 год в общей генерации составила 19,5%. Ветер составил практически 8% от общей чистой генерации, а солнечная энергетика примерно 1,3% - рекордные доли для обоих видов топлива. Ожидается, что в 2019 году ветер станет преобладающим источником возобновляемой электроэнергии, поскольку в 2017 году было добавлено еще 6,3 ГВт ветровых турбин. Количество рабочих мест в солнечной и ветровой энергетике увеличивается на 20% ежегодно, а также ВИЭ создают рабочие места в 12 раз быстрее остальных отраслей экономики¹¹.

Прогноз ТЭК в долгосрочной перспективе. ЕІА прогнозирует до 2030 года по стране рост генерации электроэнергии из возобновляемых источников в среднем на 3,9% в год. В целом, к 2030 году доля ВИЭ увеличится до 25% от общей генерации. Но природный газ является ведущим топливом в электроэнергетики и к 2050 г. его доля может составлять 35% от общего производства. Производство электроэнергии из угля и ядерного топлива будет снижаться, уступая долю природному газу и ВИЭ. К 2020 году ВИЭ будут превосходить ядерные источники, а к 2030 г. источники на угольном топливе.

¹⁰ World Energy Council. Coal in United States of America. URL: <https://www.worldenergy.org/data/resources/country/united-states-of-america/coal/>

¹¹ Independent Statistics and Analysis, U.S. Energy Information Administration. "Annual Energy Outlook 2018 with projections to 2050". 6 February 2018. [Electronic resource] URL: <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/AEO2018.pdf>

Долгосрочный прогноз роста экономики. ВВП США будет неуклонно расти в течение следующего десятилетия на 3,3% в год, с \$19,2 трлн. в 2017 году до \$27,99 трлн. в 2027 году. Отражая медленный переход к возобновляемым источникам энергии, ожидается, что только 10% мирового потребления энергии будет в ВИЭ, т.к. Китай потребляет в два раза больше ВИЭ, чем США. Экономический рост остается скромным: примерно 2,0% к 2018 году, а затем 1,9% в год. Производство э/э на базе ядерной энергии снижается, поскольку около половины существующих ядерных электростанций будет выведено из эксплуатации к 2050 году.

Анализ региона «Европейский союз»

Территориальные и демографические аспекты. Европейский союз занимает по площади 4 324 782 км² (7-е место). В Европейский союз входят 28 государств. Преобладает умеренный климат. Численность населения – 511 522 671 человек. Плотность населения – 115,8 чел./км². Уровень урбанизации 70-90%. Уровень безработицы – 7,3%. В ЕС низкая рождаемость и низкий уровень естественного прироста. Согласно предсказанию аналитиков, к 2050 году 50 % населения Европейского Союза будет старше 50 лет. По данным Организации экономического сотрудничества и развития уровень жизни в странах ЕС без широкомасштабной организации снизится на 18 %¹²

Топливо-энергетический комплекс. Пакет мер по энергетике и изменению климата до 2020 года направлен на снижение выработки парниковых газов на 40% по сравнению с уровнем 1990 года, на достижение доли энергии, полученной из возобновляемых источников до 27%, а также на увеличение энергоэффективности до 27% к 2030 году. ЕС принял руководство для стран по разработке и реформированию схем поддержки использования ВИЭ и инвестиций в данную отрасль.

¹² IRENA – International Renewable Energy Agency. Sources of Investment. URL: <https://www.irena.org/financeinvestment/Sources-of-Investment>

Углеводородные ресурсы. На мировом рынке потребления Европа на 2-м месте. Импорт нефти на 2015 год составил 66% импорта энергии в ЕС, за ней следует газ (23%) и твердое топливо (10%). В 2015 году почти две трети импорта сырой нефти поступали из России (29%), Норвегии (12%), Нигерии (8%), Саудовской Аравии (8%) и Ирака (8%).

Возобновляемые источники энергии. Общая установленная мощность объектов возобновляемой энергетики в Евросоюзе составила 421 ГВт в 2016 году. Страны ЕС планируют получать порядка 70% электроэнергии из возобновляемых источников к 2040 году, по сравнению с 32% в 2015 году.

Долгосрочный прогноз роста экономики. Более сильные демографические ограничения, обусловленные тенденцией старения населения Еврозоны, будут сдерживать рост европейской экономики: среднегодовые темпы роста за период 2013-2030 гг. не превысят 1,5%. Среднегодовой темп роста экономически активного населения существенно сократится: с 0,8% в среднем за период 1991-2010 гг. до 0,1% за период 2013-2030 гг.

Анализ региона «Российская Федерация»

Территориальные и демографические аспекты. РФ занимает 1-е место в мире по площади – 17,125 млн км². Большая часть территории России лежит в умеренном континентальном климатическом поясе. Вечная мерзлота (районы севера европейской части, Сибири и Дальнего Востока) занимает 65 % территории России. Численность населения – 146 ,880 млн. чел. (9 место). Плотность населения России — 8,57 чел. На январь 2018 г. уровень безработицы составил – 5,5 %.

Тенденции использования различных ТЭР: Газовая генерация является основной производственной структуры электроэнергетики. В течение последнего десятилетия продолжился рост доли газа в топливном балансе электростанций ЕЭС России – с 63% до 72%.

Энергосистема РФ. Более 90% производственного потенциала энергетики России объединено в Единую энергетическую систему России (ЕЭС России), которая охватывает всю обжитую территорию страны и является

одним из крупнейших в мире централизованно управляемых энергообъединений. В составе ЕЭС России работают семь Объединенных энергосистем (ОЭС). В электроэнергетический комплекс ЕЭС России входит 748 электростанций мощностью свыше 5 МВт. На 1 января 2018 года общая установленная мощность электростанций ЕЭС России составила 239,812 ГВт. В структуре установленной мощности электростанций ЕЭС России представлены: ТЭС – 68,24%, ГЭС – 20,6%, АЭС – 11,16%, СЭС – 0,22%, ВЭС – 0,06%. Размер технологических и коммерческих потерь в сетях и составляет в среднем 9,22 %.

В 2017 году выработка электроэнергии электростанциями ЕЭС России, включая производство электроэнергии на электростанциях промышленных предприятий, составила 1 053,862 млрд. кВт*ч (на 0,5% по сравнению с 2016 годом). Фактическое потребление электроэнергии в Российской Федерации в 2017 г. составило 1 039 ,88 млрд. кВт*ч. Производство электроэнергии к 2020 году прогнозируется в размере 1126,2 млрд. кВт*ч, а электропотребление увеличится до 1115 млрд. кВт*ч.

В России в 2016 г. работало 36 тысяч электростанций мощностью менее 25 МВт, а их суммарная мощность составила 13,0 ГВт. Примерно 8,5 ГВт (т.е. около 2/3 всей мощности распределённой генерации) эксплуатируется в зоне децентрализованного энергоснабжения. Совокупная мощность объектов распределенной генерации в России по состоянию на 2017 г. составляет 23,5 ГВт: 8,5 ГВт станций до 25 МВт, работающих вне ЕЭС, 15 ГВт более мощных станций в ЕЭС. Доля мощности распределенной генерации в энергосистеме страны оценивается в 9-9,5%.

Износ энергетического оборудования электростанций всех типов и систем транспорта, передачи и распределения электрической и тепловой энергии составляет — 56%, а по оборудованию электрических и тепловых сетей — до 80%. Демонтаж генерирующих мощностей за период 2011-2030 гг. составит 82,1 ГВт, что создаст потребность во вводе новых мощностей.

Финансирование. Доля ТЭК в ВВП РФ составляет 22,6%. Доля ТЭК в экспорте составляет 56,9%. Ключевыми направлениями для инвестиционных

проектов в сфере энергетики являются АЭС и ГЭС. Для увеличения эффективности использования энергии в промышленности из федерального бюджета в 2018-2020 годах на программу "Энергоэффективность и развитие энергетики" выделено почти 31 млрд. рублей.

Прогноз развития ТЭК. Согласно Целевому топливно-энергетическому балансу России на период до 2035 г. предусматривается уменьшение производства нефти и конденсата на 6-7%, рост производства природного и попутного газа на 5-6% (с эффективным объёмом добычи - около 935 млрд.м³ в год), сохранение доли твёрдого топлива на уровне 12-13% (но предусматривается рост добычи угля до 415 млн.т.), увеличение доли нетопливных источников энергии в производстве первичных ТЭР на 2% при росте размеров их использования в 1,5–1,6 раза, в том числе атомной энергии – в 2–2,2 раза.

Освоение углеводородного потенциала континентального шельфа арктических морей и северных территорий России сыграет стабилизирующую роль в динамике добычи нефти и газа в стране, компенсируя возможный спад уровня добычи в традиционных нефтегазодобывающих районах. При этом доля шельфа арктических морей в добыче нефти может составить до 5%, а газа – до 10% к 2035 г.

По прогнозам Минэнерго России объём генерации за счет ВИЭ в РФ к 2024 г. составит 2,5% в энергобалансе. Ожидается увеличение выработки электроэнергии на базе ВИЭ в 10–14 раз. К 2024 г. Правительство РФ планирует увеличить установленную мощность объектов генерации на основе ВИЭ до 5,9 ГВт.

В ЕЭС на период 2025-2035 прогнозируется дефицит генерирующей мощности, однако, распределенной генерацией можно восполнить половину создавшегося дефицита (около 36 ГВт к 2035 г.). При этом максимальный потенциал имеет распределенная когенерация - около 17 ГВт. Собственная генерация обеспечит дополнительно около 13 ГВт, управление спросом – до 4 ГВт, энергоэффективность – 1,5 ГВт и микрогенерация на ВИЭ – 0,6 ГВт.

Рост энергоэффективности экономики и изменения в структуре энергобаланса до 2035 года будут способствовать сдерживанию роста эмиссии парниковых газов (ПГ), связанной с топливом на уровне +2..6% от 2012 года.

Реализация Энергетической стратегии на период до 2035 г. приведёт к снижению износа производственных фондов на 25 % от уровня 2010 г. Поддержание устойчивого резерва электро- и теплогенерирующих мощностей, включающих поддержание резерва мощности электростанций на уровне 17% от общей установленной мощности ЕЭС России, уменьшит зависимость от внешних нестабильных энергетических рынков. С увеличением доли стран Азиатско-Тихоокеанского региона в общем объеме экспорта топливно-энергетических ресурсов России до уровня не менее 31% к 2035 г. откроется новая альтернатива европейскому рынку, который стремится к независимости от российских поставок ТЭР и увеличивает долю возобновляемых источников энергии в собственном энергобалансе. К 2035 г. снижением удельных расходов топлива на выработку электроэнергии на 48% обеспечится экономическая эффективность работы ТЭС, а следовательно, и всей ЕЭС РФ (доля ТЭС в энергобалансе составит 65,5% производства). Тенденция к повышению энергоэффективности и ужесточению экологических требований диктует необходимость обеспечения соответствующего уровня эмиссии ПГ к 2035 г.: не более 120% от уровня 2010 года. Достижение всех указанных параметров в экономике и энергетике страны будет результатом перехода на ресурсно-инновационный путь развития ТЭК.

Для оценки влияния технологических трендов на приобретаемые свойства ИИЭС были проанализированы 70 ключевых технологий, которые были разбиты по 8 направлениям: цифровые, информационные, аккумуляция, возобновляемые источники энергии (ВИЭ), транспортные технологии; материаловедение; технологии распределенной и централизованной не возобновляемой энергетики (не ВИЭ); технологии энергосбережения. Для каждой из технологий установлена оценочная взаимосвязь с соответствующим свойством ИИЭС и на основе экспертных мнений распределены весовые

коэффициенты влияния: сильное; существенное; умеренное; слабое; отсутствие влияния. Соответственно, предлагаемая модель позволяет, учитывая анализ региональной проблематики, произвести прогнозную оценку на спрос тех технологических направлений, которые ближайшее десятилетие будут преобладать с точки зрения устранения нарастающих проблем в энергетических системах отдельных регионов. Произведена оценка влияния ключевых технологий, используемых в настоящее время и которые будут успешно развиваться до 2030 г. на 5 ключевых параметров ИИЭС – гибкость, экологичность, энергоэффективность, надежность, экономичность, характеризующих энергосистемы в целом на 2018 год и на 2030 год, основываясь на статистических данных и данных прогнозов развития регионов.

Результаты анализа

Необходимость создания ИИЭС в США. Несмотря на высокий уровень технической оснащенности и экономическую поддержку, энергетическая политика США требует долгосрочного плана по обеспечению энергетической безопасности. Так, за последние 10 лет на территории страны произошло более 27 особо опасных стихийных бедствий (2 место в мире после Китая), которые нанесли урон экономике и топливно-энергетическому комплексу страны. Приходящая в негодность энергосистема Америки представляет всё большую опасность для населения. Конечно, отключения э/э происходят достаточно часто и, как правило, они вполне управляемы и решаются в течение нескольких минут или менее чем за час. Однако есть и другие случаи, когда это невозможно. Все это приводит к необходимости создания интеллектуальной энергосистемы, которая увеличит стабильность и качество подачи электроэнергии, при этом существенный сдвиг при преобразованиях должен быть сделан в сторону экологичности.

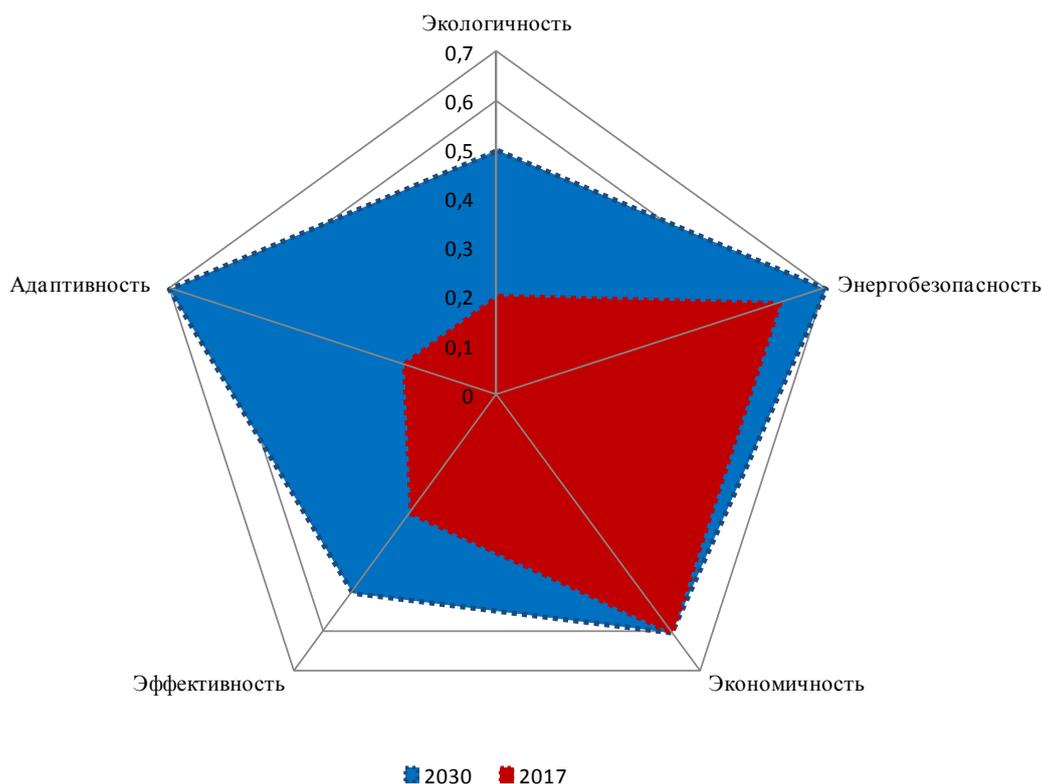


Рис. 1 – Прогноз изменения свойств ИИЭС в США

Прогноз спроса: **главные** – цифровые, информационные, аккумуляция; **умеренные** – ВИЭ, транспорт; материаловедение; **не приоритетные** – не ВИЭ; энергосбережение.

Необходимость создания ИИЭС в Европейском союзе. Создание системы ИИЭС обусловлено формированием концепции развития электроэнергетики в Европейском Союзе, ввиду территориальной рассредоточенности возобновляемых источников энергии, нехватке собственных нефтегазовых месторождений полезных ископаемых, а также экологической обстановке в регионе. Развитие инфраструктуры зарядных станций и совершенствование электромобилей будет способствовать высокому темпу роста данного сегмента рынка. Увеличение числа Data-центров в регионе, ввиду колоссального объема информации передаваемой потребителям, требует значительное количество дополнительных ресурсов, которые можно оптимизировать с ИИЭС. Совершенствование системы направлено на массовое внедрение

кибертехнологий в энергетику и в производство в целом – четвертая промышленная революция (Industry 4.0).

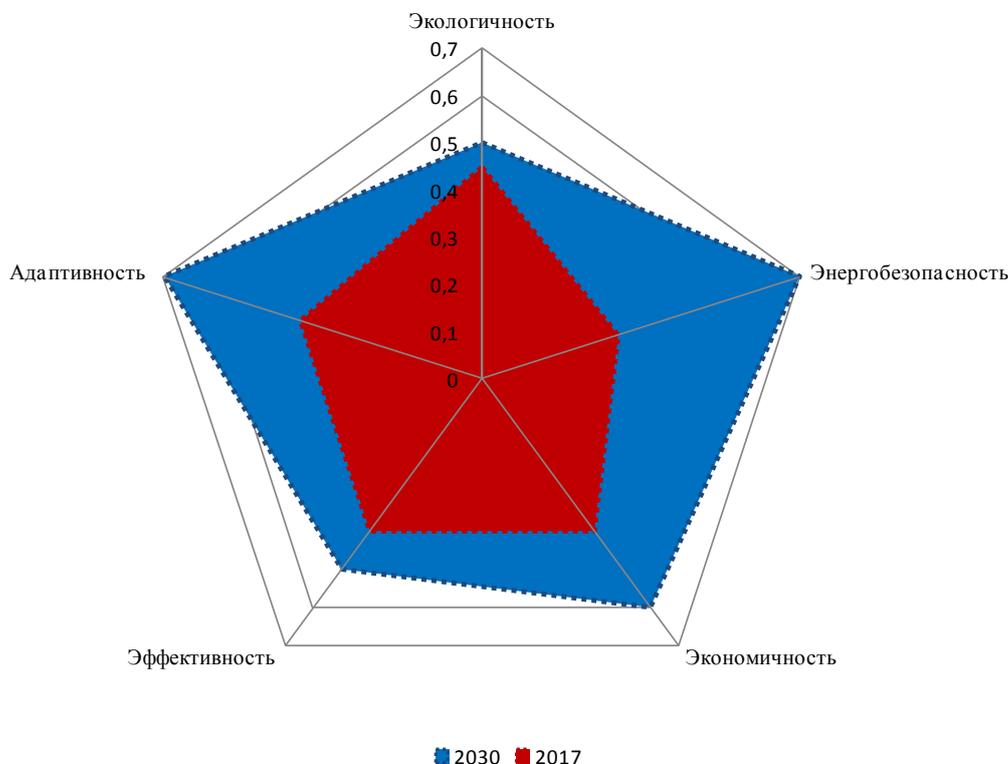


Рис. 2 – Прогноз изменения свойств ИИЭС в Европейском союзе

Прогноз спроса: **главные** – ВИЭ, цифровые, информационные; **умеренные** – аккумуляция, энергосбережение; **не приоритетные** – не ВИЭ, материаловедение, транспорт.

Необходимость создания ИИЭС в России. Главный внутренний вызов состоит в необходимости глубокой и всесторонней модернизации ТЭК России, преодолении высокого износа значительной части инфраструктуры и производственных фондов, повышении производства энергоносителей с высокой добавленной стоимостью (светлые нефтепродукты, газомоторное топливо, продукция нефте- и газохимии). Главной проблемой является значительный нереализованный потенциал организационного и технологического энергосбережения, превышающий 1/3 общего потребления ТЭР в стране.

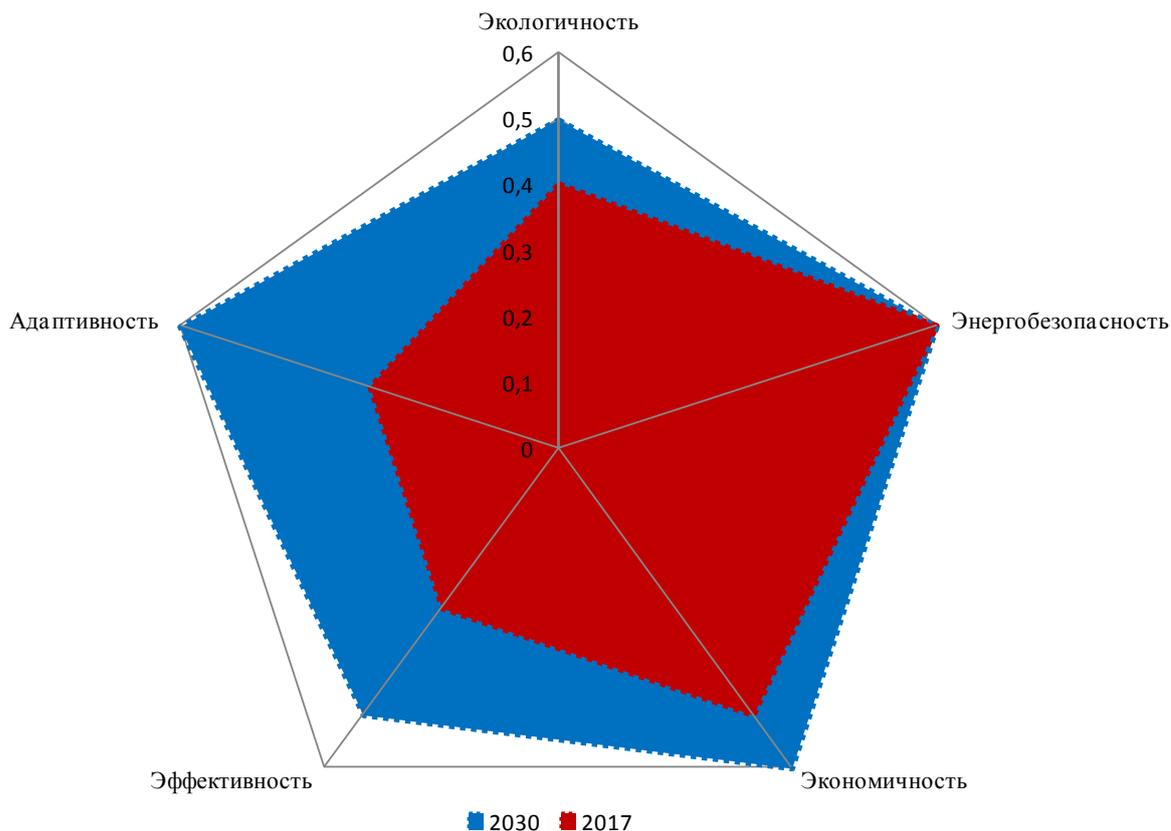


Рис. 3 – Прогноз изменения свойств ИИЭС в России

Прогноз спроса: **главные** – цифровые, информационные, энергосбережение; **умеренные** – ВИЭ, материаловедение, аккумуляция; **не приоритетные** – не ВИЭ, транспорт.

Заключение

Проведенный анализ показал, что, несмотря на различие проблемных мест в энергетических системах рассмотренных регионов, переход к ИИЭС невозможен без масштабной цифровизации и информатизации. Именно эти технологии будут являться основой решения главной проблемы, характерной для всех энергосистем – приобретение большей гибкости при интеграции различных энергетических ресурсов. Стоит отметить, что характерные проблемы Европы связанные с энергетической безопасностью, будут определять спрос на ВИЭ и аккумуляцию энергии, однако чрезмерное наращивание данных направлений согласно моделированию приводит к угрозе

экономичности, что скажется на конечном потребителе и конкурентоспособности продукции. Наиболее существенным для РФ остаются вопросы энергосбережения и эффективности, специфическая отношение потребителей к расходованию ресурсов, очевидно, должно быть сломлено не повышением тарифов, а образовательными сдвигами. Воспитание «культуры энергосбережения» должно идти в ногу со временем и быть основанной на «сервисах энергетической информатизации», что само собой невозможно без цифровизации систем электро-, тепло- и газоснабжения. На следующем этапе должна решаться задачи интеграции системы с децентрализованными объектами, это значительно увеличит адаптивность и энергобезопасность.

Библиографический список

1. Веселов Ф.В. Глобальные климатические инициативы: долгосрочные вызовы для энергетики России // ИНЭИ РАН: Конференция УгольЭко. Москва, сентябрь 2016. [Электронный ресурс]. URL: https://www.eriras.ru/files/270916-vybrosy_pg-veselov.pdf.
2. Огороков В.Р., Волкова И.О. Интеллектуальные энергетические системы: технические возможности и эффективность // Академия энергетики. – 2010. – № 3, – С.74-82.
3. Распределённая энергетика в России: потенциал развития. // Энергетический центр бизнес-школы «Сколково», ИНЭИ РАН, НТЦ ЕЭС. Москва, январь 2018. [Электронный ресурс] URL: https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_En eC_DER-3.0_2018.02.01.pdf.
4. Zhukovskiy, Y. & Malov, D. 2018, «Concept of Smart Cyberspace for Smart Grid Implementation», Journal of Physics: Conference Series.
5. Новак А.В. Итоги работы топливно-энергетического комплекса Российской Федерации в первом полугодии 2016 года [Электронный ресурс] // Министерство энергетики РФ. – Москва, 2016. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/5660>.

6. Zhukovskiy, Y.L., Vasilev, B.U. & Koteleva, «Quality estimation of continuing professional education of technical specialists», N.I. 2017, Proceedings of the 2017 International Conference «Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies», IT and QM and IS 2017 704-707.

7. Абрамович Б.Н., Сычев Ю.А., Жуковский Ю.Л. Методы и средства повышения уровня энергосбережения и энергоэффективности на горных предприятиях // Горное оборудование и электромеханика. – 2015. – № 5. – С. 25-30

8. Zhukovskiy, Y. & Malov, D. «Concept of Smart Cyberspace for Smart Grid Implementation», Journal of Physics: Conference Series, 2018.

9. Eurostat – european statistics. Population on 1 January 2017 [Electronic resource]. URL: <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&language=en&pcode=tps00001&tableSelection=1&footnotes=yes&labeling=labels&plugin=1> (дата обращения 21.03.2018).

10. World Energy Council. Coal in United States of America. URL: <https://www.worldenergy.org/data/resources/country/united-states-of-america/coal/>.

11. Independent Statistics and Analysis, U.S. Energy Information Administration. «Annual Energy Outlook 2018 with projections to 2050». 6 February 2018. [Electronic resource] URL: <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/AEO2018.pdf>.

12. IRENA – International Renewable Energy Agency. Sources of Investment. URL: <https://www.irena.org/financeinvestment/Sources-of-Investment>.

References

1. Veselov F.V. Global Climate Initiatives: Long-term Challenges for Russia's Energy // INE RAS: UgolEco Conference. Moscow, September 2016. [Electronic resource]. URL: https://www.eriras.ru/files/270916-vybrosy_pg-veselov.pdf.

2. Okorokov V.R., Volkova I.O. Intelligent energy systems: technical capabilities and efficiency // Academy of Power Engineering. – 2010. – № 3. – P. 74-82.

3. Distributed energy in Russia: the development potential. // Energy Center of Skolkovo Business School, INEI RAS, SEC. Moscow, January 2018. [Electronic resource]. URL:https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_DER-3.0_2018.02.01.pdf.

4. Zhukovskiy, Y. & Malov, D. «Concept of Smart Cyberspace for Smart Grid Implementation», Journal of Physics: Conference Series, 2018.

5. Novak A.V. Results of the work of the fuel and energy complex of the Russian Federation in the first half of 2016 [Electronic resource] // Ministry of Energy of the Russian Federation. – Moscow, 2016. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/5660>.

6. Zhukovskiy, Y.L., Vasilev, B.U. & Koteleva, N.I. 2017, «Quality assessment of continuing professional education in technical specialists», Proceedings of the 2017 International Conference «Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies», IT and QM and IS 2017 704-707.

7. Abramovich BN, Sychev Yu.A., Zhukovsky Yu.L Methods and means of increasing the level of energy saving and energy efficiency at mining enterprises. Mining equipment and electromechanics. – 2015. – № 5. P. 25-30.

8. Zhukovskiy, Y. & Malov, D. 2018, «Concept of Smart Cyberspace for Smart Grid Implementation», Journal of Physics: Conference Series

9. Eurostat – european statistics. Population on 1 January 2017 [Electronic resource]. URL:

<http://ec.europa.eu/urostat/tgm/table.do?tab=table&language=en&pcode=tps00001&tableSelection=1&footnotes=yes&labeling=labels&plugin=1> (circulation date 21.03.2018).

10. World Energy Council. Coal in United States of America. URL: <https://www.worldenergy.org/data/resources/country/united-states-of-america/coal/>.

11. Independent Statistics and Analysis, U.S. Energy Information Administration. «Annual Energy Outlook 2018 with projections to 2050». 6 February 2018. [Electronic resource] URL: <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/AEO2018.pdf>.

12. IRENA – International Renewable Energy Agency. Sources of Investment. URL: <https://www.irena.org/financeinvestment/Sources-of-Investment>.