РГАСНТИ 44.09.29

ISSN 2409-5516

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

4
выпуск
2015

МОСКВА

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Инновационные технологии и разработки во многом определяли и определяют устойчивое развитие мировой и отечественной энергетики, ее технологический уклад и эффективное функционирование. Прорывные технологии и концептуальные подходы к развитию ТЭК являются определяющим фактором и энергетики будущего, XXI века.

В этом выпуске «Энергетической политики» отражены теоретические и практические аспекты инновационно-технолгического развития энергетического комплекса – основные направления когнитивного энерготехнологического форсайта, вопросы влияния мирового развития технологий на приоритеты развития российского ТЭК, наукоемкости и резервов конверсии военного производства в интересах энергетического и горнодобывающего комплексов, современные технологические разработки для повышения эффективности электроэнергетики России, основные тенденции и перспективы развития корпоративного сектора мирового энергетического комплекса и др.

Надеемся, что представленные материалы будут интересны и полезны не только специалистам, но и тем, кто интересуется вопросами инновационного развития энергетики.

DEAR READERS!

Innovational technologies and developments define the sustainability of the world and Russian energy sector, its technological basis and effective functioning. The breakthrough technologies and conceptual approaches to the energy sector development are also the key factors for the future of energy sector in the XXI century.

The current issue of the «Energy policy» covers the theoretical and practical aspects of the innovational and technological development of the energy sector – key directions of cognitive energy and technological foresight, the influence of world technological progress on the Russian energy sector's priorities, research intensity and conversion reserves of military production in the interests of energy and mining sectors, up-to-date technological advancements for the Russian energy sector energy efficiency increase, key trends and prospects of the world corporate energy sector development etc.

We hope that the materials presented will be interesting and useful not only to experts but also to all readers who are interested in energy sector innovational development issues.

ОБЩЕСТВЕННО-ДЕЛОВОЙ, НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

Выпуск ·4· 2015

Издается с 1995 года

Редакционная коллегия:

В.В. Бушуев *– д.т.н., профессор, генеральный директор ИЭС, главный редактор*

А.М. Мастепанов *– д.э.н., профессор, зам. директора ИПНГ РАН, зам. главного редактора*

А.М. Белогорьев *– отв. секретарь, зам. директора по энергетическому направлению, Фонд «Институт энергетики и финансов»*

Н.И. Воропай *– д.т.н. чл.-корр. РАН, директор ИСЭМ СО РАН*

А.И. Громов *– к.г.н., Фонд «Институт энергетики и финансов», директор по энергетическому направлению*

А.Н. Дмитриевский *– д.г.-м.н., академик РАН, директор ИПНГ РАН*

В.А. Крюков *– д.э.н., чл.-корр. РАН, зам. директора ИЭОПП СО РАН*

Ю.Н. Кучеров *– д.т.н., начальник департамента технического регулирования ОАО «СО ЕЭС»*

А.А. Макаров *– д.э.н., академик РАН, советник РАН*

О.С. Попель *– д.т.н., зам. директора ОИВТ РАН*

В.В. Саенко *– к.э.н., зам. генерального директора ИЭС*

Ю.А. Станкевич *– зам. председателя Комитета РСПП по энергетической политике и энергоэффективности*

Ю.К. Шафраник *– д.э.н., председатель Совета директоров ЗАО «МНК «СоюзНефтеГаз»*

Учредитель журнала «Энергетическая политика»: ЗАО «Глобализация и Устойчивое развитие. Институт энергетической стратегии»

Адрес редакции: 109028, Москва, Яузский бул., д. 13, стр. 3, оф. 10
Телефон ред.: (495) 411-53-33 (доб. 5218)
E-mail: ies2@umail.ru; krilosov@guies.ru
Web-site: http://www.energystrategy.ru
Выходит 6 раз в год
Ведущий редактор *С.И. Крылосов*
Компьютерная верстка *В.М. Щербаков*
Отпечатано в ООО ИД «ЭНЕРГИЯ»
Подписано в печать 28.08.2015
Формат 60x84/8
Бумага офсетная. Печать офсетная
Усл. печ. л. 9.3. Уч. изд. л. 10,0
Тираж 500 экз.
Заказ № 29 (67/02-99) ИЭС № 360

© ЗАО «Глобализация и Устойчивое развитие. Институт энергетической стратегии», 2015
Журнал «Энергетическая политика» входит в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК.
При перепечатке материалов ссылка на издание обязательна.

ПОБЕДИТЕЛЬ VII ВСЕРОССИЙСКОГО ЖУРНАЛИСТСКОГО КОНКУРСА «ЛУЧШАЯ ПУБЛИКАЦИЯ ПО ПРОБЛЕМАМ ТЭК РОССИИ 2001 года»

СОДЕРЖАНИЕ
CONTENTS

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

INNOVATIVE TECHNOLOGIES SUSTAINABLE DEVELOPMENT

В.В. Бушуев. Когнитивный энерготехнологический форсайт.....3

V. Bushuev. Cognitive energy and technological foresight

Ю.А. Плакиткин. Нужны ли в энергетики радикальные инновации?.....11

Y. Plackitckin. Does the energy sector need the radical innovations?

А.А. Ованесов, Ю.Н. Судаков, А.А. Секачев. Влияние мирового развития технологий на приоритеты инновационного развития ТЭК в России.....19

A. Ovanesov, Y. Sudakov, A. Sekachev. The influence of the world technological development on the priorities of innovational development of Russian energy sector

Ю.А. Чернегов. Наукоемкость и резервы конверсии оборонного производства в интересах топливно-энергетического, горно-металлургического и горно-химического комплексов.....28

Y. Chernegov. Research intensity and the reserves of conversion of defence production for the benefit of the energy, mining and smelting and mining and chemical sectors

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

Ю.Г. Шакарян, Н.Л. Новиков, А.Н. Новиков. Современные технологии для повышения энергоэффективности российской электроэнергетики..... **37**

Y. Shakaryan, N. Novikov, A. Novikov. Up-to-date technologies of Russian energy sector's energy efficiency increase

А.П. Белкин, **А.В. Дубова.** Выбор технологии децентрализованного энергоснабжения предприятий Тюменской области.....**46**

A. Belkin, A. Dubova. The choice of technology of decentralized energy procurement of Tumen region companies

М.В. Афанасьева. Основные тенденции и перспективы развития корпоративного сектора мирового энергетического комплекса.....**54**

M. Afanasieva. The main trends and perspectives of the world corporate energy sector development

А.А. Горлов. Процессы замещения традиционной энергетики возобновляемой в странах бассейна Северного моря..... **68**

A. Gorlov. Replacement processes of traditional power generation renewable energetics in countries the North Sea basin

УДК 001.6:620.9

В.В. Бушуев[1]

КОГНИТИВНЫЙ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ФОРСАЙТ

Целевое видение (форсайт) энергетических трансформаций определяется исходя не из собственной эволюции энергетики, а из общих тенденций развития цивилизации и новой роли энергетики в системе «природа – общество – человек».

Энергетика становится не только средством жизнеобеспечения, но и фактором жизнедеятельности. Человек, как главное действующее лицо этой системы, формирует свое энергетическое будущее на основе собственных когнитивных представлений о потенциальных возможностях и новом структурном образе энергетической цивилизации, действующих силах и гармонизации материальных и духовных приоритетов энергетического развития. При этом субъективность индивидуального человеческого мышления дополняется и нивелируется учетом общих закономерностей развития цивилизации. В статье рассматривается инновационный (организационно-технологический) подход к целевому видению энергетики будущего и построению его когнитивного образа.

Ключевые слова: энергетика, форсайт, техноценоз, когнитивный подход, интеллектуальное прогнозирование.

Кризис 2010-х годов знаменует собой начало нового цивилизационного этапа развития человечества. Цивилизация (от *ци* – энергия, *вил*, *вл* – владение) – это, по большому счету, энергетическая метасистема, характеризующаяся комплексным (ресурсным, материальным, технологическим, социальным, культурным и интеллектуальным) потенциалом и его эффективным использованием для устойчивого и гармоничного развития триады «природа – общество – человек». В этой метасистеме человек является не только одной из составных частей, он является координатором этого развития, формируя целевое видение (форсайт) новой цивилизации, осуществляя выработку приоритетов и направлений эволюции, а также механизмов трансформации энергетики из системы жизнеобеспечения в систему жизнедеятельности в окружающей социоприродной среде.

Энергетическая трансформация охватывает все виды используемого потенциала, переход от доминирования ресурсного фактора к неоиндустриальным (энергоинформационным) системам, а впоследствии к интеллектуальной социогуманитарной энергетике.

Энерготехнологический форсайт предполагает, что новый этап развития цивилизации будет характеризоваться увеличением роли и значения человеческого капитала в качестве наиболее эффективной формы энергетического потенциала. Человек будет все в большей степени становиться не только главным действующим лицом этой трансформации, но и объектом новой энергетики. Человеческий фактор становится главным и при выборе идеологии (направлений) энергетической трансформации, и методологии форсайта, основанной на использовании мыслительных алгоритмов целевого видения образа будущей энергетики как системы жизнедеятельности.

Целевое видение будущего, в центре которого человек – одновременно индивидуальное и коллективное существо, предполагает, что для выработки форсайта необходим новый подход, основанный на когнитивном представлении перспективы как цельного образа триады «природа – общество – человек».

Когнитивность – это способность человека воспринимать внешний мир путем образного мышления и выстраивать алгоритм формирования этого образа путем интеллектуального прогнозирования. Этот вид прогнозирования дает не количественные оценки тех или иных параметров, характеризующих будущее, а структурный образ этого будущего, получаемый умозрительным путем. Когнитивность

[1] Виталий Васильевич Бушуев – генеральный директор Института энергетической стратегии, д.т.н., профессор, *e-mail:* vital@df.ru

форсайта определяется не усредненными значениями экспертных оценок прогнозистов, а способностью человека сформировать собственное целостное видение будущего.

Этот образ будущего зависит от понимания человеком-прогнозистом общих тенденций развития цивилизации, его умения не потеряться в частностях, его представлений о гармонизации материальных и духовных начал энергетической жизнедеятельности в системе «природа – общество – человек». Социоприродная и социотехническая среда – это единый мир, в котором развивается жизнь человека. И очень важно, как он воспринимает этот мир и его неизбежную трансформацию, как он встраивает себя в этот изменяющийся мир и что он должен делать для гармонизации своего «Я» и окружающей среды. Взгляд на этот мир отражает и общее мировоззрение, и когнитивный образ мышления и поведения индивидуума. При этом формирование будущего невозможно в деталях, но осуществляется по неким общим законам развития.

Ключевым для форсайта является учет как минимум двух базовых закономерностей:

1) прошлое, настоящее и будущее по своей структуре подобны (обладают временной фрактальностью);

2) любая система составляет часть более сложной, но структурно подобной метасистемы (обладают пространственной фрактальностью: «что наверху, то и внизу» – принцип Трисмегиста).

Принцип пространственно-временной фрактальности является общим структурным свойством социоприродной среды и отражается в виде волновой конструкции Эллиотта: трех волн, определяющих движущую фазу развития и двух корректирующих волн угасания процесса. Математической основой этих волн Эллиотта служит последовательность Фибоначчи, отражающая золотые пропорции между плечами этих волн [1].

Известно применение этого структурного подхода к обоснованию закономерностей развития мировой динамики в XX и XXI вв. [1], эконофизике [2], при прогнозировании социальной динамики [3], мировых цен на нефть [4] и в других сферах.

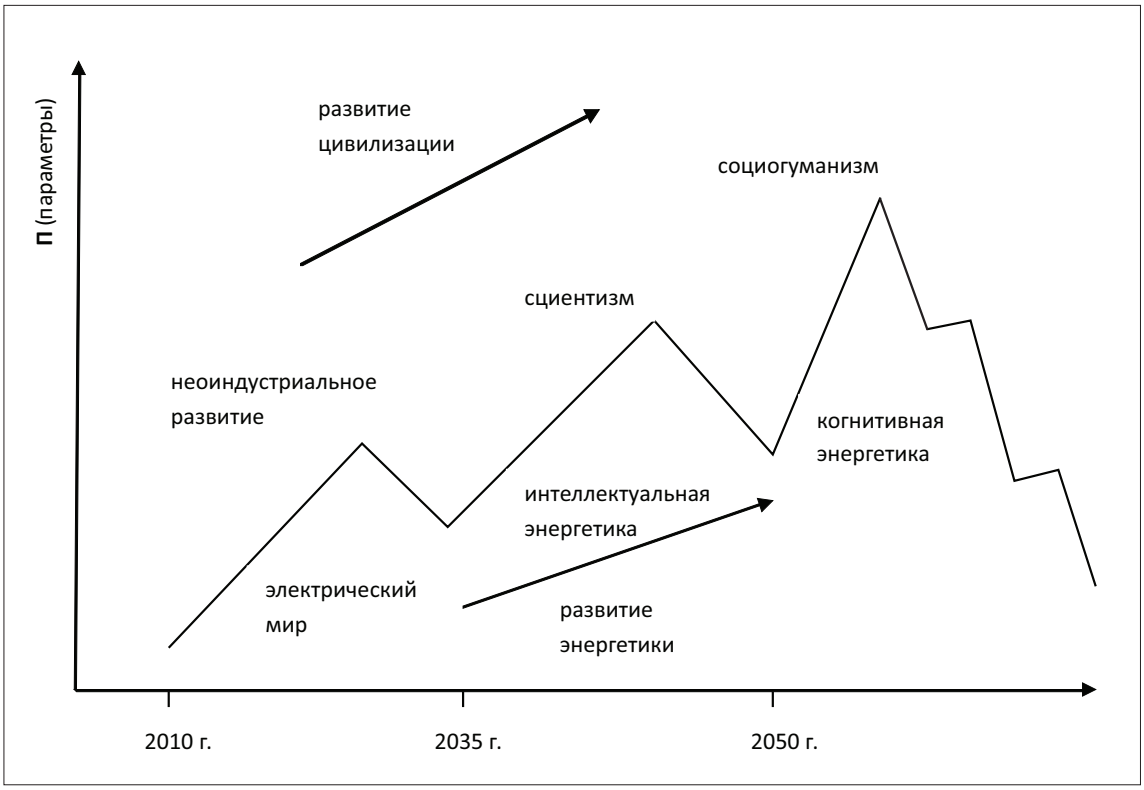


Рис. 1. ***Фрактальная структура развития цивилизации и новой энергетики***

Близкий по смыслу подход был использован Ю.А. Плакиткиным при прогнозировании новых технологических укладов в энергетике [5]. В данной статье показано, как когнитивные структурные представления позволяют формировать энерготехнологический форсайт. Фрактальная структура развития цивилизации и соответствующий образ новой энергетики приведены на рис. 1.

Нынешняя волна неоиндустриального развития переходит в волну сциентизма (научной революции) и социогуманизма. Соответственно, развитие энергетики идет от сегодняшней многоукладной энергетики и доминанты электрического мира к интеллектуальной энергетике и когнитивной энергетике (энергии мысли).

Искусство интеллектуального прогнозирования заключается в том, чтобы правильно разместить на общей траектории мировой динамики начало и узловые точки волновой конструкции Эллиотта. Пока не выработано каких-либо общих правил аппроксимации прошлой динамики набором таких волн, а, следовательно, и учет размещения этих волн на будущей траектории.

Выбор начала этой волновой конструкции остается в значительной степени делом субъективным, как и собственно процесс когнитивного мышления.

Единственное, что позволяет аргументированно представлять эту конструкцию – это правило, что система завершает очередной цикл своего текущего существования, входя в «режим обострения», когда динамика изменения тех или иных параметров системы начинает меняться очень интенсивно (рис. 2). Следует ожидать, что продолжение этой тенденции привело бы систему к экспоненциальному росту (демографический взрыв начала XXI в., резкий рост экономики и спроса на энергию, особенно в Китае и странах АТР в первом десятилетии XXI в., глобальное потепление, ажиотаж с нефтяными ценами, информационный бум и т.д.).

Поэтому общий кризис 2010-х годов естественно должен вызвать переход на новую волну развития, в том числе и энерготехнологического, с новым жизненным (социальным и технологическим) циклом. Подобно тому, как каменный век закончился не потому, что закончились камни, а по причине перехода к более эффективным энергетическим ресурсам, так и нефтяная эра переходит в этом жизненном цикле в стагнирующее состояние и замещается эрой газовой,

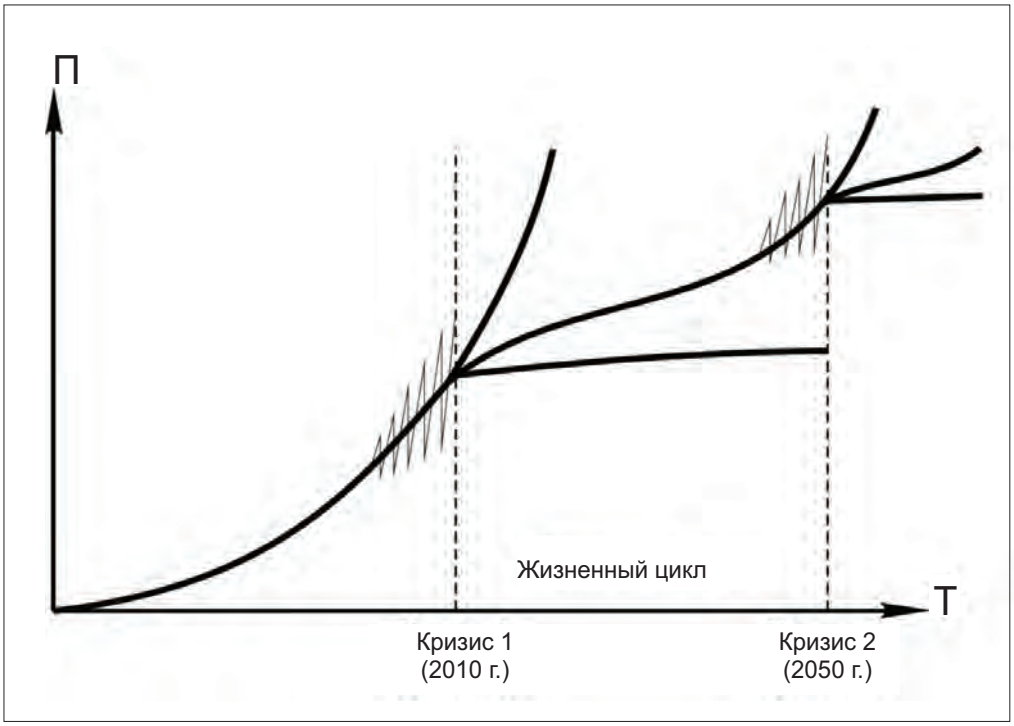


Рис. 2. ***От экспоненциальной к логистической кривой роста***

нетопливной энергетики, с ориентацией на наиболее эффективный энергоноситель – электрическую энергию.

Эта ключевая «развилка» в тенденциях перехода к будущей энергетике: топливной или нетопливной, бензиновым или электромобилям, определяет тот или иной вариант энергетического развития. Какие бы количественные прогнозы, основанные на плавных регрессионных оценках, не делали представители МЭА или ОПЕК, консультанты Гринпис или КЕРА, признать ту или иную альтернативу будущей реальности невозможно, даже несмотря на то, что любое целевое видение будет субъективным. В данном случае речь идет не об общественном согласии в отношении будущего развития, а о некоторых закономерностях трансформации сложных систем с учетом человеческого фактора. Попробуем отметить некоторые из этих закономерностей применительно к энергетике как отражение того когнитивного видения, которое формируется в процессе интеллектуального прогнозирования.

Будущая энергетика, как минимум до конца столетия, будет многоукладной, состоящей из всех видов энергоисточников и состава потребляемых энергоносителей. Ведь в XXI в., несмотря на появление ракетно-космических транспортных средств, тепловозы и даже паровозы не списали в утиль. Несмотря на развитие Интернета печатное слово не ушло в прошлое. Появление атомной энергетики и развитие ВИЭ не отменило существование тепловой энергетики.

Поэтому, говоря о целевом энерготехнологическом видении будущего, следует иметь ввиду не альтернативы углеводородной или возобновляемой энергетики, централизованной или распределенной генерации тепла и электроэнергии, традиционных и нетрадиционных ресурсов нефти и газа. Следует акцентировать внимание на долевое соотношение нынешних источников и видов энергии и тех инновационных решений, которые получат более интенсивное развитие в будущем. Человек, если он не выдает желаемое за действительное, всегда понимает, что его жизнедеятельность будет одновременно проходить и в материальном мире, и в мире желаемых образов.

Чем масштабнее нынешние технологические уклады, тем они более консервативны и инерционны. Крупные объекты, такие как ГРЭС или АЭС, ГЭС или ТЭЦ менее подвержены радикальным технологическим изменениям, несмотря на появление новых источников, а инновации в большой энергетике всегда будут реализовываться заведомо более медленными темпами. Приливные станции, термоядерные реакторы, тригенерация, новые космические энергоисточники, даже если они будут обладать хорошими технико-экономическими показателями, всегда будут внедряться медленнее, чем инновации в малой энергетике. Во-первых, «большие инновации» более капиталоемки, обладают большими рисками и неопределенностью ожидаемого результата, чем венчурные проекты, где положительный эффект даже одного из десяти проектов уже оправдывает инновации в целом.

Во-вторых, инерционность и консерватизм является одной из характерных черт человеческого мышления, и потому когнитивное целевое видение будущего всегда сталкивается со стремлением к сохранению status kwo по сравнению с коренной реконструкцией форсайта.

Поэтому все инновации будут реализовываться вначале на малых объектах, и только потом массово тиражироваться, если при этом будут получаться качественно новые эффекты. Психологически никто не будет существенно менять структуру и технологические элементы больших установок, если от этого нельзя ожидать качественно нового потребительского эффекта и последующего масштабного внедрения инноваций.

Если исходить из того, что средний срок службы энергетических объектов большой мощности – не менее 50 лет, что в 4 раза превышает срок окупаемости большого проекта, то на предстоящий полувековой период энерготехнологического прогноза следует ожидать как минимум сохранения 3/4 нынешнего уклада, и максимум – на 1/4 качественного обновления энергетической структуры. Для объектов малой энергетики следует ожидать более быстрой смены технологического уклада и качественного обновления структуры производства и потребления энергии. То же самое относится к обновлению структуры новых углеводородных

ресурсов. Даже с учетом естественного истощения действующих месторождений проблемы ресурсного дефицита не существует.

Повышение КИН (коэффициента извлечения нефти) с нынешних 30 до проектных 45-50% позволяет в 1,5-2 раза продлить срок их эксплуатации, а с учетом доразведки новых традиционных запасов углеводородного сырья не следует ожидать быстрее чем за 50 лет масштабного перехода к использованию качественно иных видов ресурсов (газогидратов, матричной нефти и т.п.). Сланцевая революция в США накапливала силы не менее чем 15 лет, и только сочетание новых геополитических установок (стремление к энергетической независимости) и технологических возможностей (горизонтальное бурение скважин) позволило быстро достичь определенных результатов. Хотя перенос этой революции в другие регионы (Польшу, Украину, Китай) практически не дал никаких результатов. Необходимо считаться с тем, что новые ресурсы и новые технологии их освоения имеют менее глобальное значение для мировой энергетики в целом. С учетом этого глобальный энергетический рынок (и ресурсный, и технологический) распадается на ряд региональных рынков.

При формировании банка данных новых технологий [6] для этого рынка необходимо считаться с тем, что определяющими для выбора и обоснования новой технологической системы станет не только целевой продукт, извлекаемый из природной среды, а и учет структуры и энергетических возможностей той среды, которую мы осваиваем. Так, наличие керогена в структуре баженовской свиты (российский аналог нефтегазоносной среды) обусловило то, что одной из наиболее эффективных технологических систем для освоения трудноизвлекаемых ресурсов стало применение газотермических методов. За счет создания высокотемпературных условий происходит разжижение нефтегазовых флюидов и их более быстрое улавливание в процессе добычи. Другим примером увязки технологий с особенностями нефтегазосодержащей породы является освоение так называемой матричной нефти. По сути, мы имеем дело с породой, уже содержащей не исходный нефтяной продукт, а некую полимеризованную структуру, подобную неким разновидностям продуктов, получаемых из сырой нефти в процессе ее полимеризации при нефтепереработке. Осознанное использование нового ресурса в его уже переработанном самой природой виде позволяет по-иному подходить к связке «порода – технология – продукт» и формировать новую схему освоения комплексного природного ресурса. Подобные примеры имеют место при добыче шахтного метана, угля, содержащего редкоземельные материалы и другие ценные компоненты, гелийсодержащего газа и др.

Более того, содержащиеся в угольной золе после сжигания твердого топлива алюмосиликаты обладают высокими теплоизолирующими свойствами, что позволяет не только эффективно утилизировать все отходы, но и формировать технологический процесс сжигания угля по критерию максимального выхода нового продукта – алюмосиликатов. Подобного рода технологические задачи и возможности позволяют перейти от традиционной схемы подбора технологий под целевой продукт к выбору комплексной ресурсно-инновационной системы, решающей не одну, а множество задач. Такой путь целевого формирования технологической системы по своей сути близок к методам генной инженерии, когда синтез технологических систем из отдельных модулей с предварительным анализом исходного ресурса производится за счет интеллектуального формирования системы с заданными свойствами.

В третьих, эффект массового внедрения инноваций во многом носит психологический характер. Человек и общество воспримут лишь те инновации, которые сулят качественные изменения в образе жизни социума.

Электричество в начале XX в. стало основой промышленного и бытового переворота прежде всего в сознании людей. «Коммунизм есть Советская власть плюс электрификация всей страны» – этот лозунг плана ГОЭЛРО отражает прежде всего социальный заказ общества на новую энергетику, создающую качественно новые условия жизнедеятельности. Лампочка Ильича несла не просто свет в дома вместо лучины. Электрификация создала новый стиль жизни – переход к обобществлению труда, фабричному производству вместо кустарного ремесленничества.

Интернет в конце XX-го столетия дал Человеку новые формы общения со всем миром, и силовая энергетика стала энергоинформационной инфраструктурой жизнедеятельности.

В дальнейшем целесообразно говорить о тех инновациях, которые сулят человеку качественные преобразования его жизни. Это, прежде всего, переход к интеллектуальным системам, усиление когнитивных способностей роботов, внедрение методов генной инженерии не только в биологии, но и в конструировании человеко-машинных (эргатических) систем. При этом нельзя выдавать желаемое за действительное – необходимо познание того, что мы хотим использовать, какие ожидаемые результаты надеемся получить, и как осуществить эту трансформацию имеющегося потенциала в конечный результат.

Соединяя знания о структуре и потенциальных возможностях исходного ресурса и ожидаемые результаты использования конечного продукта, мы рассматриваем энерготехнологический форсайт как многоцелевую и многокритериальную задачу создания *техноценоза* [7] и *социоценоза*, под которыми следует понимать совокупность технических объектов человека и общества, а главное – связывающих их отношений, составляющих в целом замкнутую целенаправленную систему.

Особое значение при проектировании социо- и техноценоза играют информационные связи, формирующие структуру этого объединения и обеспечивающие ему признаки «живой» самообучающейся и саморазвивающейся системы. По сути дела, мы имеем дело с интеллектуальной системой, где информационная и технологическая части составляют единое целое и функционируют в соответствии с принципами когнитивного мышления.

Наиболее ярким и выразительным примером такого энергоинформационного техноценоза, а точнее человеко-машинного гомотехноценоза, является новый электрический мир потребителя.

Новый электрический мир является наглядной иллюстрацией того, как традиционное представление о форсированном развитии электрификации производственных процессов, транспорта и бытовой сферы перерастает из чисто количественного развития сферы электропотребления в новый образ поведения человека. Электроэнергия обладает тремя уникальными три «у»-свойствами: универсальностью, удобством и управляемостью. Универсальность означает, что она может заменить собой практически все другие энергоносители: тепло, моторное топливо, механические двигатели и даже химические процессы. Удобство электрических услуг позволяет обеспечить лучшее качество пищеприготовления, освещения, электроотопления и климат-контроля (регулирование тепла и холода, влажности и озонирования воздуха). А управляемость электрических процессов позволяет создать «умный» дом с интеллектуальным управлением всей системы жизнеобеспечения и жизнедеятельности.

Разумеется, за удобство надо платить, но замена распределенных тепловых сетей с большими потерями на электрические коммуникации, оперативное регулирование температуры в месте обитания человека, а не по всей кубатуре здания, замена бытовых газовых плит на электрические улучшает экологическую обстановку в жилищах, снижает аварийность системы энергоснабжения. А замена общественного автотранспорта на электрифицированные виды с аккумуляторными батареями качественно меняет социальную и экологическую обстановку в городах-мегаполисах.

Отличительной чертой нового электрического мира является переориентация всех распределительных сетей и так называемой «розеточной психологии» энергоснабжения на подключение потребителей к бытовым и системным накопителям энергии. Тем самым исчезает одна из особых наиболее разительных черт электроснабжения: одновременность производства и потребления энергии при прежней, казалось бы, невозможности «складирования» электрической энергии. Использование накопителей позволяет по-новому решить проблему пиковых нагрузок и необходимость разгрузки станций в ночные часы. Аккумуляторы позволяют «собирать» вместе энергию от распределенных источников, в том числе ВИЭ, и от централизованной генерации, повышая общую эффективность работы локальных и общих систем энергоснабжения, возможности самообеспечения и ответственность потребителя за собственное энергоснабжение.

Освоение системных накопителей большой мощности позволяет по-новому формировать структуру и режимы Единой энергетической системы ЕЭС-2.0, в которой силовые энергетические потоки вместе с сигналами управления создают новую энергоинформационную инфраструктуру в интересах интеграции регионов России и Евразийского союза в единое энергетическое пространство.

Перевод структуры ЕЭС-2.0 из множества физических энергокоммуникаций в энергоинформационное объединение позволяет повысить роль управляющих агентов и перейти к мультиагентному управлению с использованием верхнего уровня для мониторинга принимаемых решений, оценки рисков и арбитража локальных решений.

По сути дела, новая ЕЭС-2.0 – это новая человеко-машинная (эргатическая) система, представляющая энергетику в роли когнитивной системы [8], формируемой и управляемой в соответствии с принципами человеческого мышления и поведения.

Новая энергетика – это симбиоз больших социотехнических систем и индивидуальных электрических «умных» установок для более полного учета всех жизненных устремлений как отдельного человека, так и всего общества. И это интегрированное целевое видение определяется когнитивным мышлением, соединяющим индивидуальные представления человека и его общее понимание энергетики как системы гармонизации жизни в триаде «природа – общество – человек».

Форсайт такой энерготехнологической и энергоинформационной системы – это новый взгляд на будущее нашей энергетической цивилизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кризис 2010-х годов и новая энергетическая цивилизация / под ред. В.В. Бушуева, М.Н. Муханова. М.: Энергия, 2013, 272 с.

2. Панченков А.В. Эконофизика. Н. Новгород, 2007. С. 314-404.

3. Бушуев В.В., Сокотущенко В.Н., Сокотущенко Н.В. Влияние солнечной активности на социально-политические события XX и XXI вв. М.: Энергия, 2013, 76 с.

4. Бушуев В.В., Конопляник А.А., Миркин Я.М. Цены на нефть: анализ, тенденции, прогноз. М.: Энергия, 2013, 344 с.

5. Плакиткин Ю.А. Цикличность инновационно-технологических процессов в глобальной энергетике – использование фракталов технологического времени для прогнозирования развития отраслей ТЭК мира и России // Энергетическая политика, 2014, № 6. С. 10-21.

6. Банк энергетических технологий. URL: http://www.energystrategy.ru.

7. Гнатюк В.И. Закон оптимального построения техноценозов – комп. версия. Изд. ТГУ – Центр стратегических исследований, 2005-2008.

8. Когнитивный подход: философия, когнитивная наука, когнитивные дисциплины / отв. ред. В.А. Лекторский. М.: КАНОН, 2008, 464 с.

Поступила в редакцию
18.08.2015 г.

V. Bushuev[2]

COGNITIVE ENERGY AND TECHNOLOGICAL FORESIGHT

Target vision (foresight) of the energy transformations is defined based not on the energy sector evolution as it is, by based on the general tendencies of civilization development and new role of energy sector in the system of nature, society and man.

Energy sector becomes not only the life-preserving facility, but also a factor of life sustaining. The human as the main actor of this system forms their energy future based on proper cognitive ideas of potential possibilities and new structural image of the energycivilization, main acting powers and harmonization of the material and spiritual priorities of the energy development.

The paper presents the innovative (organizational and technological) approach to the foresight of the future of the energy sector and building of its cognitive image.

Key words: energy, foresight, technocenosis, cognitive approach, intellectual forecast.

[2] Vitaly V. Bushuev – Director General with Institute for Energy Strategy, professor, Doctor of Engineering, *e-mail:* vital@df.ru

УДК 001.8:620.9 (100)

Ю.А. Плакиткин[1]

НУЖНЫ ЛИ В ЭНЕРГЕТИКЕ РАДИКАЛЬНЫЕ ИННОВАЦИИ?[2]

В статье приведены результаты долговременного прогноза цен на нефть. Рассмотрены два возможных варианта развития экономики страны. Приведен анализ соответствия пакета энергетических технологий этим вариантам развития. Предлагается скорректировать вектор технологического развития в сторону применения радикальных технологий, снижающих стоимость производства и доставки энергии потребителям.

Ключевые слова: долговременное снижение цен на нефть, варианты развития энергетики, традиционный пакет альтернативной энергетики, технологический кризис, радикальные инновации, новый вектор технологического развития.

В настоящее время чувствуется некоторая неуверенность органов государственного управления в вопросах прогноза долгосрочного развития отраслей ТЭК и сопровождающего его ценового ряда на энергоресурсы, и в первую очередь – мировых цен на нефть. В оценке последних вообще нет аргументированного понимания. При этом многие представители государственного регулятора и бизнеса в надежде на возврат лучших времен заявляют о том, что после 2-3-летнего падения цен на нефть обязательно наступит их рост.

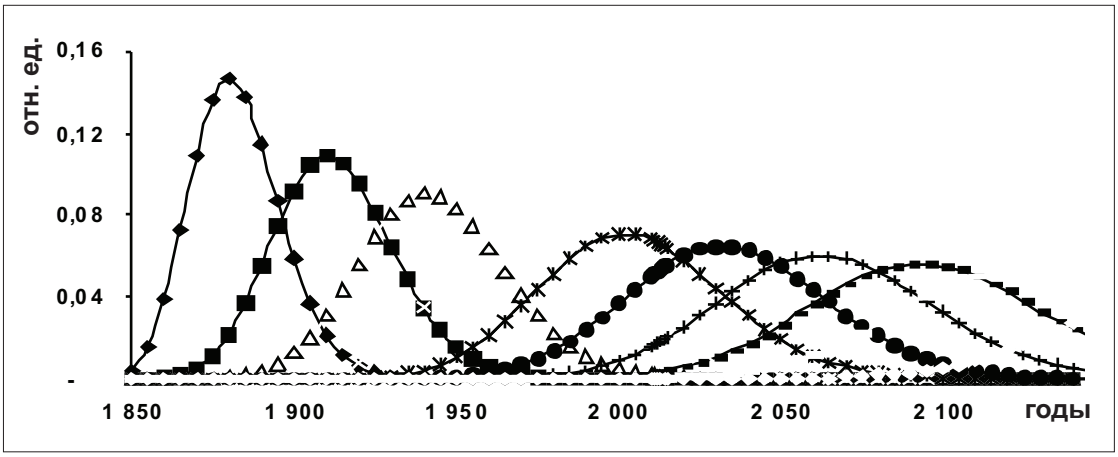
Под напором текущих обстоятельств регулятором уже сделан ряд некорректных шагов, затрудняющих выработку объективных прогнозных решений по развитию энергетики. Вопреки логике разработки прогнозных документов, предусматривающей последовательную «вложенность» прогнозов, включающую на первом этапе разработку комплексного прогноза технико-технологического развития ТЭК, на втором – Энергостратегии России и только на третьем – Схем развития и размещения отраслей или отраслевых программ, сделано ровно противоположное. Так, в начале (более 1-2 года назад) были подготовлены Схемы развития и размещения отраслей ТЭК, в том числе Программа развития угольной промышленности до 2030 года. К настоящему времени уже почти сформирован финальный вариант Энергостратегии России до 2035 г. (далее – Энергостратегии) и только в последующую очередь было решено перейти к разработке, быть может, самого главного прогнозного документа, первично воздействующего на результаты двух выше названных прогнозов – комплексному прогнозу научно-технологического развития отраслей ТЭК. При этом его разработку предполагается осуществить в течение очень короткого времени – до 2-х месяцев. Очевидно, что в такие сжатые сроки подготовка прогноза может быть выполнена лишь путем «монтажа» и тиражирования технико-технологических разработок, основная часть из которых была сформирована еще в период высоких цен на энергоносители. И именно данный комплекс разработок в итоге будет призван определить вектор будущего развития энергетики. Это обстоятельство усиливает риски выбора неверных приоритетов в долгосрочной технологической политике ТЭК.

Многие разработчики Энергостратегии знают, насколько чувствительны прогнозные расчеты к параметрам мировых цен на нефть. Иногда эти ценовые параметры полностью «опрокидывают» прогнозы будущих объемов производства в отраслях ТЭК, особенно предназначенных для экспортных поставок.

Автор настоящей статьи, начиная с 2008 г., в своих публикациях и выступлениях неоднократно подчеркивал, что на рубеже 2013-2015 гг. цены на нефть войдут в коридор системного снижения [1-6]. Исследования автора последних лет, проведенные с использованием так называемых «фракталов технологического времени» [7-9], позволили уточнить прогнозный коридор этого снижения.

[1] Юрий Анатольевич Плакиткин – заместитель директора Института энергетических исследований РАН, профессор, д.э.н., академик РАЕН, *e-mail:* uvn@eriras.ru

[2] Мнение автора может не совпадать с мнением редакции.



Источник: *автор статьи.*

Рис. 1. ***Фракталы технологического времени***

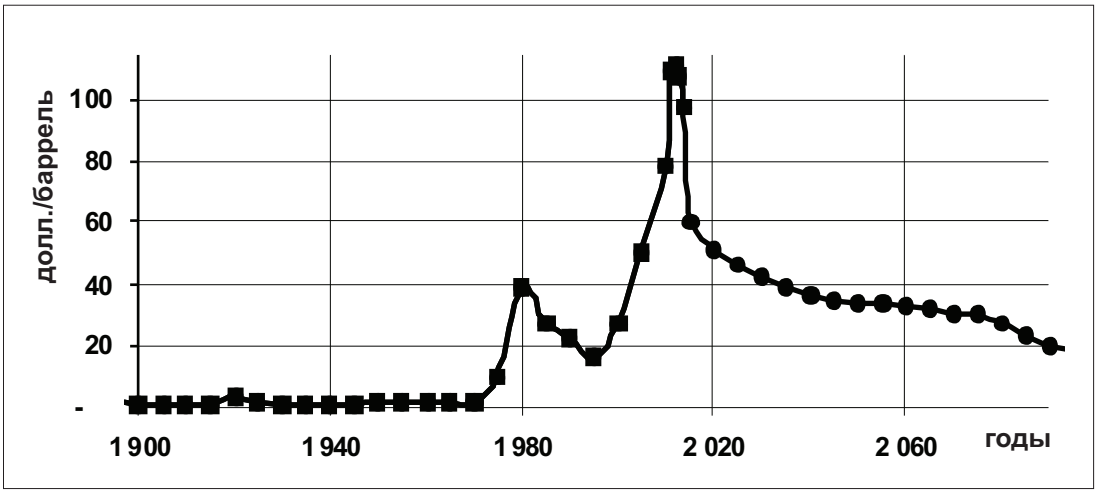
На первом этапе автором были получены фракталы технологического времени (рис. 1).

Далее, на базе полученных фракталов, учитывающих развитие мировой экономики, был сформирован долгосрочный прогноз мировой цены нефти (рис. 2).

Представленные результаты прогноза свидетельствуют о долговременном характере системного снижения мировой цены нефти. Так, к середине XXI в. среднегодовые уровни мировой цены нефти могут составить около 30 долл./баррель.

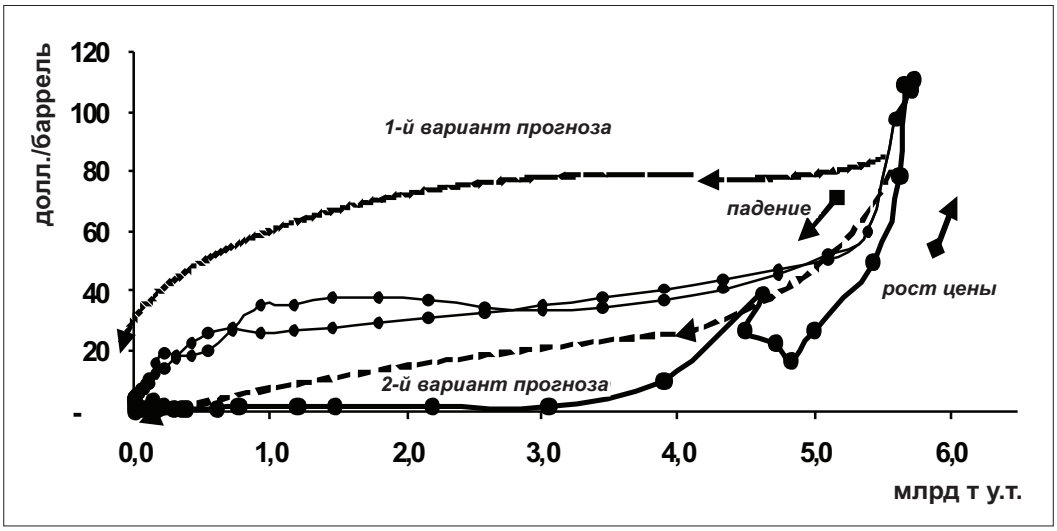
В этой связи, вопреки мнению некоторых представителей регулятора и энергетических компаний о возможном повышении мировой цены нефти, расчеты показывают ровно обратное, а именно: длительное системное ее падение. Насколько критично это падение? Для ответа на этот вопрос была построена зависимость мировой цены нефти от объемов ее мировой добычи (рис. 3).

В соответствии с зависимостью (см. рис. 3) рост объемов добычи нефти в течение долгого периода (более 150 лет) сопровождался повышением ее цены. Прогноз показывает, что снижение объемов мировой добычи нефти в предстоящем долговременном периоде будет сопровождаться таким же долговременным падением ее цены. Это падение может быть реализовано двумя, принципиально отличающими друг от друга, вариантами: I вариант – слабое падение



Источник: *автор статьи.*

Рис. 2. ***Долгосрочная прогнозная динамика мировой цены нефти***



Источник: *автор статьи.*

Рис. 3. ***Зависимость цены нефти от объемов ее мировой добычи***

или стабилизация цены; II вариант – радикальное падение цены до отметок ретроспективного периода.

Реализация варианта I позволит еще долгое время использовать действующие энергетические технологии или новые технологии аналогового замещения, не снижающие цен на топливо. В этом варианте еще можно будет в период до 2030 г. осуществлять добычу трудноизвлекаемых ресурсов, а также реализовывать северные и арктические проекты.

В варианте II разработка трудноизвлекаемых запасов энергоресурсов ограничена. Инвестиции будут вкладываться в основном в инновационные проекты, повышающие отдачу на действующих месторождениях. При этом реализация арктических проектов может носить лишь фрагментарный характер. Такие проекты, как «Сила Сибири», вероятно, будут замыкающими и последними в реализации долгосрочной стратегии. В этом варианте использование инновационных энергетических технологий должно приводить к снижению затрат на добычу и доставку энергии.

Как показывают проведенные расчеты, прогнозный коридор изменения цен на нефть в большей мере тяготеет ко второму варианту снижения цены на нефть. Это означает, что в настоящее время в энергетике формируется запрос не просто на инновационные энергетические технологии, а на очень дешевые технологии. Данный запрос будет, вероятнее всего, оказывать большое влияние на выбор приоритетов технико-технологического развития ТЭК в предстоящем долгосрочном периоде.

Однако такой вектор в формировании технико-технологических приоритетов диссонирует с существующим портфелем энергетических технологий, принимаемых в настоящее время при прогнозе технологического развития энергетики.

Реализация ложных приоритетов тянет за собой не только разработку неэффективных НИОКР, что само по себе приводит к дополнительным затратам государства, но и, самое главное, к большим, неоправданным для российской экономики, инвестиционным издержкам.

Дело в том, что Россия, в отличие от ряда передовых стран, обладает достаточно изношенным производственным аппаратом. В этом случае ориентация на реализацию варианта I, предусматривающего задействование в энергетике существующего портфеля технологий, может привести к дополнительным инвестиционным затратам.

Парадоксальным образом текущее состояние российской экономики делает нашу страну более подготовленной к осуществлению варианта II, ориентированного на развитие инновационных энергетических технологий, снижающих стоимость потребляемой энергии. Действительно, поскольку развитие традиционной энергетики и без того подошло к критическому

состоянию, и масштабное обновление ее производственного аппарата в любом случае является объективной необходимостью, то вместо затрат на его восстановление или тиражирование технологий аналогов-заменителей целесообразно осуществить инвестиционные вложения в инновационные энергетические технологии, радиально снижающие стоимость энергии.

Рассмотрим известный портфель традиционно обсуждаемых направлений альтернативной энергетики на предмет их соответствия вариантам I или II.

Следует отметить, что в настоящее время страны ЕС и США тратят значительные средства на развитие альтернативной энергетики. Они рассчитывают на то, что альтернативная энергетика через некоторое время может стать действенной заменой традиционным источникам энергии. При этом ее применение в настоящее время очень часто субсидируется государством, что снижает объективность оценки эффективности работы альтернативных источников энергии.

Биотопливо. Достаточно широкое применение биотоплива породило устойчивое мнение о возможности существенного вытеснения им автомобильного бензина либо покрытия его дефицита в регионах, достаточно удаленных от мест нефтепереработки. Особенно много надежд в реализации этого технологического направления было в период повышения цен на нефть: в 1973-1986 и 2007-2008 годах. Дорожающая нефть была «гарантом» применения «аналоговых» заменителей топлива для двигателей внутреннего сгорания.

Отметим также, что в эти периоды активировались разработки, связанные с получением аналогов бензина из угля, сланцев, торфа и т.п. Однако мировой кризис, начавшийся в 2008 г., не случайно называют продолжительным, поскольку он связан с длительным системным падением цен на нефть, требующим использования в экономике дешевой энергии. Обеспечить такой энергией не в состоянии ни применяемое углеводородное топливо, ни тем более его заменители – аналоги. Широкое применение биотоплива и других аналогов в условиях падения цен на нефть и, более того, возможного снижения ее потребления, вероятно, является чрезмерно оптимистичным. Помимо всего прочего следует иметь в виду, что рост производства таких аналогов топлива сокращает объемы производства продовольствия и приведет к деградации почвенного слоя, используемого в сельском хозяйстве.

Ветроэнергетика. В настоящее время ветроэнергетика является флагманом так называемой «зеленой» экономики. Доля электроэнергии, вырабатываемой ветряными генераторами, составляет около 2% от всей произведенной мировой энергии. Эта технология имеет весьма положительную основу, заключающуюся в преобразовании кинетической энергии естественных масс воздуха в электрическую. Однако даже рост цен на электроэнергию в 2000-е годы не сделал ветроэнергетику достаточно конкурентной с традиционной энергетикой. Она имеет технические пределы своего роста: для повышения потенциала эффективности ветроэнергетики необходимо увеличить мощность ветровых потоков. Такие потоки формируются на высоте 8-15 км. Мощность их на этой высоте примерно до 15 раз выше ныне используемых. Энергия высотных потоков могла бы обеспечить достаточную конкурентность ветроэнергетики с традиционной энергетикой. При этом существуют технические трудности монтажа и эксплуатации ветроустановок, а также передачи электроэнергии с электростанций, находящихся на таких высотах.

Вероятнее всего, применение ветроустановок в условиях низких цен на энергоносители не принесет кардинального переворота в энергетике. Ветроэнергетика будет работать в локальных зонах, дополняя производство электроэнергии традиционными источниками энергии.

Гелиоэнергетика. Многие эксперты оценивают развитие гелиоэнергетики к середине XXI в. в объеме, равном примерно 20% всей производимой энергии. В настоящее время электроэнергия, полученная на основе солнечного излучения, составляет менее 0,5% от мирового объема энергии. Существующие ограничения бытового применения гелиоэнергетики свидетельствуют о наличии ряда препятствующих экономических и технических проблем. Так, наиболее крупный из известных проектов – «Сахарский проект», предусматривающий размещение в

регионе около 1 млн шт. батарей больших размеров, является очень дорогим. Его стоимость составляет примерно 500 млрд долл., и он не может окупиться даже при условии не снижения цен на энергию. Для реализации этого проекта необходим постоянный и долговременный рост цен на электроэнергию. Кроме того, проект имеет техническое ограничение по передаче электроэнергии в Европу. Вероятно, расширение использования гелиоэнергетики возможно при размещении энергоустановок на спутниках Земли. Однако в этом случае трудности передачи электроэнергии, по сравнению с «Сахарским проектом», увеличатся. Скорее всего, это направление энергетических технологий в предстоящем периоде не сможет заменить традиционную энергетику в ценовом коридоре снижения цен на энергоресурсы. Ее развитие в значительной мере может быть обеспечено удорожанием традиционных источников энергии. Вероятнее всего, в предстоящем периоде гелиоэнергетика будет иметь локальное значение, дополняющее традиционную энергетику.

Геотермальная энергетика. Это направление энергетики основано на производстве тепловой и электрической энергии за счет использования естественного тепла Земли. Геотермальная энергетика может конкурировать с традиционной и является весьма важным направлением новых энергетических технологий, особенно в условиях падения цен на энергоносители. Однако ее применение в силу естественных причин будет ограниченным. Являясь перспективным направлением, геотермальная энергетика не в состоянии заместить традиционную. В этой связи она может успешно развиваться лишь как дополнительная часть к традиционной энергетике.

Водородная энергетика. Это направление предусматривает применение водорода в качестве средства для аккумулирования, транспортировки и непосредственного потребления энергии. Предполагается существенное использование водорода для функционирования транспортной инфраструктуры. Водород имеет ряд преимуществ: он очень распространен на поверхности Земли, теплота его сгорания весьма высока. При горении водорода образуется вода. Однако существует главная проблема – получение водорода из воды. До недавнего времени водородная энергетика считалась весьма перспективной. В Южной Корее даже был принят план по ее наращиванию в экономике, предусматривающий к середине XXI в. производство энергии на водородных топливных элементах – в объеме более 20% всей потребляемой энергии. Подобные амбициозные планы существовали и в ряде стран ЕС, и США. Однако все эти планы не включают вытеснение традиционной энергетики. Ее развитие существенно зависит от мировых цен на нефть. Водород, по сути, остается лишь аналоговым заменителем нефтяного топлива. Он не совершит революционных преобразований в двигателях, используемых в авиации, на автомобильном и железнодорожном транспорте.

Выше приведенный анализ пакета энергетических технологий, рассматриваемый в последнее время как базовый для будущего технико-технологического развития энергетики, показывает, что эти технологии не отвечают прогнозным ценовым параметрам стоимости энергии. Предлагаемые направления, хотя и называются альтернативными, но на самом деле не способны в ближайшее время обеспечить значительное увеличение производства энергии. Многие направления работают лишь как аналоговые заменители и (или) как дополнение к традиционной энергетике. В этой связи сложилась ситуация своеобразного капкана, в который попала энергетика. С одной стороны, традиционная энергетика подошла к исчерпанию своего развития, а с другой стороны, альтернативная энергетика еще не в состоянии ее заменить. Возникает извечный вопрос – что же делать?

Ответ простой – необходимо перейти к следующему – более глубокому уровню технологий, то есть к радикальным технологиям. Конечно же, это не означает, что все выше приведенные технологии не будут использоваться в предстоящем периоде. Нет, они будут применяться, но в локальных секторах экономики. При этом их использование не составит значительной конкуренции традиционным источникам энергии, особенно в условиях системного падения цен на энергоносители.

Итак, предстоящий период времени, вероятнее всего, будет характеризоваться кризисом, обусловленным исчерпанием потенциала тра-

диционной энергетики и отсутствием действенных энергетических технологий, способных в условиях падения цен на нефть, заменить традиционные источники энергии. Энергетика постепенно входит в этот технологический кризис. Рост добычи сланцевого газа, разработка нефтегазовых месторождений в северных и арктических территориях, стремление запустить в хозяйственный оборот аналоговые заменители топлива может лишь усугубить масштабность его проявления.

Это означает, что будущий рост мировой экономики будет связан с революционными изменениями в энергетике, характеризуемыми применением радикальных инноваций, которые, конечно же, потребуют иной маршрутной карты выполнения НИОКР.

Внедрение таких технологий позволит существенно снизить стоимость электроэнергии, что будет способствовать массовому развитию робототехники и появлению новых материалов. Это даст толчок для радикального роста производительности труда в экономике.

Будущие преобразования, снижающие стоимость потребляемой энергии, должны базировать на принципах автономности генерации, снятии локальных географических ограничений по работе энергоустановок. Весьма большое значение должно уделяться способам беспроводной передачи значительного объема энергии.

Среди направлений радикальных инновационных технологий можно выделить следующие: атмосферная энергетика, холодный ядерный синтез, магнитомеханический усилитель мощности, индукционные нагреватели, плазменные генераторы электротока, напряженные замкнутые контуры, энергоусилители на основе динамической сверхпроводимости (КОРТЭЖ-технология), нанопроводниковый аккумулятор.

Ниже приведена краткая характеристика основных направлений радикальных инновационных технологий, адаптированная автором статьи по результатам опубликованных предложений ряда исследователей [10].

Магнитомеханический усилитель мощности. Установка позволяет использовать магнитное поле Земли для увеличения скорости вращения рабочего вала генератора или электромотора, тем самым увеличивается количество электроэнергии, получаемой от генератора, или уменьшается потребление энергии электромотором в сети.

Беспроводная передача электричества. Эта технология чрезвычайно актуальна, поскольку до 60% электроэнергии тратится при ее передаче по проводам к потребителю. Начавшие распространяться в последние годы беспроводные зарядные устройства для различных гаджетов свидетельствуют о возрождении практического интереса к беспроводной передаче электроэнергии. В этой связи компания Intel попыталась воспроизвести опыты Н. Тесла по беспроводной передаче энергии для свечения ламп накаливания с КПД равным 75%.

Атмосферная энергетика обеспечивает различные проекты получения накапливающейся в атмосфере электрической энергии. Один из путей состоит в технологии захвата энергии молний. Это направление является весьма перспективным.

Технология E-Cat и «холодный» синтез. Автономный реактор E-Cat представляет собой источник фактически «бесплатного» тепла. Принцип его действия состоит в использовании в качества топлива никеля и водорода, в процессе взаимодействия которых выделяется тепловая энергия и образуется медь. В основе функционирования реактора лежит низкоэнергетическая ядерная реакция (LENR). При работе реактора мощностью 1000 кВт в течение полугода было использовано 10 кг никеля и 18 кг водорода.

КОРТЭЖ-технология представляет собой технологию генерирования электроэнергии на основе динамической сверхпроводимости. Эффект сверхпроводимости возникает при вращении металлического диска на высоких скоростях. За счет этого вращения формируется «электронный жгут», парящий над диском, образуя ток большой силы, позволяющий получить сверхсильное магнитное поле для последующего генерирования электроэнергии. Существует возможность на базе этой технологии не только генерировать электроэнергию, но и создать двигатель для транспортных средств.

Нанопроводниковый аккумулятор. Суть инновации состоит в замене традиционного графитового анода аккумулятора на анод из нержавеющий стали, покрытый кремниевым нанопро-

водником. Это позволяет создавать значительно большую пластичность энергии на аноде. Масса аккумулятора при этом снижается. Появление такого аккумулятора в перспективе позволяет вытеснить двигатели внутреннего сгорания на автомобильном транспорте.

Индукционные нагреватели. Индукционный электрокотел, дающий значительное количество тепловой энергии при минимальных затратах электроэнергии. Предлагаемый электрокотел по эксплуатационным затратам будет соответствовать уровню газовых котлов.

Установки для нагрева жидкости – вихревые теплогенераторы. Работа установки основана на следующем: жидкость прокачивается электронасосом через конструкцию определенным образом соединенных труб и нагревается до 90 градусов. Эти теплогенераторы используются для отопления помещений. Имеются конструкции, в которых в качестве рабочего тела пытаются использовать воздух.

Напряженные замкнутые контуры. Созданы специальные кинематические схемы, реализация которых позволяет извлечь дополнительную энергию. Возможности таких схем демонстрировались в конструкциях мельниц для измельчения отходов полимерных материалов. Затраты энергии на измельчение в этих мельницах меньше, чем в мельницах традиционных конструкций.

Конечно, выше приведенный портфель технологий не является исчерпывающим, однако он указывает на вектор развития новых инновационных технологий, призванных значительным образом удешевить стоимость используемой энергии и обеспечить, примерно до 2040 г., конкурентное сочетание с традиционной энергетикой, а затем ее объективное вытеснение.

Даже если окажется, что цена нефти в долгосрочном периоде не будет сильно снижаться, формирование стратегии технологического развития, ориентирующейся на вектор радикальных инноваций, должно лишь ускорить это развитие за счет интенсификации НИОКР, но без дополнительных инвестиционных затрат, связанных с тиражированием аналоговых технологий.

Все вышеприведенное свидетельствует о необходимости:

- отказа от поверхностного прогноза научно-технологического развития ТЭК, базирующегося на портфеле энергетических технологий соответствующих периоду повышения цен на нефть, и проведении прогнозных работ с учетом возможного применения радикальных инноваций;
- разработки комплексной маршрутной карты НИОКР, направлений на формирование вектора технико-технологического развития ТЭК, учитывающего реализацию радикальных инноваций;
- восстановления объективной логики разработки прогнозов путем корректировки финального варианта Энергостратегии под параметры прогноза научно-технологического развития отраслей ТЭК и последующих корректировок их отраслевых схем (программ) развития и размещения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Плакиткин Ю.А. Прощание с нефтяной эрой? // Мировая энергетика. 2006, № 1. С. 60-62.

2. Плакиткин Ю.А. Цены не нефть: Перспектива падения // Вестник РАЕН. № 1, 2013. Т. 13. С. 52-57.

3. Плакиткин Ю.А. Мировая экономика: Снижение цен на нефть возможно // Нефтяная вертикаль. 2012, № 21. С. 64-69.

4. Плакиткин Ю.А. Divergent forecasts // Oil in Russia, № 1. 2006. P. 38-40.

5. Плакиткин Ю.А. Мировой финансовый кризис, его причины и последствия для развития отраслей ТЭК // Oil in Russia. № 4. 2009. P. 35-37.

6. Плакиткин Ю.А. Russia' energy vector // Oil in Russia. № 1, 2009. P. 33-35.

7. Плакиткин Ю.А. Мировая энергетика XXI века: основные технологические приоритеты // Энергетическая политика. 2010, № 6. С. 4-14.

8. Плакиткин Ю.А. Экономика и глобальная энергетика: прогноз цен на главный энергоноси-

тель // Энергетическая политика. 2012, № 5. С. 29-38.

9. Плакиткин Ю.А. Цикличность инновационно-технологических процессов в глобальной энергетике – использование фракталов технологического времени для прогнозирования развития отраслей ТЭК мира и России // Энергетическая политика. 2014, № 6. С. 10-21.

10. Экспертная группа ИГСО «Энергетическая революция: проблемы и перспективы мировой энергетики». М. 2012. URL: igso.ru./articles.php? article_id=400.

Поступила в редакцию
08.08.2015 г.

Y. Plackitckin[3]

DOES THE ENERGY SECTOR NEED THE RADICAL INNOVATIONS?

The paper presents the results of the long-term oil prices forecast. The paper analyses the 2 possible variants of the country's development, gives the analysis of the matching of the energy technologies package to those variants. The paper proposes to adjust the vector of technological development to the use of radical technologies, which push down the cost of production of energy and its procurement to the end consumers.

Key words: long-termoilpricesdecrease, energy sector development' scenarios, traditional package of unconventional energy, technological crisis, radical innovations, new vector of technological development.

[3] Yury A. Plackitckin – Deputy Director of the Energy Research Institute RAS, professor, member of RANS, Doctor of economics, *e-mail:* uvn@eriras.ru

УДК 620.9:330.341.1

А.А. Ованесов, Ю.Н. Судаков, А.А. Секачев[1]

ВЛИЯНИЕ МИРОВОГО РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРИОРИТЕТЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ТЭК В РОССИИ

В статье рассматриваются технологии, способные произвести революцию в топливно-энергетическом комплексе и существенно изменить его структуру. Учет возможных сценариев развития технологий в мире и их влияния на существующую модель ТЭК в России позволяет определить долгосрочные технологические приоритеты страны. По результатам проведенного анализа предлагаются различные подходы к развитию приоритетных технологий и оценивается их влияние на топливно-энергетический комплекс России.

Ключевые слова: ТЭК России, вызовы, прорывные технологии, технологические приоритеты, сценарии развития технологий.

Помимо определения приоритетных технологий, для которых обоснована целесообразность крупномасштабного внедрения в ТЭК России в среднесрочной перспективе (5-10 лет), необходимо определить перспективные технологии, которые могут стать востребованными в долгосрочном периоде (15-20 и более лет). При решении данной задачи крайне высокую важность имеет анализ внешних угроз, вызовов и возможностей для ТЭК России, связанных с уровнем и направлением развития технологий в мире. Среди перспективных технологий особый интерес представляют прорывные технологии, успешная разработка и массовое внедрение которых способны совершить технологическую революцию в целых секторах топливно-энергетического комплекса, кардинально изменить его технологическую и пространственную структуру. Развитие и распространение прорывных технологий в мире способно значительно изменить ландшафт международных потоков энергоресурсов, что представляет угрозу для экспортно-сырьевой модели российского ТЭК и одновременно предоставляет ряд возможностей. Таким образом, при формировании технологических приоритетов необходимо учитывать возможные сценарии развития прорывных технологий в мире с целью уменьшения рисков, связанных с возможностью кардинального изменения мирового топливно-энергетического баланса.

Развитие прорывных технологий приведет к сокращению спроса на российскую нефть и газ на традиционных и потенциальных рынках сбыта. Развитие технологий разработки метангидратов, мировые запасы которых составляют по разным оценкам от 2,5 до 20 квадриллионов м^3, может привести к перераспределению мировых потоков сырья, появлению новых источников энергоресурсов вблизи рынков сбыта. При этом в энергетических стратегиях мировых технологических лидеров заложено радикальное снижение потребления углеводородов. Так, в Германии к 2050 г. прогнозная доля возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в потреблении энергоресурсов составит 60%, доля ВИЭ в структуре генерации электроэнергии составит 80%, а меры по повышению энергоэффективности позволят снизить объем потребляемой электроэнергии на 25%. Прогнозы показывают, что при увеличении доли гибридных и электромобилей до 80% от общего мирового автопарка сокращение спроса на нефть может составить до 25%, при этом потребуется увеличить мощности генерации всего лишь на 8%.

Мировые цены на нефть и газ характеризуются высокой волатильностью, внедрение прорывных технологий способно нарушить баланс спроса и предложения на рынках нефти и газа и в кратчайшие сроки обрушить цены на них. Подобная ситуация уже наблюдалась на рынке природного газа США в 2008-2011 годах, когда после наращивания добычи сланцевого газа цены на природный газ упали с 270 до 80 долл.

[1] Александр Александрович Ованесов – управляющий партнер ЗАО «СПГ», *e-mail:* ovanesov@strategy.ru;
Юрий Николаевич Судаков – руководитель проектов ЗАО «СПГ», *e-mail:* sudakov@strategy.ru;
Артем Андреевич Секачев – консультант ЗАО «СПГ», *e-mail:* sekachev@strategy.ru.

за тысячу м^3, и повторяется в настоящее время на мировом рынке нефти. На данный момент существует значительная неопределенность относительно динамики цен на нефть в ближайшие 10-20 лет, прогнозы цены на нефть имеют разброс порядка 50 долл. за тонну. Не исключена возможность сохранения цены на нефть на стабильно низком уровне вследствие развития прорывных технологий.

Стратегия развития технологий в ТЭК России должна учитывать возможные варианты развития внешней среды и формировать технологические приоритеты исходя из складывающейся конъюнктуры рынка. В зависимости от степени развития прорывных технологий в мире существуют 2 сценария развития внешней среды для ТЭК России в долгосрочной перспективе до 2035 г.: прорывной и эволюционный.

В *эволюционном сценарии* уровень потребления углеводородного сырья и продуктов его переработки будет оставаться стабильно высоким в результате слабого развития прорывных технологий в мировом ТЭК. В условиях низкого уровня использования альтернативных энергоресурсов и ВИЭ цены на нефть и газ, а также спрос на российские энергоресурсы будут сохраняться на стабильно высоком уровне. Возвращение уровня цен на нефть к отметке в 80 долл./баррель и выше означает восстановление баланса спроса и предложения и позволяет осуществлять рентабельную разработку нетрадиционных запасов нефти в России. Так, себестоимость тяжелой нефти, добываемой на российских месторождениях, согласно экспертным оценкам, колеблется в диапазоне от 50 до 90 долл. за тонну, себестоимость нефти баженовской свиты – от 70 до 100 долл., арктического шельфа – от 80 до 120 долларов. В данном случае для укрепления позиций ТЭК России критически важным становится импортозамещение в технологиях добычи и переработки углеводородов, в особенности в условиях ухудшения геополитической ситуации. Зависимость от импорта наиболее высока в части перспективных технологий нефтедобычи применяемых на нетрадиционных месторождениях. В сложившейся ситуации в качестве технологических приоритетов для России должны также рассматриваться технологии уже получившие широкое применение в мире.

В случае реализации *прорывного сценария* Россия столкнется с падением цен и объемов спроса на нефть, газ и углеводородное топливо. К таким последствиям приведет масштабное замещение традиционных углеводородов альтернативными энергоресурсами и возобновляемыми источниками энергии, повышение энергоэффективности в странах импортерах углеводородов, а также увеличение доли гибридных автомобилей и электромобилей. Каждое из этих изменений в отдельности и все они в совокупности приведут к сокращению объемов потребления традиционных углеводородных энергоресурсов. Так, альтернативные источники энергии могут заместить от 30 до 40% потребляемых нефти и газа, ВИЭ могут занять до 80% сырьевой базы электрогенерации, повышение энергоэффективности мировой экономики может снизить объем потребления электроэнергии на 30-50%, а рост доли гибридных автомашин и электромобилей, через сокращение потребления углеводородных моторных топлив, может сократить объем спроса на нефть на 25% в перспективе до 2035-2050 годов. Радикальное снижение спроса на углеводородные энергоресурсы приведет к падению цен на нефть и газ, сделает добычу из большой части нетрадиционных источников углеводородов нерентабельной и в целом ослабит сырьевую модель ТЭК России.

Для своевременного реагирования на мировые технологические вызовы необходимо осуществлять мониторинг ряда ключевых индикаторов развития прорывных технологий в мире (см. табл. 1).

В случае реализации прорывного сценария для сохранения конкурентоспособности ТЭК необходимо будет осуществить через внутреннее развитие и трансфер технологий переход к новой энергетике, что означает совокупность перспективных групп технологий, таких как ВИЭ, водородная энергетика, накопители энергии и интеллектуальные сети, имеющих высокий синергетический эффект от внедрения и способных в значительной степени изменить структуру экспорта и внутреннего потребления энергоресурсов. Ключевые национальные проекты в данном сценарии должны базироваться на технологиях, где Россия имеет значимый научно-технологический задел и опыт масштабно-

Таблица 1

Прорывные технологии и показатели для мониторинга

Прорывные технологии	Вызовы	Мониторинг показателей
Технологии добычи и транспорта углеводородов: • добыча метангидратов; • разработка трудноизвлекаемых запасов углеводородов; • сжижение природного газа	Перераспределение мировых потоков сырья, глобализация сырьевого рынка	• Результаты пилотных и опытных испытаний технологий добычи газогидратов в Японии и США • Снижение себестоимости добычи нетрадиционных запасов углеводородов
Новая энергетика: • возобновляемые источники энергии, распределенная генерация; • интеллектуальные сети; • накопители энергии	Повышение энергонезависимости Европы, Китая и других потребителей	• Снижение стоимости солнечных панелей и ветрогенераторов • Рост доли распределенной генерации и рынка технологий Smart Grid • Снижение стоимости накопителей энергии
Новые технологии в потреблении энергии: • гибридные авто и электромобили, включая автомобили на водородном топливе; • энергоэффективные технологии: дом с «нулевым» потреблением энергии, «умный» дом	Снижение потребления углеводородов, электрификация потребления	• Снижение стоимости аккумуляторных батарей электромобилей и водородных топливных элементов • Возможный пробег электромобилей без подзарядки • Рост доли водородных и электромобилей в мировом автопарке • Повышение энергоэффективности жилого сектора и промышленности в мире • Рост доли домов с «нулевым» потреблением энергии

го внедрения подобных технологических решений. Недостающие элементы для формирования масштабных технологических решений могут быть получены посредством трансфера технологий через партнерства с иностранными компаниями, введения требований по локализации или развития отечественных разработок.

Успешная реализация данного подхода позволит добиться лидерства в отдельных областях высокотехнологичной продукции и решений в ТЭК, а также осуществить технологическое импортозамещение в наиболее востребованных, но ранее не освоенных в России направлениях.

В целях приоритезации существующие прорывные технологии были сгруппированы по 28-ми областям применения и разнесены на четыре сегмента соответствующие четырем переделам цепочки добавленной стоимости в ТЭК: добыча традиционного сырья, переработка первичных энергоресурсов, электро- и теплоэнергетика, энергопотребление (см. табл. 2).

В дальнейшем с привлечением отраслевых экспертов была произведена оценка прорывного потенциала и реализуемости данных технологий в России в перспективе 2035-2050 годов. В результате, с учетом сценариев развития технологий ТЭК в мире, были сформированы технологические приоритеты ТЭК России, предполагающие развитие нескольких направлений в каждом переделе отрасли (см. табл. 3).

Таблица 2

Группировка прорывных технологий в ТЭК

Сегмент	Группа технологий	Технологии
Добыча традиционного сырья	Разведка и добыча на шельфе	• Сейсморазведка и бурение • Строительство буровых платформ • Добыча в экстремальных условиях

Продожение табл. 2

Сегмент	Группа технологий	Технологии
Добыча традиционного сырья	Разработка трудноизвлекаемых запасов	• Многостадийный гидроразрыв пласта • Тепловые, холодные и комбинированные методы добычи
	Добыча высоковязкой и тяжелой нефти	• Гидродинамические, теплофизические, электрофизические, физико-химические методы воздействия и внутрипластовые флюиды • Виброакустическое и магнитовиброакустическое воздействие
	Третичные методы нефтедобычи	• Термогазовые и биотехнологические • Полимерное заводнение • Высокоточное бурение • Физико-химические
	Перспективные методы геологоразведки	• Геофизические • Гидрогеохимические • Дистанционные • 4D-моделирование
	Строительство и заканчивание скважин	• Нестандартные скважины • Геонавигация • Заканчивание, мониторинг добычи
	Сжижение природного газа	• Сжижение и регазификация • Технологии перевозки СПГ
	Добыча газогидратов	• Технологии обнаружения • Технологии добычи
Переработка первичных энергоресурсов	Переработка тяжелых остатков нефтепереработки	• Процессы переработки (гидрокрекинг, коксование, газификация тяжелых остатков и др.) • Новые материалы и катализаторы
	Газопереработка на месторождении	• Gas-to-Liquids (моторные топлива) • Gas-to-Chemicals (продукты газохимии) • Технологии сепарации и фракционирования
	Углехимия	• Прямая газификация • Сжижение угля
	Переработка биомассы	• Производство биотоплив • Производство биополимеров и биоразлагаемых материалов • Биоэнергетика
	Нефтехимия	• Пиролиз • Дегидрирование • Полимеризация • Новые материалы и катализаторы
Электро- и теплоэнергетика	Традиционная генерация	• Сжигание в кипящем и циркулирующем слое • Технологии безмазутного розжига • Внутрицикловая газификация угля • Современные теплоэнергетические установки
	Атомная энергетика	• Замкнутый топливный цикл • Линейка базовых мощностей • АЭС малой мощности • ПАТЭС • Автономные источники • Новые технологии обогащения урана

Окончание табл. 2

Сегмент	Группа технологий	Технологии
Электро- и теплоэнергетика	Интеллектуальные сети (Smart Grid)	• Автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии • Мониторинг сетевой инфраструктуры • Автоматизация управления сетью
	Солнечная энергетика	• Фотоэлектрические преобразователи • Концентрирующие коллекторы • Вспомогательные элементы, материалы и покрытия
	Накопители энергии	• Аккумулирование электрической энергиии, в т.ч. гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС) • Аккумулирование тепловой энергии
	Передача электроэнергии на большие расстояния	• Технологии постоянного тока • Наноструктурированные провода • Провода с композитными сердечниками • Высокотемпературная сверхпроводимость
	Гидроэнергетика	• Гидроэлектростанции, в т.ч. проточные (бесплотинные малые), плотинные малые • Приливные и волновые электростанции
	Геотермальная энергетика	• Геотермальные установки
	Ветроэнергетика	• Ветрогенераторы, ветродвигатели • Материалы и покрытия лопастей (покрытие из углеродных нанотрубок, специальные ткани) • Система контроля и управления
	Водородная энергетика	• Получение, хранение и транспортировка водорода • Водородные топливные элементы (тепло- и электростанции
Энерго-потребление	Энергоэффективность в ЖКХ и инфраструктуре	• «Умный» город, «умный» дом • Энергоэффективность теплосетей • Теплоизоляционные строительные материалы
	Энегоэффективность в промышленности	• Прямое восстановление железа • Совмещенные процессы нефтепереработки • Современные электродвигатели и насосы • Системы освещения с пускорегулирующим аппаратом
	Электромобили и гибридные автомобили	• Создание новых электрических приводов • Технологии зарядки/заправки
	Водородные автомобили	• Получение, хранение и транспортировка водорода • Топливные элементы, а также перспективные материалы (высокопрочные, твердосплавные и др.)
	Альтернативное топливо для ДВС (газомоторное топливо)	• Технологии хранения и транспортировки альтернативного топлива • Технологии переоборудования ДВС

Таблица 3

Технологические приоритеты ТЭК России

Сценарии	Добыча традиционного сырья	Переработка первичных энергоресурсов	Электро- и теплоэнергетика	Энергопотребление
Эволюционный	• Третичные методы нефтедобычи • Добыча высоковязкой и тяжелой нефти • Разработка трудноизвлекаемых запасов • Разведка и добыча на шельфе	• Переработка тяжелых остатков нефтепереработки • Нефтехимия • Газопереработка на месторождении	• Традиционная генерация • Атомная энергетика	• Энергоэффективность в ЖКХ и инфраструктуре • Энергоэффективность в промышленности • Альтернативное топливо для ДВС (газомоторное)
Прорывной	• Третичные методы нефтедобычи • Эффективные технологии разработки трудноизвлекаемых запасов (наиболее привлекательных месторождений)	• Нефтехимия	• Традиционная генерация • Атомная энергетика • Новая энергетика (распределенная энергетика, ВИЭ, накопители энергии, интеллектуальные сети) • Восточный энергомост (гидроэнергетика, передача электроэнергии на большие расстояния)	• Энергоэффективность в ЖКХ и инфраструктуре • Энергоэффективность в промышленности • Электромобили, водородные автомобили • Альтернативное топливо для ДВС (газомоторное)

Группы технологий, попадающие в приоритеты независимо от реализации эволюционного и прорывного сценария, являются технологиями первого приоритета и должны развиваться в первую очередь:

- третичные методы нефтедобычи;
- технологии эффективной разработки наиболее привлекательных трудноизвлекаемых запасов углеводородов;
- нефтехимия;
- традиционная генерация;
- атомная энергетика;
- энергоэффективность в ЖКХ и инфраструктуре;
- энергоэффективность в промышленности;
- газомоторное топливо.

Остальные технологические направления, входящие в приоритеты, также должны поддерживаться с целью обеспечения возможности их форсированного развития в случае реализации определенного сценария.

По результатам проведенного анализа доступных источников и согласования рекомендаций с экспертным сообществом, предлагаются различные подходы к развитию приоритетных групп технологий (см. табл. 4).

Основными инструментами развития технологий в рамках проектов национального значения станут:

- финансирование научных исследований;
- инновационное агентство;
- центры компетенций;
- венчурные фонды;
- инновационные кластеры;
- поддержка внутреннего спроса на технологии.

Таблица 4

Подходы к развитию приоритетных групп технологий

Подходы	Добыча традиционного сырья	Переработка первичных энергоресурсов	Электро- и теплоэнергетика	Энергопотребление
Проекты национального значения	• Третичные методы нефтедобычи • Добыча высоковязкой и тяжелой нефти	• Переработка тяжелых остатков нефтепереработки	• Технологии новой энергетики: – ВИЭ; – накопители энергии; – интеллектуальные сети • Атомная энергетика • Восточный энергомост /энерго-кольцо	• Энергоэффективность в ЖКХ, инфраструктуре и промышленности • Газомоторное топливо
Трансфер технологий	• Разработка трудноизвлекаемых запасов • Разведка и добыча • на шельфе	• Нефтехимия • Газопереработка на месторождении	• Традиционная генерация	• Гибридные и электромобили, водородные автомобили
Экспорт компетенций	• Перспективные методы геологоразведки		• Отдельные элементы проектов нац. значения: – атомная энергетика; – гидроэнергетика, в т.ч. приливная, волновая; – передача электроэнергии на большие расстояния; – интеллектуальные сети и др.	• Альтернативное топливо для ДВС

В случае выбора трансфера технологий:

- специализированные фонды прямых инвестиций;
- требования по локализации;
- инновационные кластеры.

В случае поддержки экспорта технологий и компетенций:

- центры компетенций;
- венчурные фонды;
- поддержка внутреннего спроса на технологии.

В зависимости от развития прорывных технологий в мире и успешности внедрения приоритетных технологий в России, российский ТЭК может развиваться по следующим сценариям (см. табл. 5).

1. Сохранение зависимости от импорта технологий. Сценарий реализуется в случае низкой инновационно-технологической активности в России и в мире в ближайшие 20 лет и представляет собой сохранение текущей ситуации с постепенным развитием добычи и переработки углеводородов за счет импорта технологий и оборудования.

2. Технологическое импортозамещение (в первую очередь в добыче и переработке углеводородов). Сценарий подразумевает эволюционное развитие технологий в мире наряду с успешным развитием технологий добычи и переработки первичных энергоресурсов в России, что позволит увеличить объемы экспорта нефти и газа, а также увеличить глубину нефтепереработки за счет отечественных технологий.

Таблица 5

Индикаторы реализации сценариев развития технологий в ТЭК РФ (2035 год)

Развитие технологий ТЭК в мире	Сценарии	Развитие технологий ТЭК в России			
		Сохранение отставания		Опережающее развитие	
	Эволюционный	*Сохранение зависимости от импорта технологий (status quo)*		*Технологическое импортозамещение (в добыче и переработке углеводородов)*	
		+8%	прирост добычи энергоресурсов	+20%	прирост добычи энергоресурсов
		18%	доля атомной энергии в генерации	20%	доля атомной энергии в генерации
		1%	доля НВИЭ в генерации	2%	доля НВИЭ в генерации
		-25%	сокращение энергоемкости ВВП	-38%	сокращение энергоемкости ВВП
		x1,6	рост производительности труда в ТЭК	x1,9	рост производительности труда в ТЭК
	Прорывной	*Усиление зависимости от импорта при ослаблении сырьевой модели*		*Технологическое лидерство (в отдельных направлениях)*	
		+20%	прирост добычи энергоресурсов	+30%	прирост добычи энергоресурсов
		15%	доля атомной энергии в генерации	20%	доля атомной энергии в генерации
		1%	доля НВИЭ в генерации	10%	доля НВИЭ в генерации
		-25%	сокращение энергоемкости ВВП	-50%	сокращение энергоемкости ВВП
		x1,6	рост производительности труда в ТЭК	x2,5	рост производительности труда в ТЭК

3. Усиление зависимости от импорта (при ослаблении сырьевой модели). Сценарий возможен в случае высокого уровня развития прорывных технологий в мире и невыполнения планов по развитию технологий в России. Для данного сценария характерно сокращение объемов экспорта нефти и газа за счет их замещения альтернативными источниками энергии на экспортных рынках. Сценарий подчеркивает отсутствие готовности сырьевой модели ТЭК эффективно функционировать в условиях меняющегося мирового технологического уклада.

4. Технологическое лидерство (в отдельных направлениях ТЭК). Сценарий описывает ситуацию прорывного развития технологий ТЭК в мире и опережающее технологическое развитие в ТЭК России. Происходит повсеместный переход к новой энергетике, нефть и газ постепенно теряют актуальность в качестве энергоресурсов. Параллельно с этим развивается нефтехимия, растет доля ВИЭ и альтернативных источников энергии в структуре генерации, создаются высокопроизводительные рабочие места и Россия становится лидером в отдельных областях высокотехнологичной продукции и решений в ТЭК, параллельно производя частичное технологическое импортозамещение. Энергоэффективность экономики и производительность труда в ТЭК России растет как благодаря повышению энергоэффективности ТЭК и потребляющих секторов, так и вследствие структурных изменений экономики, развития менее энергоемких и более высокопроизводительных направлений, таких как производство оборудования и технологических решений в ТЭК.

Прорывное развитие технологий ТЭК в мире – угроза для существующей модели функционирования ТЭК в России. При этом опережающее развитие технологий ТЭК в России в прорывном сценарии дает возможность не только снизить зависимость российского ТЭК от импорта технологий, но и достичь технологического лидерства в отдельных направлениях. Это окажет положительное мультипликативное влияние на социальную сферу и экономику России в целом, а также позволит создать новые высокопроизводительные рабочие места, компенсирующие снижение занятости в традиционных секторах ТЭК.

Поступила в редакцию
06.07.2015 г.

A. Ovanesov, Y. Sudakov, A. Sekachev[2]

THE INFLUENCE OF THE WORLD TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT ON THE PRIORITIES OF INNOVATIONAL DEVELOPMENT OF RUSSIAN ENERGY SECTOR

The paper analyses the technologies that can make a revolution in the energy sector and significantly change its structure. Consideration of possible scenarios of technology development in the world and its impact on the existing model of the Russian energy sector helps to determine long-term technological priorities for Russia. The analysis allows us to offer different approaches to the development of priority technologies and assess the their impact on the Russian energy sector.

Key words: Russian energy sector, challenges, breakthrough technologies, technological priorities, technological development scenarios.

[2] Alexander A. Ovanesov – managing partner of CJSC «SPG», *e-mail:* ovanesov@strategy.ru;
Yury N. Sudakov – project manager in CJSC «SPG», *e-mail:* sudakov@strategy.ru;
Artem A. Sekachev – consultant in CJSC «SPG», *e-mail:* sekachev@strategy.ru

УДК 330.341.1

Ю.А. Чернегов[1]

НАУКОЕМКОСТЬ И РЕЗЕРВЫ КОНВЕРСИИ ОБОРОННОГО ПРОИЗВОДСТВА В ИНТЕРЕСАХ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО, ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО И ГОРНО-ХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСОВ

Приведена дифференциация наукоемкости по различным отраслям экономики, проанализированы причины неудач конверсии оборонных производств в предшествующем периоде. Даны аргументированные доводы в пользу возобновления конверсии оборонных разработок для технологического перевооружения предприятий добывающего и перерабатывающего профиля. Рассмотрены конкретные примеры реализованных решений и разработок.

Ключевые слова: конверсия оборонных разработок, технологии добычи и переработки минерального сырья, физические, химические, микробиологические методы и их комбинации.

Дифференциация наукоемкости по отраслям экономики

В течение нескольких последних десятилетий на нужды технологического развития гражданского сектора экономики направлялась лишь треть ассигнований на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы. В итоге была низкой наукоемкость продукции наиболее масштабных отраслей экономики. Еще в 1951 г. наукоемкость ВВП СССР составляла 11%. Великая отечественная война была выиграна, в том числе и за счет предельной концентрации научных и конструкторских сил страны. Это привело одновременно к овладению ракетно-ядерным оружием и пилотируемому полету в космос. Но уже к 1990 г. наукоемкость ВВП снизилась до 2%, а к 2004 г. опустилась до 0,4%. В последующие годы ситуация несколько выправилась.

На основании данных мировой статистики, успеха на рынке добиваются товары и технологии, наукоемкость которых составляет от 6 до 18%. Как следствие деформированной структуры ассигнований – средняя наукоемкость национального продукта и машиностроения составляли 2%, в том числе продукции тяжелого машиностроения – 1,6%, минеральных удобрений – около 1%, угля – 0,7%, продукции нефтяной, газовой промышленности и цветной металлургии – 0,5-0,6%, черной металлургии и энергетики – 0,25-0,3%. При этом 60% ассигнований направлялось на работы в области механики и физики, существенно меньшие величины – в области химии, и особенно – биологии.

За рубежом тенденции прямо противоположные. В США создана химическая технология получения водорода из воды за счет контакта ее с жидким сплавом алюминия и остро токсичного таллия. При этом токсичность таллия в продукте не проявляется, так как он используется в качестве катализатора. Реакция таллия с водой протекает аналогично школьному опыту с натрием. Выделяющийся кислород вступает в рециклинговую реакцию с алюминием, что исключает образование паров воды как одного из компонентов парникового газа.

Транснациональная корпорация British Petroleum совместно с венесуэльской государственной компанией Petroleos de Venezuela разработали и запатентовали технологию разработки вязких (тяжелых) нефтей и битумов. Суть этой технологии состоит в том, что в нефтеносный пласт через скважину нагнетается химический реагент, состав которого является коммерческой тайной. Состав взаимодействует с тяжелой нефтью, в результате чего образуется новое углеводородное соединение, которое в силу своего химического состава является легкоподвижным. Будучи доставленным танкерами в Европу, это соединение конкурентно способно по сравнению с местными углями.

В Польше создана технология химического

[1] Юрий Александрович Чернегов – д.т.н., профессор, действительный член РАЕН, *e-mail:* chernella38@mail.ru

преобразования угля в пластах за счет нагнетания в них водорода. Используются угли законсервированных шахт, зачастую не газовых. В результате реакции из угля интенсивно выделяются водород и метан.

Китай обогнал по совокупности США и Японию по числу наиболее перспективных патентов в биологии и генной инженерии, что открывает принципиально новые пути развития материального производства без многих промежуточных стадий. Применение биотехнологии позволяет производить белок из биомассы, которую можно получать, выращивая дрожжи или другие безвредные для человека микроорганизмы на метиловом либо этиловом спирте, приготовление которых возможно из газа, угля и нефти. Сначала производят чистую биомассу, затем делят ее на фракции, чтобы получать специальные наборы продуктов и таким образом давать людям исключительно полноценный белок, а также балансировать по нему традиционные продукты питания, в первую очередь мясные. Введение такого белка повышает вкусовые и питательные свойства пищи, ее полноценность и физиологичность. Уже само производство пищевого белка из биомасс способно коренным образом изменить представление о способах изготовления продуктов питания, их качественных и количественных характеристиках, что способно существенно повлиять на изменение функциональной структуры экономики и ее эффективность.

Особый интерес представляют технологии и технические устройства, созданные непосредственно в процессе конверсии оборонной промышленности на базе фундаментальных научных знаний либо за счет их приспособления. Изучая передовой зарубежный опыт, можно утверждать, что развитие вооружений должно основываться на национальной технологической базе, отечественных разработках в техническом оснащении и компонентах.

Хотя по определению ОПК – отрасль, решающая мобилизационные задачи, от которых зависит суверенитет и безопасность страны, от ее состояния в немалой степени зависит модернизация всей экономики. При хорошем оснащении ОПК страна достигнет лидерства не только в создании новейших образцов вооружения, но и в умении работать, опережая конкурентов и передавая эффективные двойные технологии в другие отрасли народного хозяйства.

Наряду с лучшими научно-техническими разработками, технологиями и производственной инфраструктурой эффективное управление – ключевой фактор развития и реализации масштабных проектов.

Причины неудач конверсии оборонных производств в предшествующем периоде

Конверсия изделий оборонной промышленности в интересах гражданских отраслей была провозглашена уже достаточно давно, однако ощутимые результаты от нее пока значительно меньше, чем можно было бы ожидать. Наличие определенного опыта работы в области конверсии изделий оборонной промышленности позволяет высказать суждение о некоторых причинах этого положения и путях улучшения сегодняшнего состояния дел.

Первая ошибка было сделана, когда чисто административным способом установили каждой отрасли народного хозяйства задание: сделать к определенному сроку такой-то товар народного потребления на уровне не хуже мирового. Расчет был простой: умеют же они делать не хуже других танки, ракеты, и станки у них есть, какие требуются, и материалы. Оказалось, что танки и машины для вязки трикотажа – не одно и то же, и для того, чтобы делать вязальные машины, нужны специальные знания, опыт, технологии. Но для этого нужно время, другое оборудование и материалы.

Вторая ошибка состояла и состоит в том, что при помощи оборонных заводов пытались закрыть прорехи в устаревших гражданских технологиях. Во многих случаях получается, но очень дорого и непонятно, а, собственно, зачем? Причин дороговизны несколько – и уникальный станочный парк, который просто не может проявить всех своих возможностей при изготовлении морально устаревшей техники, и содержание городов, поселков на балансе предприятий, и обеспечение режима закрытых предприятий, которые продолжают частично выпускать оборонную продукцию, и др.

Вопрос – зачем (?) – сам по себе не прост для понимания и военными, и гражданскими специалистами. Люди имеют совершенно разную специализацию, выработанную годами, разные знания. Они, как правило, не знакомы с проблемами других производств и вынуждены многие постановки задач воспринимать на веру, не углубляясь в их содержательные тонкости.

К примеру, случилось так, что все производство магнитных пускателей для безопасного включения механизмов в электрическую сеть в пылегазовзрывоопасной среде угольных шахт оказалось за пределами России. Срочно понадобилось найти оборонный завод, который смог бы обеспечить выпуск такого оборудования в стране. Немедленно нашли, и он начал раскручивать производство. Сам магнитный пускатель – вещь не такая уж и сложная, для изготовителя мало что значит. Однако в шахте для его установки делают специальные выработки – ниши, которые периодически переносят вслед за движением угольного забоя. Между пускателем и угледобывающей машиной прокладывается специальный шахтный пятижильный кабель: у него только три жилы силовые, а две – управляющие. Таких систем по стране – десятки тысяч. А нужны ли они вообще?

Специалисту-угольщику такой вопрос покажется по меньшей мере странным: как же иначе? Ведь мы защищаем искрящую установку, от искры до взрыва в шахте – один шаг. Для специалиста из оборонной промышленности этот вопрос странным не покажется: там серийно выпускают бесконтактные переключатели на тиристорах, соответствующие любым параметрам тока, используемым в угольной шахте. Можно отказаться и от магнитных пускателей, и от проходки ниш, и от пятижильных кабелей. Но перед ним никто так задачу не поставил, и он постеснялся задать такой вопрос, рискуя проявить невежество в чужой для него области. В итоге Россия производит собственные пускатели, что, возможно, даже несколько экономнее в сравнении с их закупкой за рубежом. А сколько она проигрывает по сравнению со своими собственными, уже имеющимися принципиально новыми для угольной промышленности решениями?

Третья ошибка в ходе конверсии оборонной промышленности – увлечение выпуском техники, даже с новыми параметрами и конструктивными решениями, но для известных технологических схем. Выпуск новой техники эффективен, как правило, тогда, когда она заменяет более дорогую импортную. В остальных случаях она, как правило, низкоэффективна и тормозит появление принципиально новых, прорывных направлений в технологиях. Более того, существует тенденция обеспечить производство технического изделия в рамках одного завода, а сам завод замкнуть на удовлетворение нужд определенной отрасли гражданской экономики. Это зачастую требует реконструкции существующей технологической линии производства на заводе, вложения инвестиций, которые всегда лимитированы. В результате сдерживаются темпы конверсии оборонной промышленности. Чтобы избежать такого нежелательного развития событий, целесообразно пойти по линии широкой межзаводской кооперации, подключая предприятия и оборонного, и гражданского профилей, тем более что в оборонной промышленности имеется богатый опыт и квалифицированные кадры по формированию кооперационных связей для создания сложных систем вооружения.

В заключение анализа необходимо сказать об основном недостатке сложившегося хода конверсии оборонной промышленности. Часто в стороне от нее оказываются мощнейшие научно-исследовательские и конструкторские центры, располагающие высококвалифицированным персоналом для создания прорывных направлений принципиально нового высокоэффективного технологического развития гражданских отраслей экономики. Большая часть отраслевых программ конверсии нацелена на реализацию разработок отраслевых ученых, даже не знакомых с фундаментальными достижениями оборонной науки.

Между тем эти достижения очень значимы и открывают возможности коренного качественного совершенствования отечественной технологии и экономики. К примеру, принципиальный интерес для многих регионов страны и для экспорта представляют работы по созданию бестопливных систем производства энергии на

принципах теплового насоса, ряд из которых передается в серийное производство.

Можно с уверенностью утверждать, что невостребуемый интеллектуальный багаж оборонной промышленности неисчерпаем. Его можно и нужно использовать для вывода страны из кризиса и завоевания мировых высот в гражданских отраслях экономики. Надо учиться это делать!

Одновременно необходимо сказать, что использование невостребованного багажа оборонной промышленности в гражданской экономике никак не ослабит оборонного потенциала страны. Напротив, привлечение ученых оборонного профиля к решению необычных для них задач послужит толчком к формированию новых идей и концепций. Знания от использования не иссякают, а имеют свойство прирастать. Сильная гражданская экономика позволит полнее финансировать оборонные исследования.

Изучая передовой зарубежный опыт, можно утверждать, что развитие вооружений должно базироваться на национальной технологической базе, отечественных разработках в техническом оснащении и компонентах. При хорошем оснащении ОПК страна достигнет лидерства не только в создании новейших образцов вооружения, но и в умении работать, опережая конкурентов и передавая эффективные двойные технологии в другие отрасли народного хозяйства.

Наряду с лучшими научно-техническими разработками, технологиями и производственной инфраструктурой эффективное управление – ключевой фактор развития и реализации масштабных проектов.

Положительный опыт конверсии оборонных разработок

Рассмотрим те результаты, которые уже получены в результате конверсии оборонных разработок в гражданские технику и технологию. Для упорядочения изложения сведения о созданных решениях удобно расположить в порядке использования форм движения материи: физической, химической и биологической.

Физическая форма движения материи. Судовой котел с производительностью по пару 125 т/час, давлением 150 атм и массогабаритными характеристиками в 19 раз лучшими, чем известные в гражданском машиностроении, открывает возможность решения многих проблем реконструкции и развития энергетики, а также создания передвижной установки, которая может использоваться на месторождениях, разрабатываемых с пропариванием нефтяных пластов при использовании в качестве топлива попутного нефтяного газа, и даже сырой нефти. В единственном экземпляре он уже пригоден для обеспечения теплом и электроэнергией городов и поселков нефтегазодобытчиков и геологов с численностью населения до 50 тыс. человек.

В собранном на заводе виде он пригоден для транспортировки на железнодорожной платформе. Котел работает в автоматизированном режиме под пломбой. Завод-изготовитель обеспечивает сервисное обслуживание котла при уровне годовых затрат в 1,5% стоимости котла.

Создан металлогидридный тепловой насос, являющийся разновидностью абсорбционных тепловых насосов, которые используют свойства ряда металлических порошков собирать большие объемы водорода при разнице температур 8-10 ^{o}C и отдавать водород при одновременном выделении тепла, когда разница температур снижается за счет неправильного регулирования. Такую разницу температур легко получить в природе (в воде, земле, на границе воды и воздуха), а также за счет технологических выбросов тепла. Цикл замкнут и абсолютно экологичен. Для аккумулирования тепла создан тепловой аккумулятор, который позволяет сохранять температуру в течение 20 часов, доводить температуру до 450 ^{o}C и использовать тепло в различных целях (приготовление пищи, обогрев помещения и др.).

Отработана технология измельчения минералов в струйных мельницах специальной конструкции. Они имеют значительно меньшие габариты, чем шаровые мельницы, и обеспечивают получение материала с одинаковыми заданными размерами частиц, вплоть до 1-2 микронов. По заказам потребителей могут быть изготовлены мельницы любой производительности.

За счет внесения принципиально новых конструктивных решений разработана усовершен-

ствованная кавитационная мельница, позволяющая доводить мощность электромагнитного поля до 10 кВт на 1 см^3 обрабатываемого материала. В результате мельница может разрушать материал на частицы до микроуровня, и даже разделять молекулы на ионы. Происходит активизация ионов, вследствие чего они способны создавать устойчивые отсутствующие в природе соединения, например, сверхперекись водорода с формулой H_4O_4. Мельница пригодна для разделения материалов, находящихся в твердом, жидком и газообразном состоянии.

Таблетка из супермощного взрывчатого вещества диаметром около 10 см и толщиной порядка 3-4 см, имеющая кумулятивный скос к центру способна с одного выстрела пробить пятиметровую железобетонную стену. Для приведения в действие заряда разработаны неогневые детонаторы с точностью срабатывания по времени – 2-3 миллисекунды. С использованием этих устройств может быть создана машина для проходки выработок по породам любой крепости, в которой в качестве активного органа будет небольшой ленточный конвейер с наклеенными на ленту таблетками-зарядами. Машина пригодна для работы в шахтах, опасных по газу и пыли.

Подготовлено серийное производство установок для приготовления питьевой воды, соответствующей стандартам на ее качество, из исходной воды любого качества (загрязненной, болотной, соленой, сильно минерализованной и др.). Производительность установок в соответствии с заказами потребителей может варьировать в широком диапазоне, достигая следующих максимальных значений: для судов – 100 т воды в час, для стационарных систем – 1000 т/час. В стационарных условиях могут быть построены несколько параллельных линий, что практически снимает вопрос о предельной производительности систем подготовки воды.

Разработана технология и технические средства для получения непосредственно из природного газа, а также сбросных газов нефтеперерабатывающих производств электрической и тепловой энергии. Эксплуатационная надежность таких установок, называемых электрохимическими генераторами на расплавленном карбонатитовом электролите, определяется двумя принципиальными моментами:

– в них нет движущихся частей;
– для устранения неисправности один элемент заменяется аналогичным другим без проведения каких-либо строительно-монтажных работ.

Устранение неисправности производится заводскими специалистами в процессе сервисного обслуживания. КПД установки при выработке только электрической энергии составляет 60%, при выработке тепловой и электрической энергии – 80%, в перспективе этот показатель может быть доведен до 95%. В условиях нефтехимических предприятий подобные установки одновременно с выработкой энергии служат природоохранным оборудованием, утилизируя сбросные углеводородсодержащие газы. Электрохимические генераторы могут быть использованы для переработки метана шахтных пластов при их предварительной дегазации через специальные скважины, а также для отбора и безопасной переработки метана из погашенных шахт. Возможно применение электрохимических генераторов непосредственно на газовых промыслах, где часть газа стравливается в факел во избежание аварийных ситуации при внезапном выбросе из скважины экстремального количества газа. Вырабатываемая при этом энергия может быть использована на нужды промысла и частично передаваться в сеть.

Имеется дистанционный лазерный анализатор утечек газа из магистральных газопроводов, а также экологически безвредные источники инертного неядовитого газа, используемого в качестве энергии для автоматического, дистанционного управляемого перекрытия кранов газопроводов и скважин в аварийных ситуациях, дозаправки баллонов с инертным газом, вытеснения горючего газа из емкостей при ремонтных работах.

Цементы особой прочности. В России освоен серийный выпуск цементов марок до 1000, малосерийный выпуск марок 1200-1600 и выпуск цементов марок 2000-2500 по специальным заказам. Плиты для особо ответственных сооружений из таких цементов выдерживают нагрузку до 5000 кг/см^2.

Разработана и опробована при переработке вольфрамо-молибденовых руд и бокситов лазерная технология активизации минералов, резко облегчающая их извлечение. Технология пре-

дельно проста в применении: поток минералов на конвейере облучается лазером, по внешнему виду напоминающим газоразрядную лампу дневного света. В результате опробования технологии на вольфрамо-молибденовых концентратах Тырнаузского комбината на Нальчикском металлургическом комбинате за одно автоклавирование было достигнуто 99-процентное извлечение полезных компонентов, тогда как при обычной технологии двойное автоклавирование обеспечивает извлечение лишь 96%. Технология лазерного обогащения особенно эффективна при наличии в рудах большого количества кремнезема. Это открывает возможность перехода к эксплуатации на территории России низкокачественных бокситов и хромитов, а также карбонатитовых марганцевых руд, запасы которых велики на территории страны. В противном случае Россия на данном этапе будет находиться в практически полной зависимости от импорта этого сырья.

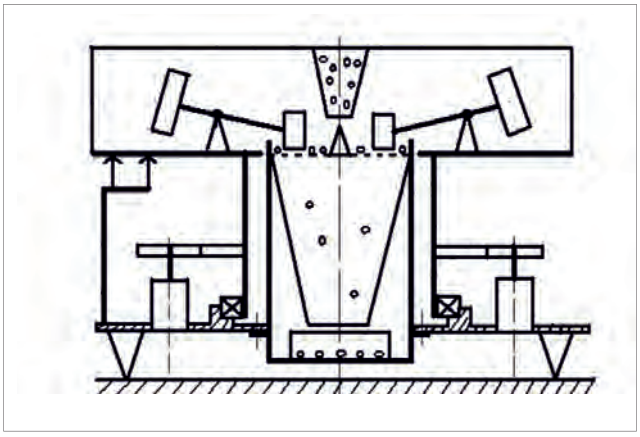
Гироскопическая мельница. В настоящее время актуальной является задача деструкции горных пород такими способами и с помощью таких устройств, которые требуют минимальных энергетических и материальных затрат на их реализацию.

Все известные устройства используют при работе два принципа разрушения твердого вещества: разрушение ударом и разрушение раздавливанием без учета гранулометрического состава исходного вещества, что приводит к расширению номенклатуры измельчающих устройств, повышению их массогабаритных показателей и увеличению энергопотребления на измельчение единицы массы исходного вещества. Сокращения потребления энергии можно достичь только при использовании принципиально новых способов и машин, эффективно реализующих процесс разрушения горных пород. К числу таких способов относится принципиально новый метод дезинтеграции горных пород, в котором реализован принцип их истирания в гироскопических мельницах (ГМ), не имеющий аналога как в России, так и за рубежом.

Повысить эффективность работы устройств по дезинтеграции горных пород возможно, если отказаться от ударного дробления горной породы и перейти на технику дезинтеграции породы с помощью мельниц истирания, среди которых наиболее перспективными являются ГМ.

Минимальной удельной мощностью среди различных измельчающих твердые тела устройств обладают терочные мельницы, традиционных конструкций, работающие в основном в режиме истирания исходного материала. Однако основным недостатком таких терочных мельниц является их сравнительно большие весовые показатели, а также формирование больших усилий в шарнирной опоре, соединяющей рабочий орган терочной мельницы с силовым приводом. Но один из типов терочных мельниц, а именно гироскопические терочные мельницы, обладают уникальной конструктивной схемой, в которой намечены пути для разрешения технических противоречий, касающихся дуализма рабочего органа, разрушающего горную породу.

Для реализации гироскопического способа создания и управления силовыми нагрузками горных пород в Институте проблем комплексного освоения недр (ИПКОН) РАН разработано и создано устройство ГМ (см. рисунок).



Схематическое изображение ГМ

ГМ представляет собой экспериментальный образец, работающий от источника постоянного тока с напряжением от 9 до 30 вольт. При этом электрическое питание электродвигателей рабочей площадки и электродвигателей, вращающих маховик (двухстепенный гироскоп), может осуществляться как от независимых источников питания, так и от одного источника. Электрическое напряжение для двигателей маховиков подается с помощью токоподвода.

Лабораторные экспериментальные исследования с целью проверки работоспособности гироскопической мельницы проводились в ИПКОН РАН. В качестве объекта исследований использовалась гироскопическая мельница ГМ-2 с центральной загрузкой рудного материала.

В качестве рудного материала использовался кимберлит фракции 2 мм, а производительность мельницы оценивалась по фракции кимберлита диаметром менее 0,1 мм, собираемого в бункере. Сравнение технических характеристик показало, что экспериментальный образец гироскопической мельницы имеет практически ту же эффективность, что и выпускаемые серийно мельницы типа «Титан», и в два с лишним раза превосходит по этому показателю шаровую мельницу СМД-493Б, причем по показателю удельной эффективности, то есть эффективности отнесенной на единицу массы мельницы, ГМ-2 вообще оказывается вне конкуренции, так как по этому показателю она опережает известные мельницы почти в 10000 раз, то есть на четыре порядка величины.

Химическая форма движения материи. Обработка призабойных зон скважин с высоковязкими нефтями композициями поверхностно-активных веществ (ПАВ) нового поколения. Специализированными организациями в России созданы технологии обработки призабойных зон добывающих скважин композициями ПАВ нового поколения, предназначенные для интенсификации добычи нефти и газа в малообводненных и необводненных скважинах за счет снижения вязкости высоковязкой нефти в призабойной части продуктивного пласта, в том числе при высокой минерализации пластовой воды. Сущность технологии обработки сводится к закачке и продавке в призабойную зону добывающей скважины композиции ПАВ нового поколения с последующей выдержкой в пласте и запуском скважины в работу. Обработки призабойных зон добывающих скважин композицией ПАВ нового поколения могут быть проведены на различных стадиях работы скважин: освоении, глушении, в период ремонтов и при заметном снижении дебетов добывающих скважин. Кроме того, возможно применение этих композиций ПАВ для эффективной разработки нефтяных месторождений с высоковязкими нефтями путем циклической закачки их в добывающие скважины. Композиции ПАВ нового поколения для конкретных горно-промысловых условий выбирают и уточняют по результатам предварительных лабораторных испытаний нефти и пластовой воды.

Универсальная технология очистки промышленных стоков. В России освоена технология очистки и полной утилизации практически любых промышленных стоков (за исключением четырех химических элементов). Например, путем переработки гальванических стоков серийно выпускается эффективное экологически чистое сбалансированное химическое удобрение с добавками микроэлементов.

Отработанная в промышленных условиях технология извлечения редкоземельных минералов из апатитов и фосфоритов и последующего их разделения на химические элементы заключается в следующем. Переработка фосфорсодержащего минерального концентрата на химические удобрения производится с помощью азотной кислоты. При этом в один прием получают сложное азотно-фосфорное удобрение и высевают смесь редкоземельных металлов. После перечистки смесь содержит 98% металлов. Разделение смеси производят посредством перевода металлов в растворы. По показателю плотности раствор вначале разделяют на три класса – легкий, средний и тяжелый – в зависимости от атомного веса содержащихся в нем металлов. Затем каждый класс последовательно разделяют на химические элементы в установках каскадного типа. Количество ступеней в каскаде зависит от числа редкоземельных металлов, содержащихся в растворе. Известны технологии, которые используют до 100 ступеней. В последующем металл из раствора осаждают. Азотная кислота рекуперируется. Ввиду того, что технологии растворения, разделения и осаждения носят поточный характер, они малозатратны в части текущих издержек. Однако сооружение каскадных установок требует немалых инвестиций, которые быстро окупаются ввиду высокой ценности получаемой продукции и низких текущих издержек производства.

Перспективные технологии, разработанные в рамках конверсии в Государственном институте технологий органического синтеза (ГИТОС). Этот институт располагает развитой производственной базой, позволяющей производить

законченные циклы исследований от синтеза новых веществ до их промышленного производства. Возможности опытного завода позволяют изготовить нестандартное оборудование и осуществлять выпуск продукции органической и неорганической химии в мало- и среднетоннажных масштабах.

В качестве основных направлений конверсии руководство предприятия выбрало производство лекарственных и зооветеринарных препаратов, химических средств защиты растений, различных присадок, а также товаров бытовой химии. Выпуск этой продукции был освоен в сжатые сроки как за счет целевого финансирования, так и за счет собственных средств. Во многих случаях продукция заменяет товары, закупаемые за рубежом.

Биологическая форма движения материи. Методами генной инженерии созданы микробиологические штаммы, позволяющие резко интенсифицировать производство гуматов из угля и торфа и одновременно обогащать гуматы экологически чистыми азотными соединениями путем их фиксации из атмосферного воздуха. Проведенными испытаниями на специализированных станциях в различных районах страны и при выращивании различных культур подтвержден рост урожайности на 20-100 при нормальном фоне минеральных удобрений. Снижение количества минеральных удобрений вдвое не только не сокращает, но и увеличивает рост урожайности растений. Повышается устойчивость растений к заболеваниям, морозоустойчивость. Гуматы могут нормализовать минеральный состав почв при их «перекорме» удобрениями, а также снижать содержание солей. Средства, затраченные на производство и внесение гуматов, окупаются в среднем за два сезона сельскохозяйственных работ.

В Калининградской области открытым способом разрабатывается месторождение янтаря. Верхний слой вскрыши представлен торфом, нижний – калийсодержащей породой. Это дает возможность организовать с использованием микробиологических технологий производство почв с привнесением всего комплекса минеральных удобрений. Фосфорсодержащие вещества могут быть привозными. Запросы на поставку почв поступили из Объединенных Арабских Эмиратов.

Созданы и могут создаваться штаммы, пригодные для направленного извлечения химических элементов из сложных соединений (минералов или их растворов). Так, создан штамм, живущий в 30-процентном растворе мышьяка и активно поглощающий его. Может быть использован при переработке мышьяксодержащих минералов или отходов обогатительного процесса. Имеются штаммы и технология выделения цианидов из растворов, дающая возможность их нейтрализации или утилизации с последующим возвращением в технологический цикл.

Комбинированные формы движения материи. Золотоносная руда на Олимпиаднинском месторождении в Северо-Енисейском районе Красноярского края отрабатывается карьером. Разработка руд ведется с помощью одноковшовых экскаваторов и автомобильного транспорта при предварительном рыхлении с помощью буровзрывных работ. Вскрыша представлена уплотненными породами осадочного чехла и также отрабатывается с помощью одноковшовых экскаваторов и автомобильного транспорта при предварительном рыхлении. Уникальным преимуществом ОАО «Полюс Золото», которое ведет разработку этого месторождения, является технология биологического окисления сурьмяно-мышьяковистых сульфидных золотосодержащих руд, которую специалисты компании впервые в мире адаптировали для использования в условиях Крайнего Севера.

Технология биоокисления основана на обработке сульфидов с помощью генетически измененных бактерий, которые питаются сульфидами железа, превращая их в окислы, и могут существовать в агрессивной химической среде в присутствии мышьяка, окиси углерода, сурьмы и других веществ. Использование микроорганизмов позволяет разложить упорные золотосодержащие минералы, не поддающиеся переработке иными способами. В результате извлечение золота повышается до 90% в сравнении с 30-40% при цианировании сульфидных руд. Биоокисление отличается экологичностью процесса. Оно исключает выделение углекислого газа в атмосферу, сокращает количество отходов.

Поступила в редакцию
16.01.2015 г.

Y. Chernegov[2]

RESEARCH INTENSITY AND THE RESERVES OF CONVERSION OF DEFENCE PRODUCTION FOR THE BENEFIT OF THE ENERGY, MINING AND SMELTING AND MINING AND CHEMICAL SECTORS

The paper presents the differentiation of the research intensity by the sectors of the economy, analyses the reasons for failure of conversion of defence production in the past. The paper gives the arguments for the restoration of the defence R&D conversion for the technological re-equipment of the mining and processing companies. The paper also analyses the particular examples of the realized solutions and developments.

Key words: conversion of defence developments, technologies of mining and processing of raw materials, physical, chemical and microbiological methods and their combinations.

[2] Yury A. Chernegov – Doctor of Engineering, Professor, RANS academician, *e-mail:* chernella38@mail.ru

УДК 621.315

Ю.Г. Шакарян, Н.Л. Новиков, А.Н. Новиков[1]

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РОССИЙСКОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

В статье проанализированы основные направления и группы новых технических средств для практической реализации технологий интеллектуальной электроэнергетики и создания активно-адаптивных сетей. Приведен обзор назначений, свойств и технических характеристик основных устройств управляемых систем передачи переменного тока отечественного и зарубежного производства. Даны соответствующие выводы по использованию созданных устройств совместно с информационными технологиями для повышения энергоэффективности российской электроэнергетики.

Ключевые слова: интеллектуальная электроэнергетика, FACTS (управляемые системы передачи переменного ток), активно-адаптивные сети, интерактивные технологии.

Новые технические средства играют решающую роль в реализации технологии интеллектуальной электроэнергетики на практике. Технические средства можно разделить на следующие основные группы:

- устройства регулирования (компенсации) реактивной мощности и напряжения, подключаемые к сетям параллельно;
- устройства регулирования параметров сети (сопротивление сети), подключаемые в сети последовательно;
- устройства, сочетающие функции первых двух групп – продольно-поперечного включения;
- устройства ограничения токов короткого замыкания;
- накопители электрической энергии;
- преобразователи вида тока (переменного в постоянный и наоборот).
- кабельные линии электропередачи постоянного и переменного тока на базе высокотемпературных сверхпроводников;
- информационные технологии;
- программные средства.

Первые три группы устройств относят к технологии управляемых систем электропередачи переменного тока – Flexible Alternative Current Transmission System (FACTS) [1, 4]. Отдельные типы устройств и технологии FACTS используются также в группах устройств 4, 5 и 6.

FACTS является одной из наиболее перспективных электросетевых технологий, суть которой заключается в том, что электрическая сеть из пассивного устройства транспорта электроэнергии превращается в устройство, активно участвующее в управлении режимами работы электрических сетей. Благодаря этому удается «в темпе процесса» управлять значением пропускной способности линии электропередачи, перераспределять между параллельными линиями электропередачи потоки активной мощности, оптимизируя их в установившихся режимах и перенаправлять их по сохранившимся после аварий линиям электропередачи, не опасаясь нарушения устойчивости, тем самым обеспечивая повышение надежности электроснабжения потребителей.

К устройствам FACTS первого поколения (FACTS-1) относят устройства, обеспечивающие регулирование напряжения (реактивной мощности) и обеспечивающие требуемую степень компенсации реактивной мощности в электрических сетях (статический компенсатор реактивной мощности (СТК), реактор с тиристорным управлением, стационарный последовательный конденсатор с тиристорным управлением, фазосдвигающий трансформатор и др.).

[1] Юрий Гевондович Шакарян – научный руководитель ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС», д.т.н., профессор, *e-mail:* gurinenko@ntc-power.ru;
Николай Леонтьевич Новиков – заместитель научного руководителя, начальник отдела новых электросете-вых технологий ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС», д.т.н., профессор, *e-mail:* novikov_nl@ntc-power.ru;
Александр Николаевич Новиков – главный специалист дирекции электрооборудования и ЛЭП ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС», *e-mail:* novikov_an@ntc-power.ru

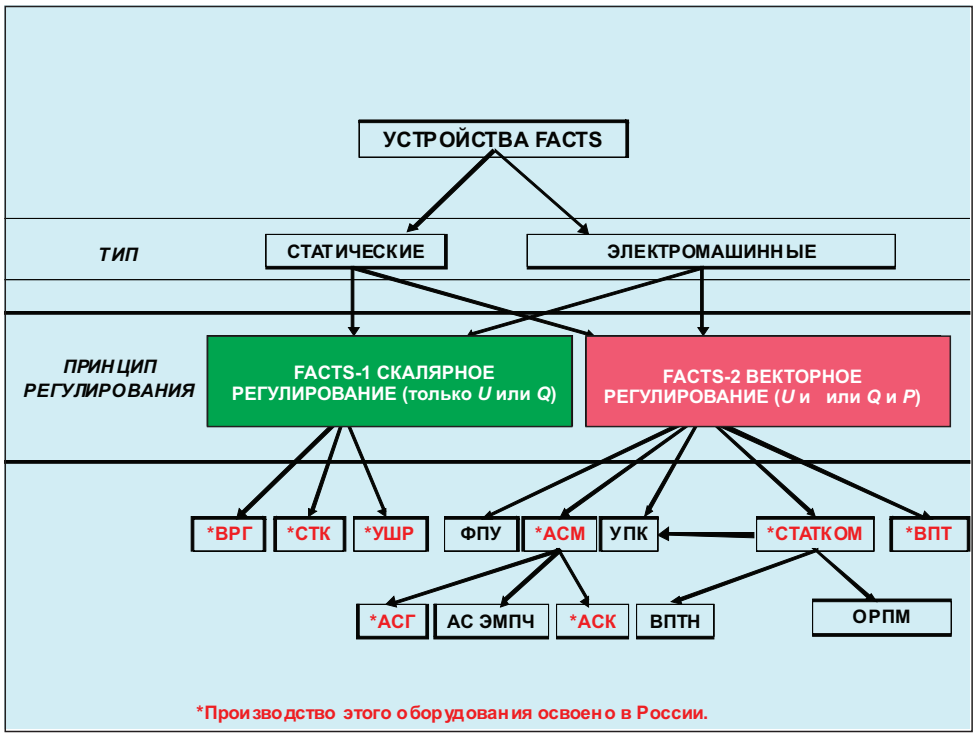
К новейшим FACTS второго поколения (FACTS-2) относят устройства, обеспечивающие регулирование режимных параметров на базе полностью управляемых приборов силовой электроники (IGBT транзисторы, IGCT-тиристоры и др.). FACTS-2 обладают новым качеством регулирования – ***векторным,*** когда регулируется не только величина, но и фаза вектора напряжения электрической сети (синхронный статический компенсатор (СТАТКОМ), объединенный регулятор потоков мощности (ОРПМ) и др.).

Основные устройства управляемых систем передачи переменного тока в электрических сетях

Устройства регулирования (компенсации) *реактивной мощности* предназначены для выполнения задачи обеспечения качества электрической энергии по напряжению путем поддержания заданных уровней напряжения в контрольных точках сети. В определенных случаях, особенно для межсистемных и системообразующих связей, при дальнем транспорте электроэнергии к этим устройствам предъявляются также требования в отношении обеспечения заданных пределов статической и динамической устойчивости электроэнергетических систем, устойчивости нагрузки. Данные устройства по принципу действия делятся на статические и электромашинные (здесь и далее по тексту см. рисунок).

К статическим устройствам относятся: простейшие батареи статических компенсаторов (БСК) и шунтирующие реакторы (ШР), обеспечивающие ступенчатое регулирование реактивной мощности, реакторные группы, коммутируемые вакуумными выключателями (ВРГ), управляемые шунтирующие реакторы (УШР), статические тиристорные компенсаторы (СТК), статические компенсаторы реактивной мощности, выполненные на базе современной силовой электроники (мощные IGBT транзисторы) – СТАТКОМ.

Реакторные группы, коммутируемые выключатели (ВРГ). Ступенчато-регулируемые реакторы, подключаемые к третичной обмотке автотрансформаторов (трансформаторов) посредством вакуумных выключателей с числом коммутаций 5000-10000, временем включения/отключения выключателя. Применяются для



Структурная иерархия устройств FACTS

компенсации зарядной мощности линий электропередачи и в узлах нагрузки для поддержания напряжения в требуемых пределах в установившихся режимах. ВГР предназначены для ступенчатого регулирования напряжения (реактивной мощности) при мощностях, протекающих по линиям электропередачи, не превышающих натуральную. Предпочтительная область применения – распределительные сети. Возможны комбинации, когда параллельно ВРГ подключаются конденсаторные батареи (КБ).

Отечественной промышленностью освоено производство ВРГ. Мощность одной ступени – от 10 до 60 МВА, номинальное напряжение – 10-35 кВ. Производятся и за рубежом.

Управляемый шунтирующий реактор с подмагничиванием постоянным током. Выполняется на основе специального трансформатора с масляным охлаждением, в составе УШР на общем сердечнике содержится сетевая обмотка реактора, компенсирующая обмотка, обмотка управления и вне бака с УШР тиристорное выпрямительное устройство и фильтр. Быстродействие УШР определяется степенью форсировки и расфорсировки подмагничивания постоянным током и мощности выпрямительного устройства. УШР предназначены для плавного регулирования напряжения (реактивной мощности) при мощностях, протекающих по линиям электропередачи, не превышающих натуральную, УШР могут устанавливаться как на линиях электропередачи (линейные УШР), так и на шинах подстанции, не предназначены для обеспечения требований по устойчивости. Предпочтительная область применения – распределительные сети. Возможна комбинация, когда параллельно УШР подключается компенсаторная батарея (КБ). ЗПО «Трансформатор» (Украина) освоено производство шинных УШР с подмагничиванием напряжением 110, 220 кВ, 500 кВ. Зарубежные аналоги отсутствуют.

Статические тиристорные компенсаторы (СТК). В составе СТК реактор с воздушным охлаждением и тиристорный вентиль с воздушным или водяным охлаждением, образующие тиристорные группы (ТРГ) с плавным регулированием угла зажигания тиристоров. Параллельно ТРГ подключена конденсаторная батарея (КБ), а иногда и фильтро-компенсирующие цепи (ФКУ). Подключается к сети ВН через третичную обмотку НН автотрансформатора или через блочный повышающий трансформатор. Минимальная величина постоянной времени регулирования реактивной мощности составляет $\tau_{p\Sigma} = 0,01 - 0,02$ с. Обеспечивают регулирование напряжения (реактивной мощности) при мощностях в линиях электропередачи как ниже, так и выше натуральной. Предназначены также для повышения устойчивости и пределов передаваемой по линиям электропередачи мощности. Предпочтительная область применения: распределительные и магистральные сети, межсистемные связи для целей глубокого регулирования реактивной мощности и обеспечения устойчивости.

Отечественной промышленностью освоено производство СТК мощностью 50, 100, 160 МВА, 11-15.75 кВ. Мировые производители (Siemens, ABB, Areva и др.) выпускают СТК единичной мощностью 50-500 МВА, напряжением до 35 кВ. В мировой практике СТК нашли широкое применение.

Статический компенсатор реактивной мощности на базе преобразователя напряжения (СТАТКОМ). Состоит из выполненного на силовых транзисторах преобразователя напряжения, обеспечивающего генерацию и потребление реактивной мощности в диапазоне 100% установленной мощности устройства, без дополнительных силовых реакторов и конденсаторных батарей. Подключение к сети ВН через третичную обмотку НН автотрансформатора или через отдельный повышающий трансформатор НН/ВН. Применяются для динамической стабилизации напряжения, увеличения пропускной способности электропередачи, уменьшения колебаний напряжения, повышения устойчивости при электромеханических переходных процессах, улучшения демпфирования колебаний в энергосистеме. Используются в любых электрических сетях, особенно эффективно в «слабых».

Разработан и создан первый в России образец мощностью 50 МВАр, 15,75 кВ, компания ABB выпустила СТАТКОМ мощностью до 150 МВАр, напряжением до 35 кВ. Siemens, ABB, Areva производят СТАТКОМ на запираемых тиристорах. В мировой практике наблюдается тенденция увеличения масштабов практического применения СТАТКОМов.

СТАТКОМ является преобразователем напряжения, выполнен на силовых транзисторах, обеспечивающих 100-процентную генерацию и потребление реактивной мощности без дополнительных силовых реакторов и конденсаторов. Отличается высоким быстродействием и малыми габаритами. Принципиально способен регулировать не только величину, но и фазу напряжения в электрической сети, к которой он подключен. При наличии в звене постоянного тока накопительного устройства (аккумулятор и др.) способен также обеспечить регулирование активной мощности.

Электромашинные устройства. Синхронные компенсаторы (СК). Являются комплексом состоящим из синхронных машин и возбудителя. Имеется модификация СК с бесщеточным возбуждением. Способны обеспечить регулирование реактивной мощности в пределах 100%, выдача 30-50% потребления. Обладают высокой перегрузочной способностью 2-3 кратная перегрузка по току в течение 30 секунд.

Применяются для регулирования напряжения и повышения пределов статической и динамической устойчивости, увеличения пропускной способности электропередачи. Имеют ограничение по применению в сетях, требующих глубокого (± 100%) регулирования реактивной мощности. Применимы в любых электрических сетях.

Асинхронизированные компенсаторы (АСК). Являются комплексом, состоящим из асинхронизированных электрических машин переменного тока и статических преобразователей частоты. Содержат на роторе две и более обмоток возбуждения, благодаря чему обеспечивается возможность регулирования реактивной мощности в пределах колебания. Обеспечивается также возможность регулирования не только величины, но и фазы вектора напряжения в энергосистеме. Обладают высокой перегрузочной способностью (двух-трех кратная перегрузка) по току в течение 300 секунд. Возможна работа с переменной частотой вращения с маховиком на валу с целью повышения пределов динамических характеристик энергосистем.

Применяются для регулирования напряжения и повышения пределов статической и динамической устойчивости, увеличения пропускной способности электропередачи, улучшения демпфирования энергосистемы в любых электрических сетях, особенно эффективны в «слабых».

АСК является электромашинным аналогом СТАТКОМа. Отечественной промышленностью освоено производство компенсаторов 50, 100 МВА, 11кВ. Фирмой Hitachi изготовлен АСК мощностью 60 МВА с маховиком на валу.

Устройства регулирования параметров сети предназначены для изменения сопротивления элементов сети (управления топологией сети), изменения пропускной способности сети, в том числе увеличения вплоть до ограничения по нагреву без нарушения условий устойчивости, перераспределения потоков мощности по параллельным линиям при изменении режимной ситуации. К таким устройствам относятся: неуправляемые устройства продольной компенсации (УПК); управляемые устройства продольной компенсации (УУПК); фазоповоротные устройства (ФПУ); асинхронизированные компенсаторы (АСК).

Управляемые устройства продольной компенсации (УУПК). Конфигурации УУПК включают в себя реакторы и тиристоры, соединенные параллельно с секциями батареи конденсаторов, включенных в линию электропередач последовательно. Такая комбинация позволяет обеспечивать плавное управление емкостным сопротивлением и тем самым плавное изменение реактивного сопротивления линии. Возможное выполнение: последовательное включенние в линию СТАТКОМа или АСК. Регулирует сопротивление ЛЭП, увеличивает пропускную способность, обеспечивает регулирование, плавное перераспределение мощностей по параллельным линиям электропередачи, демпфирует низкочастотные колебания мощности.

Массово производятся зарубежными фирмами. В мировой практике нашли широкое применение. Отсутствует отечественное производство.

Фазоповоротные устройства (ФПУ). Устройства переключающие посредством выключателей или тиристорных ключей отпайки трансформатора, обеспечивающие регулирование фазы напряжения. Применяются для оптимизации в установленных режимах потоков мощности по параллельным ЛЭП, повышения

пропускной способности. Как правило, не предназначены для динамической стабилизации режимов работы электропередачи.

Отсутствует отечественное производство. Массово производятся зарубежными фирмами. Мощность ФПУ достигла 2000 МВт. В мировой практике нашли широкое применение.

Устройства продольно-поперечного включения обеспечивают заданное регулирование величины и фазы вектора напряжения в местах их подключения *(векторное регулирование)*, изменяя (оптимизируя) за счет этого управление потоками мощности как в статических, так и в динамических режимах. Эти устройства создаются либо на базе двух СТАТКОМов, либо двух АСК, соединенных параллельно-последовательно.

Преобразователи вида тока предназначены:

- для согласованной работы электрических сетей переменного и постоянного тока в случаях их совместного использования, когда применение фрагмента постоянного тока в конкретном сечении (линии) электропередачи является экономически и технически целесообразным;
- согласования работы сетей с различной частотой электрического тока, в том числе при возникновении аварийных ситуаций и восстановления электроснабжения после ликвидации нарушений;
- повышения пропускной способности элементов сети, содержащих «слабые» связи.

Технические устройства для решения этих задач выполняются на основе традиционных вставок постоянного тока (вставки на тиристорах), вставок на базе СТАТКОМов, асинхронизированных машин.

Вставки постоянного тока на обычном тиристоре (ВПТ). Требуются для работы источники реактивной мощности от 50 до 100% установочной мощности ВПТ. Применяются для несинхронного объединения энергосистем. Неэффективны в электрических сетях, имеющих дефицит реактивной мощности. Невозможен автономный режим работы.

Вставки постоянного тока на основе СТАТКОМов (ВПТН). Вставки на базе двух СТАТКОМов, объединенных общим звеном постоянного тока и включаемых в рассечку линий электропередачи, связывающие две электрические системы, обеспечивают регулирование как активной, так и реактивной мощности в широких пределах. ВПТН широко применяются для несинхронного объединения любых энергосистем, в том числе и по межсистемным связям, относящих к категории «слабых». Обеспечивается возможность работы в автономном режиме. Применяются в любых сетях.

В настоящее время на базе отечественного СТАТКОМа ведется проектирование ВПТН единичной мощностью 100 МВт, 35 кВ. Фирмой ABB освоено производство ВПТН единичной мощностью до 300 МВт, напряжением 345 кВ. В мировой практике наблюдается тенденция широкого применения ВПТН для связи электрических систем.

Электромашинные преобразователи частоты. Две асинхронизированные машины с жестко связанными валами, работающие в общем случае при различных частотах энергосистемы. Являются электромеханическим аналогом вставки постоянного тока, состоящей из двух СТАТКОМов. Обладают высокой перегрузочной способностью. В отличие от ВПТН обе части энергосистемы электрически не связанны. Область применения АС ЭМПЧ такая же, что и ВПТН. Особенно эффективен АС ЭМПЧ при питании нагрузок чувствительных к подениям напряжения и потребителей с импульсной нагрузкой. В России выполнен проект АС ЭМПЧ единичной мощностью 70-200 МВт. Siemens, ABB выпустили агрегаты АС ЭМПЧ мощностью 60 МВт для питания импульсных нагрузок и для связи сетей промышленной частоты с сетями железных дорог (16 2/3 Гц).

Устройства ограничения токов короткого замыкания предназначены для ограничения уровней токов к.з. и сохранения живучести электроэнергетической системы. В схемах питания мегаполисов эти проблемы особо актуальны в связи с высокой плотностью нагрузки, значением токов к.з., превышающих предельно коммутационные способности существующих выключателей.

Устройства ограничения токов к.з. можно разделить на две группы:

- ограничение уровня токов к.з. на сравнительно небольшую степень;
- глубокого ограничения токов к.з., об-

ладающие высоким быстродействием и большим сопротивлением в режимах к.з.

К первой группе устройств относятся стандартные токоограничивающие реакторы, включаемые в электрическую сеть последовательно, допускающие сравнительно небольшую степень токоограничения, обладающие сравнительно низкой стоимостью и нашедшие широкое практическое применение.

В последнее время большое значение приобретают быстродействующие устройства глубокого токоограничения, обладающие в нормативных режимах малым (в идеале нулевым) сопротивлением, а при к.з. – требуемым. К этим устройствам относятся устройства глубокого токоограничения на базе силовой электроники, быстродействующих коммутационных элементов взрывного действия, использования высокотемпературных сверхпроводников.

Устройство на базе силовой электроники состоит из последовательно включенных индуктивности и емкости равной величины. В нормальном режиме ключ разомкнут. Падение напряжения равно нулю. При к.з. тиристорный ключ замыкает емкость и индуктивность L ограничивает ток к.з.

Токоограничитель на основе быстродействующих коммутационных элементов (БКЭ).

Специальный реактор с коммутационным элементом взрывного типа во вторичной обмотке включается последовательно в сеть и имеет в нормальном режиме малое сопротивление. Автоматическое повышение сопротивление при к.з. Возможно глубокое токоограничение ударного и установившегося тока к.з. Основу токоограничителя составляет быстродействующий коммутационный элемент, состоящий из трех основных элементов: быстродействующее разъединительное устройство, плавкий предохранитель, включенный параллельно, блок логических схем с трансформатором тока.

Токоограничительное устройство (ТОУ) предназначено для ограничения ударных и установившихся значений токов коротких замыканий. Применение токоограничивающих устройств на основе взрывных коммутаторов, после внедрения в сети ЕНЭС, предполагает получение следующих эффектов:

- сохранение существующего на станциях и подстанциях коммутационного оборудования при подключении дополнительных мощностей или новых линий;
- снижение затрат на коммутационное оборудование на вновь строящихся объектах;
- отказ от секционирования электрических сетей 110-500 кВ, обеспечивающий повышение надежности работы системы;
- повышение надежности питания потребителей;
- повышение качества электроэнергии за счет уменьшения эквивалентного индуктивного сопротивления сети;
- повышение надежности работы электрооборудования за счет снижения электродинамических и тепловых воздействий при ограничениях ударных и установившихся токов короткого замыкания;
- особый эффект токоограничивающие устройства на основе взрывных коммутаторов для сетей 110 кВ и выше могут дать при их применении в мегаполисах и крупных городах, в первую очередь в Москве и Санкт-Петербурге, где наблюдаются наиболее высокие уровни короткого замыкания.

За рубежом и в России проводятся многочисленные исследования создания токоограничителей на базе сверхпроводимости, созданы макеты и опытные образцы этих устройств, коммерческое использование которых по различным оценкам возможно к 2020 году.

Способностью ограничения токов обладают также и вставки постоянного тока, однако их предназначение значительно шире и их использование только для целей токоограничения экономически вряд ли выгодно.

Накопители электрической энергии являются важнейшим элементом будущих активно-адаптивных сетей. Накопители энергии выполняют ряд функций: выравнивание графиков нагрузки в сети (накопление электрической энергии в периоды наличия избыточной (дешевой) энергии и выдачу ее в сеть в периоды дефицита, обеспечение в сочетании с устройствами FACTS повышения пределов устойчивости, бесперебойного питания особо важных объектов, собственных нужд электростанций и подстанций, демпфирование колебаний мощности, стабилизации

Основные показатели ТОУ

Параметр	СП токоограничения	ПП токоограничения	КЭ токоограничения
U ном	3,6 – 154	110 кВ	6 – 220
I ном кА	До 4	4	10
t сраб. С	0,001 – 0,002	0,005	0,001 – 0,002
t восст. С	1 – 2	0,001	0,001 – 0,002
Принцип действия	Рост сопротивления	Включение сопротивления	Включение сопротивления
Запуск при КЗ	Свойства материала	Система управления	Система управления
Состояние	Создаются макетные и опытные образцы	Выпускается фирмой «Siemens»	Создан и испытан опытный образец напряжением 20 кВ. Промышленное производство не освоено

* Имеется в виду время действия собственно устройства

работы малоинерционных децентрализованных источников электрической энергии.

Накопители энергии делятся на электростатические, к которым относятся аккумуляторные батареи большой энергоемкости (АББЭ), накопители энергии на основе молекулярных конденсаторов, накопители энергии на основе низкотемпературных (охлаждение жидким гелем) сверхпроводников.

Все типы электростатических накопителей связываются с сетью через устройства силовой электроники – преобразователи тока или напряжения.

В настоящее время рядом зарубежных фирм начат выпуск и осуществляется довольно масштабное практическое применение АББЭ. Молекулярные накопители проходят стадию создания и испытания опытных образцов.

Сверхпроводниковый индуктивный накопитель энергии (СПИНЭ) – это одно из применений сверхпроводимости. Практическое применение в настоящее время нашли передвижные СПИНЭ сравнительно небольшой энергоемкости (до 106 Дж), широкое применение СПИНЭ возможно после разработки и создания СПИНЭ на базе высокотемпературных сверхпроводников. Ожидаемое время их практического применения 2015-2020 годы.

К *электромагнитным накопителям электроэнергии* относятся два вида комплексов:

– синхронные машины с преобразователями частоты в первичной цепи маховиками на валу;
– асинхронизированные машины с маховиками на валу.

В настоящее время нет практических ограничений по созданию агрегатов первого типа мощности до 300-400 МВт и второго типа мощности 800-1600 МВт. Первый тип агрегатов имеет больший диапазон изменения скорости и большую способность использования кинетической энергии вращающихся машин. Второй тип способен работать в диапазоне регулирования частоты вращения ± 50% от синхронной, имеет меньшую мощность преобразовательного устройства, чем в первом случае, обладает меньшей стоимостью и может быть выполнен на большую мощность. В России был разработан эскизный проект маховикового накопителя на основе асинхронизированной машины вертикального исполнения мощностью 200 МВт.

Возможно выполнение накопителя энергии на основе супермаховиков. Супермаховик изготавливается из сверхпрочного углеродного волокна, получаемого на основе нанотехнологий и имеет удельную энергоемкость 5-15 МДж/кг, что недостижимо для всех известных накопители энергии – электрохимические аккумуляторы, конденсаторы, пружины. Это объясняется тем, что супермаховик можно разогнать до огромных скоростей.

Кабельные линии электропередачи постоянного и переменного тока на базе высокотемпературных сверхпроводников. Концепция применения ВТСП-кабелей в электрических сетях исходит из того, что выполненные на основе высокотемпературных сверхпроводящих материалов они доказали свою техническую осуществимость на примерах их прототипов, опробованных в разных странах (США, Дания,

Япония, Южная Корея, Китай, Мексика). Эти прототипы имели длину от 30 до 600 м, напряжение до 136 кВ, различную пропускную способность и использовали высокотемпературные сверхпроводниковые материалы как первого, так и второго поколения. Указанный выше опыт испытаний и использования ВТСП-кабелей дает основания для начала проведения широкомасштабных работ по применению сверхпроводящих кабелей в электрических сетях. Расчеты показывают, что использование сверхпроводящих кабелей переменного тока в электрических сетях целесообразно не только с технической, но и с экономической точки зрения.

Перспективным направлением является использование сверхпроводящих кабелей для передачи энергии на постоянном токе. В этом случае расход сверхпроводника уменьшается практически в полтора-два раза, отсутствуют электрические потери в жиле и снижаются требования к криогенной системе. Область применения ВТСП кабельной линии постоянного тока:

- передача электроэнергии через большие водные пространства;
- глубокие вводы большой мощности в центры крупных городов, что позволит не только увеличить передаваемую мощность, но и отказаться от подстанций высокого напряжения в пользу среднего;
- связь систем переменного тока с различной номинальной частотой;
- несинхронные связи систем одной номинальной частоты, что позволит повысить живучесть объединенной системы;
- создание шин постоянного тока, к которым могут подсоединяться электроэнергетические системы различных районов или стран, работающие несинхронно или с различной частотой и не выполняющие требования единства законов регулирования частоты;
- подключение к системе электростанций, работающих с переменной частотой вращения агрегатов, что позволяет обеспечить большую эффективность работы этих агрегатов;
- развязка колец, возникающих при развитии объединенной системы, в которых могут циркулировать большие неуправляемые потоки мощности.

Выводы

В настоящее время основные средства активно-адаптивных сетей в основном разработаны. В России разработаны и созданы новые оригинальные устройства и технологии, являющиеся элементами активно-адаптивной сети. Это устройства регулирования напряжения на базе современной силовой электроники, принципиально нового типа асинхронизированные турбогенераторы и компенсаторы реактивной мощности, кабельные линии на основе высокотемпературной сверхпроводимости, устройства ограничения токов к.з. коммутационного типа, не имеющие мировых аналогов.

Таким образом, для решения качественно новых задач – управления «в темпе процесса» в условиях неполной информации о параметрах энергосистемы и возмущающих воздействий необходимо использование единых принципов управления и качественно новых техники и технологий, в том числе средств и систем: управления и регулирования активной и реактивной мощности с применением силовой электроники; ограничения токов к.з.; накопления электроэнергии; прогнозирования и интеллектуального анализа аварийных ситуаций; поддержки оперативных решений, выдачи рекомендаций и управляющих воздействий по локализации и ликвидации аварий; контроля и анализа технического состояния и остаточного ресурса технологического оборудования; высокоскоростной, полностью интегрированной, двухсторонней технологии связи и коммутаций между субъектами ИЭС для интерактивного обмена информацией, энергией и денежными потоками между ними в режиме реального времени; интеллектуального учета электроэнергии и управления электропотреблением.

Использование созданных устройств совместно с информационными технологиями позволит начать поэтапную практическую работу по созданию активно-адаптивных сетей. Внедрение интеллектуальных интерактивных технологий в развитие электрической сети (технологии интеллектуальной сети) должно явиться одним из важных направлений в области энергетической политики России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основы современной энергетики / под общ. ред. Е.В. Аметистова. 4-е изд., в 2 т. М.: МЭИ, 2008.

2. Grid 2030: A National Version for Electricity's Second 100 Years. Office of Electric Transmission and Distribution, United State Department of Energy, July 2003.

3. European Smart Grids Technology Platform: Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future. European Commission, 2006.

4. Hingorani, Narain G. Understanding FACTS. IEEE Press, 1999.

Поступила в редакцию
06.08.2015 г.

Y. Shakaryan, N. Novikov, A. Novikov[2]

UP-TO-DATE TECHNOLOGIES OF RUSSIAN ENERGY SECTOR'S ENERGY EFFICIENCY INCREASE

The paper analyses the main directions and groups of new technical solutions for the practical realization of intellectual power sector technologies and the creation of active-adaptive grids. The paper presents the usage, particularities and technical characteristics of the main appliances of local and imported flexible AC transmission systems. The authors give the conclusions on the use of these appliances together with the information technologies to increase the energy efficiency of Russian power sector.

Key words: intellectual power sector, FACTS (Flexible AC Transmission System), active-adaptive grids, interactive technologies.

[2] Yury G. Shakaryan – Research Head of OJSC «NTC FSK EES», Doctor of Engineering, Professor, *e-mail:* gurinenko@ntc-power.ru;
Nikolay L. Novikov – Deputy Research Head, Head of New Energy Grid Technologies OJSC «NTC FSK EES», Doctor of Engineering, Professor, *e-mail:* novikov_nl@ntc-power.ru;
Alexander N. Novikov – Leading Specialist in Directorate of Energy Machinery and Grid OJSC «NTC FSK EES», *e-mail:* novikov_an@ntc-power.ru

УДК 620.9:658 +658.26:621.31

А.П. Белкин, А.В. Дубова[1]

ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье приведены результаты исследований, которые показали, что в децентрализованной энергетике Российской Федерации, и в частности Тюменской области, успешно применяются несколько технологий, выбор которых зависит от географического, экономического, экологического параметров и от загрузки электро- и теплофикационного цикла установки. Обоснована нецелесообразность использования монополизированной технологии микротурбин коммерческим предприятием на фоне девальвации национальной валюты и увеличения экономических, кредитных и политических рисков. Те же системные ограничения определяют целесообразность применения ГТД (газотурбинных двигателей) отечественных производителей в качестве приоритетных. Приведен алгоритм выбора оптимальной технологии.

Ключевые слова: мини-ТЭЦ, малая энергетика, газопоршневые установки, газотурбинные установки, абсорбционная холодильная машина.

В 2014 г. сектор малой электроэнергетики России насчитывал более 50 тыс. электростанций с общей мощностью около 17 ГВт и годовой выработкой электроэнергии 5% от общей выработки электроэнергии в стране. С учетом того, что в 2004 г. доля малой генерации составляла всего 1,5%, развитие малой энергетики в России идет достаточно активно.

Причин перехода потребителей на децентрализованное энергоснабжение несколько.

1. *Экономическая причина* – прежде всего рост тарифов и недостаток определенности тарифообразующей политики. Большие незадействованные резервы электроэнергии, потери в сетях и устаревание оборудования определяют необходимость инвестиционных вливаний, приток которых возможен только при условии заинтересованности потенциальных инвесторов, а значит, при смене действующей тарифной стратегии с увеличением стоимости для потребителя.

2. *Территориальная.* До 60% территории России находится в зоне децентрализованного энергоснабжения. Для малых населенных пунктов, нефтеперекачивающих и компрессорных станций газопроводов, других промышленных и социальных объектов, располагающихся в труднодоступной местности или значительно удаленных от центральной сети, децентрализованное энергоснабжение является зачастую единственно возможным вариантом.

3. *Непростая система получения разрешения для подключения к централизованному энергоснабжению.* Данная причина весьма актуальна, например, для торговых предприятий с большим оборотом и небольшой маржинальной прибылью. Гипермаркеты и крупные торгово-офисные центры в первое время после запуска проекта обычно используют на арендной основе дизельные генераторы, а после подключения к сетям или строительства собственной мини-ТЭЦ возвращают их арендодателю.

4. *Доступность газа и внедрение новых технологий и оборудования.* Этот фактор важен для крупных корпораций, нацеленных на стратегическое развитие и строящим эффективную инфраструктуру для своего бизнеса, а также для новых государственных объектов, находящихся в приоритетных на сегодняшний день сферах, например, крупных спортивных площадок.

5. *Мобильность и надежность.* Использование запасных бесперебойных источников питания в больницах и других социально значимых объектах, передвижных генераторов для мобильных пунктов научной и промышленной разведки.

С учетом того, что государственная политика не ограничивает развитие собственной генера-

[1] Алексей Павлович Белкин – доцент кафедры промышленной теплоэнергетики, к.т.н.,
Тюменский государственный архитектурно-строительный университет, *e-mail:* kpt.belkin@mail.ru;
Александра Викторовна Дубова – магистр, специальность «Промышленная теплоэнергетика», Тюменский государственный архитектурно-строительный университет, *e-mail:* aleks-vic@yandex.ru

ции, в стране достаточно уверенно развивается сектор малой энергетики. Однако есть и сдерживающие факторы.

Во-первых, необходимость управления и содержания собственного объекта генерации ведет к проблеме дополнительной административной нагрузки и ответственности.

Во-вторых, при возникновении излишек электроэнергии целесообразно отдавать их в сеть. Во многих других странах этот механизм уже отлажен. В России технологическое присоединение к сетям для целей реализации излишек довольно сложен и затруднен.

Рассматривая варианты технологий малой энергетики, можно выделить следующие технологии:

- установки с дизельными или бензиновыми двигателями;
- газопоршневые установки;
- газотурбинные установки;
- современные паровые котлы, паровые турбины;
- установки на топливных химических элементах;
- фотоэлектрические панели;
- малые ветротурбины и др.

У каждой технологии есть свои достоинства и недостатки. Паровые и газовые турбины недостаточно эффективны при работе в диапазоне малых мощностей (до 10 МВт). Дизельные и газопоршневые генераторы не удовлетворяют экологическим требованиям и вызывают нарекания по эксплуатационным характеристикам, в частности, до недавнего времени моторесурс дизельные генераторов не превышал 100 000 часов. Топливные ячейки находятся в стадии совершенствования технологий и пока слишком дороги для большинства случаев практических применений. Микротурбины компактны, высокоэкологичны, эластичны к нагрузке, а также наиболее эффективны в режимах когенерации и тригенерации, однако предполагают необходимость больших капиталовложений (около 3000 долл. за 1 кВт). Установки на основе возобновляемых источников энергии поддерживаются на государственном уровне субсидированием и эффективны на перспективу, однако они имеют недостаточный уровень проработки для российских погодных условий и высокую стоимость.

Первоочередной задачей для предприятия, переходящего на децентрализованное энергоснабжение, является определение ключевых запросов и имеющихся ограничений. На основании выбранных приоритетов подбирается подходящий тип привода электрогенератора, используемого в качестве основы для мини-ТЭЦ.

Например, территориальное расположение, а именно близость к газопроводу, сразу определяет приемлемый круг технологий децентрализованного энергоснабжения предприятия (табл. 1) [1].

Газовые турбины в свою очередь можно разделить на три подкласса в связи со значительными отличиями по некоторым параметрам:

1) газовые турбины, разработанные специально для стационарных объектов энергоснабжения;

2) газотурбинные двигатели, конвертированные из авиационных и морских установок для нужд наземного энергоснабжения;

3) микротурбины.

Несмотря на то, что в литературе микротурбины определены как компактные газотурбинные установки малой единичной мощностью (до 1000 кВт), в табл. 2 в качестве микротурбин рассмотрены только агрегаты фирмы Capstone Turbine Corporation (США), так как отличи-

Таблица 1

Выбор технологии производства электроэнергии в зависимости от наличия природного газа

Наличие природного газа/ близость к газопроводу	Отсутствие природного газа/ близость к газопроводу
• газотурбинные двигатели (промышленного назначения, конвертированные транспортные турбины, микротурбины) • газопоршневые двигатели	• дизельные и бензиновые двигатели • паровые котельные • ветроэлектростанции • солнечные батареи • ферментная газификация сельхозотходов • топливные химические элементы • комбинирование технологии

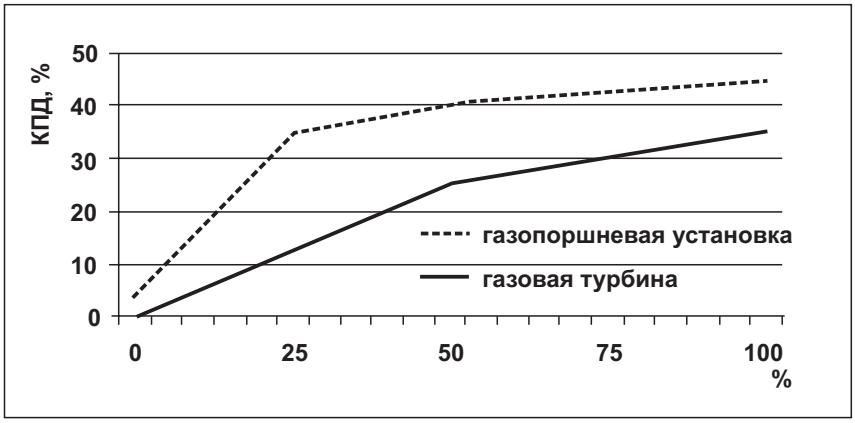


Рис. 1. ***Зависимость электрического КПД установки от нагрузки***

тельные характеристики именно этих двигателей позволили микротурбинам выделиться в отдельный подкласс. К таким характеристикам Capstone можно отнести следующие:

- Назначение. Разработка Capstone создавалась с нулевого уровня и изначально предполагалась для наземного энергоснабжения, и в настоящее время имеет около 100 патентов. В то время как Calnetix (США), Turbec (Швеция), Ingersoll Rand (США) брали за основу транспортную турбину.
- Надежность и низкие эксплуатационные затраты, обусловленные использованием газодинамических подшипников скольжения. Вал турбины при ее работе висит в воздухе, удерживаясь вихревым давлением воздуха, или так называемым газовым клином. Турбины других производителей используют традиционные подшипники качения или скольжения, а значит, требуют систему смазки.
- Экологичность. Содержание NO_x в отходящих газах установок Capstone не превышает 9 ppm, в то время как у других производителей 15-20 ppm.

Стоит также отметить, что при строительстве станции, работающей при непостоянной нагрузке по электрификационному циклу, более выгодна установка газопоршневых двигателей. На рис. 1, видно, что установка газовой турбины приведет к повышенному расходу топлива при частичных нагрузках, а значит, к увеличению затрат.

Применение газопоршневой установки наиболее выгодно в случае приоритетного получения электроэнергии и неполном использовании тепловой энергии. При максимальной реализации энергии теплофикационного цикла более предпочтительны газотурбинные агрегаты, имеющие меньшую удельную массу (кг/кВт) и габариты ($м^3$/кВт).

Следовательно, промышленным предприятиям, располагающим ограниченным бюджетом и потребляемой мощностью от 1 до 30 МВт, следует применять в качестве источника децентрализованного энергоснабжения конвертированные газотурбинные авиадвигатели либо газотурбинные установки (ГТУ) наземного назначения малой мощности (табл. 2).

Применение микротурбин на сегодняшний день предполагает высокий уровень капиталовложений, тем не менее весьма актуально для спортивных и концертных комплексов, иных мест массового скопления людей, где приоритетом являются экологические характеристики.

В табл. 3 приведены примеры использования газотурбинных и газопоршневых установок на предприятиях Тюменской области.

Снижающиеся темпы роста, и даже отрицательный прирост ВВП, не только демонстрируют отрицательные экономические явления внутреннего и внешнего характера, но и определяют широкое поле деятельности для внутренних производителей. Для России в период кризиса, начавшегося в 2014 г., с ограничением доступа к иностранным технологиям и разработкам, проблемами импортозамещения важно выйти из

Таблица 2

Сравнение характеристик газотурбинных и газопоршневых установок

Параметр	Турбина промышленного назначения	Конвертированный авиадвигатель	Микротурбина	Газопоршневая установка
Цена за 1 кВт, долл.	400 - 950	200-400	2000-5000	600-1500
Мощность, мВт	20-40	0,025-50	15-300 кВт	0,015-30
Ресурс до первого капремонта, ч	25000-35000	15000	40000-60000	40000-120000
Электрический КПД, %	23–33	23-33	15-30	40–44
Суммарный коэффициент использования теплоты топлива, %	50-85	55-85	70-85	50-89
Экологические параметры	Низкочастотные шумы, хорошие параметры по выбросам (эмиссия NO_x на уровне 25 ppm).	Низкочастотные шумы, хорошие параметры по выбросам (эмиссия NO_x на уровне 25 ppm).	Высокочастотные шумы не выше 60 дБ, минимальные выбросы (эмиссия NO_x не превышает 9 ppm)	Низкочастотные шумы, высокая эмиссия вредных веществ, высокая вибрация

Таблица 3

Примеры использования газовых турбин и газопоршневых установок

Предприятие	Мощность	Энергетическая установка
Газотурбинная электростанция на месторождении Каменное, ХМАО	72 МВт	ГТУ (9*8МВт)
ФОК «Центральный», г. Тюмень	5,5 МВт	Микротурбины
ЗАО «Тюменские авиадвигатели», г. Тюмень	2,5 МВт	Конвертированный авиационный газотурбинный двигатель
ОАО «Геотрон», г. Тюмень	2,2 МВт	Газопоршневая установка

рецессии с минимальными потерями и с максимизацией использования внутренних ресурсов.

Внутренний энергетический рынок столкнулся с особенностями «нефтяного маневра», когда экспортные пошлины снижены с одновременным увеличением налога на полезные ископаемые. В связи с этим, несмотря на снижение мировых цен на нефть, стоимость углеводородных фракций на внутреннем рынке продолжает увеличиваться. Дизельные электростанции, позволяющие вести экономическую деятельность автономно, становятся еще более затратными.

Важным системным ограничением для промышленных предприятий выступает рост политических, экономических и кредитных рисков. Их минимизация возможна при тщательном планировании проектов, в том числе инфраструктурных, и рассмотрении, в первую очередь дисконтированных потоков капиталовложений.

Обобщив указанные условия текущей экономической ситуации, можно с уверенностью полагать, что технологии с высоким итоговым КПД, позволяющие экономить на закупке топливных ресурсов и ограничить поставки импортного оборудования и запасных частей, и при этом обеспечивающие должный уровень автономности, являются наиболее востребованными.

Изучение емкости рынка показывает устойчивый объем спроса на газотурбинные двигатели на предприятиях добычи и транспорта углеводородов, сфере ЖКХ, судостроении, производстве строительных материалов и других промышленных отраслях на территории Тюменской области.

Наиболее емкий рынок малой генерации в сегменте нефтегазодобывающих и транспортирующих компаний, что обуславливается лег-

ким доступом к топливу и удаленностью вновь разрабатываемых месторождений. Суммарная мощность планируемых к установке электростанций всех типов газо- и нефтедобывающих компаний составляет не менее 1000 МВт.

С учетом того факта, что некоторые производители, в том числе отечественные, в качестве топлива предлагают использовать не только природный или попутный газ, но и доменный газ и метан, круг потенциальных инвесторов в малую энергетику увеличивается.

Предложение ГТД российского производства для небольших промышленных предприятий до 50 МВт весьма ограничено.

В настоящее время иностранным компаниям Capstone Turbine Corporation (США), Ingersoll Rand (США), OPRA Turbines (Голландия) удалось наладить массовый выпуск надежных газовых микротурбин. Для российского потребителя микротурбины фактически монополизированы и требуют высоких капиталовложений (табл. 2). Однако этот вариант высокоэкологичен и уже внедрен на нескольких предприятиях региона. Например, ФОК «Центральный» (г. Тюмень), Центр зимних видов спорта «Жемчужина Сибири» (Тюменская обл.), электростанция для утилизации попутного нефтяного газа Никольского месторождения нефти (Нижневартовский район), радиорелейная станция (ХМАО) и др.

Достоинства микротурбин определяются применением современных технологических решений: газодинамических подшипников, электрического инвертора, роторов с постоянными магнитами, выведением опорного подшипника в холодную зону и т.д. [2].

В настоящее время системные ограничения в виде снижения курса и продолжающейся волатильности национальной валюты предопределяют сложность и нецелесообразность рассмотрения инвестиционной привлекательности данного варианта для использования коммерческим предприятием.

Альтернативным вариантом ТЭЦ на базе газотурбинного двигателя является конвертирование транспортного двигателя для нужд теплоэлектроснабжения. В России накоплен большой опыт по созданию энергетических установок на базе авиадвигателей. Выполнение работ по конвертированию авиационных двигателей для энергетических нужд осуществляют: ОАО «Авиамотор» (г. Казань), предприятия «Объединенной двигателестроительной корпорации» и др.

За рубежом также активно эксплуатируются ГТУ мощностью до 35 МВт, созданные на базе авиационных ГТД. Самые распространенные – установки Avon, Olympus, FT4.

Преимуществом ГТУ, созданных на базе авиационных двигателей, являются малая удельная масса и габариты, быстрота запуска при малой пусковой мощности и полной автономности, возможность быстрого восстановления при неполадках путем замены генератора газа или всего агрегата, отсутствие дополнительных систем с отдельным приводом, возможность работать в любых климатических зонах.

Недостатки таких ГТУ – высокие требования к очистке топлива и эксплуатационному обслуживанию, сложная технология капитальных ремонтов, возможных только в заводских условиях, более низкий моторесурс и КПД по сравнению с современными ГТД для электростанций.

Выбор между конвертированным авиационным двигателем и промышленной ГТУ можно сделать на основе зависимости [3]:

$$K_{АГТД} = \begin{cases} \sum_{i=1}^{n} \frac{\chi_i \cdot З_i}{\beta_i \cdot X_i} \to min, \\ X = \{x_1, x_2, ..., x_n\}, 1 \le i \le n, \\ \alpha_i \in [1;10], \beta_i \in [0;1] \end{cases}$$

где $K_{АГТД}$ – критерий относительной экономической эффективности конвертирования авиационного двигателя, руб.;

X_i – конкретная техническая характеристика из множества требуемых для обеспечения заданных характеристик, МВт, Гкал и т.д.;

α_i – коэффициент, учитывающий удорожание мероприятий по обеспечению требуемого количественного значения i-ой характеристики;

β_i – коэффициент, учитывающий степень соответствия количественного значения i-ой характеристики базового двигателя к его количественному значению после проведения мероприятий по конвертированию, 1/МВт и т.д.;

$З_i$ – затраты на реализацию i-ой характеристики, руб.;

n – количество характеристик.

При выборе модификаций ГТД для проектов строительства или реконструкции газотурбинной ТЭЦ целесообразно придерживаться следующей зависимости [3]:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{n} (C_i + З_i) \cdot x_i \to min, \\ \sum_{i=1}^{n} q_i \cdot (T - K_c^i) \cdot x_i \geq Q, \\ \sum_{i=1}^{n} S_i x_i \leq S_{общ} \\ X = \{x_1, x_2, ..., x_n\}, x_i \in \{0,1\},\ 1 < i < n \end{cases}$$

где X – заданный объем модификаций ГТД, характеризующихся определенной стоимостью C_i и производительностью q_i;

n – количество модификаций ГТД;

Q – заданный объем выработки энергии за период T;

K_c^i – суммарное время простоя ГТД на всех видах ремонтов и техническом обслуживании;

$S_{общ}$ – ограничение по площади;

$З_i$ – эксплуатационные расходы.

Для утилизации вторичных энергетических ресурсов могут применяться холодильные машины и осушители воздуха. Необходимость кондиционирования помещений и развитие технологии охлаждения предопределили широкое распространение первого варианта.

В промышленности применяются газовые и паровые холодильные машины, представленные на рис. 2. Отдельно можно выделить существующие, но широко не распространенные технологии: термоэлектрические, принцип действия которых основан на эффекте Пельтье, и установки работающие на термомагнитном эффекте Эттингсхаузена [4].

Согласно СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование» можно применять все перечисленные типы холодильных машин, а проект актуализированной, но еще не вступившей в силу редакции СНиП 41-01-2008 «Отопление, вентиляция и кондиционирование», разрешает использование для кондиционирования помещения только парокомпрессионные и бромистолитиевые абсорбционные машины (АБХМ).

Парокомпрессионные машины обладают самым высоким эксергетическим КПД – 30-35%. Для сравнения: эксергия водоаммиачной абсорбционной установки находится в диапазоне 12-15%, а пароэжекторной – всего 3-6% [5]. Однако использование холодильными машинами сбросного тепла мини-ТЭЦ повышает общий уровень эксергии системы энергоснабжения и определяет энергоэффективность использования абсорбционных холодильных машин в автономных тригенерационных системах.

Применение абсорбционных машин при утилизации сбросного теплового отбора мини-ТЭЦ позволяет в неотопительный период получить дополнительную электроэнергию в диапазоне 12-18% от номинальной [6].

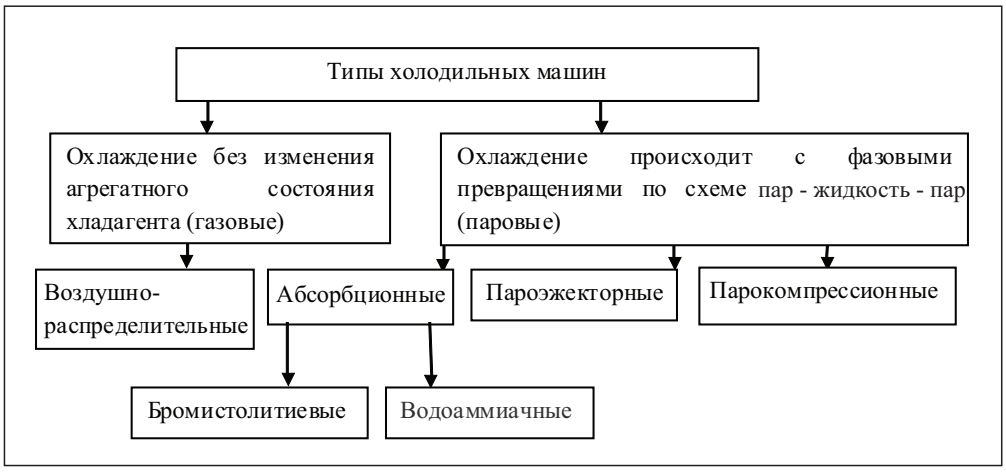


Рис. 2. ***Типы применяемых холодильных машин***

Использование бромистолитиевых абсорбционных машин холодопроизводительностью 450-3000 кВт целесообразно в системах кондиционирования воздуха, для производства синтетических волокон, то есть там, где не требуется понижение температуры воды ниже 1°С. Водоаммиачные машины применяются для получения более низких температур и используются на агропромышленных и химических предприятиях.

Бромистолитиевые машины благодаря циркуляции в них неазеотропных смесей и, следовательно, отсутствию процесса ректификации имеют более высокий тепловой коэффициент по сравнению с водоаммиачными. Для изготовления машин с бромистым литием требуется меньше металла, однако коррозионная стойкость металлов должна быть выше (трубы в генераторе и абсорбере изготовляют из медно-никелевого сплава или нержавеющей стали), вследствие чего это преимущество нивелируется [7].

Абсорбционные бромистолитиевые холодильные машины по способу продвижения раствора через ступени подразделяются на три группы [8, 9]:

- прямоточные;
- с параллельным движением;
- с противоточным движением.

Японская фирма Sanyo, американские Carrier, York, Trane, корейская LG выпускают абсорбционные бромистолитиевые холодильные агрегаты с разными схемами движения раствора. ОКБ «Теплосибмаш» и китайская BROAD выпускают первые два вида абсорбционных бромистолитиевых холодильных агрегатов [10].

В энергоцентре Центра зимних видов спорта «Жемчужина Сибири», г. Тюмень, функционирующем в режиме тригенерации с максимальным совокупным КПД свыше 92%, работает абсорбционно-холодильная машина Broad. Общая электрическая мощность энергоцентра составляет 1300 кВт. Энергоцентр имеет высокую тепловую эффективность, в результате чего его тепловая мощность составляет 2600 кВт. Мощность охлаждения – 200 кВт.

На основании вышеизложенного следует отметить, что в децентрализованной энергетике Российской Федерации, и в частности Тюменской области, успешно применяются несколько технологий, выбор которых зависит от географического, экономического, экологического параметров и от загрузки электро- и теплофикационного цикла установки.

В ходе анализа рынка газовых турбин для сектора малой энергетики выявлена нецелесообразность приобретения монополизированной технологии микротурбин коммерческим предприятием на фоне девальвации национальной валюты и увеличения экономических, кредитных и политических рисков. Те же системные ограничения определяют целесообразность применения ГТД отечественных производителей в качестве приоритетных по разработанному алгоритму оценки.

В результате рассмотрения существующих технологий утилизации сбросного тепла можно сделать вывод, что принцип рассмотренных схем может быть использован для создания автономных энергосберегающих систем. Большой интерес представляют современные схемы энергосбережения на основе российских и китайских АБХМ нового поколения в силу большего КПД и экологических характеристик.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fratzscher W., Brodjanskij V., Michalek K., Exergie. Theorie and Anwendung / VEB Dentscher Verlag fur Crundstoffindustrie. Leipzig. 1986.

2. Сапега А. Газовые микротурбины: модели и эффективность // Энергетика и ТЭК, № 9, 2013. С. 16-18.

3. Воробьёв М.Ю. Разработка методики экономического обоснования применения конвертированных авиационных двигателей на компрессорных станциях Единой системы газоснабжения // Проблемы экономики, финансов и управления производством: Сб. науч. трудов вузов России. Иваново: Ивановский гос. химико-технологический ун-т, 2010. С. 275-279.

4. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. М.: Из-во МЭИ, 2008.

5. Казаков В.Г., Луканин П.В., Смирнова О.С. Эксергетические методы оценки эффективности теплотехнологических установок: уч. пособ. СПб.: СПб ГТУРП, 2013. 93 с.

6. Галимова Л.В., Славин Р.Б. Анализ эффективности энергосберегающей системы тригенерации // Холодильная техника, 2012, № 3. С. 16-19.

7. Коган Б.И. Литий, области освоенного и возможного применения. М.: ВИНИТИ, 1960. 112 с.

8. Абсорбционные преобразователи теплоты / Бараненко А.Б., Тимофеевский Л.С., Долотов А.Г., Попов А.В. СПб.: СПб ГУН и ПТ, 2005. 338 с.

9. Кошкин Н.Н., Сакун И.А., Бамбушек Е.М. и др. Холодильные машины: Учебник для втузов по специальности «Холодильные машины и установки» / под общ. ред. И.А. Сакуна. Л.: Машиностроение, 1985. 510 с.

10. Сосонова С. Климатическое оборудование будущего. Абсорбционные холодильные машины // Строительство и городское хозяйство в Санкт-Петербурге и Ленинградской области, 2006, № 8.

Поступила в редакцию
14.07.2015 г.

A. Belkin, A. Dubova[2]

THE CHOICE OF TECHNOLOGY OF DECENTRALIZED ENERGY PROCUREMENT OF TUMEN REGION COMPANIES

The paper presents the results of the research, which show that in decentralized energy sector of Russian Federation, and in Tumen region in particular, there are several technologies in use, the choice of which depends on the geographical, economic, ecology parameters and the load of electrical and heat cycle of installation. The paper proves the inexpedience of the use of monopolized technology of micro turbines by the commercial enterprise following the devaluation of the national currency and the increase of economic, credit and political risks. The same systematic limitations define the expediency of the use of local turbines as a priority. The paper also presents the algorithm of the choice of the optimal technology.

Key words: mini-TPP, small-scale power generation, gas gen sets, gas turbines, absorption refrigerating machine.

[2] Alexey P. Belkin – docent of Industrial Heat Energy Dapertment, PhD in Engineering, Tumen State Architectural and Construction University, *e-mail:* kpt.belkin@mail.ru;
Alexandra V. Dubova – Master, Industrial Heat Energy Department, Tumen State Architectural and Construction University, *e-mail:* aleks-vic@yandex.ru

УДК 622.323+622.33+621.311 (100)

М.В. Афанасьева[1]

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОРПОРАТИВНОГО СЕКТОРА МИРОВОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

В статье представлен анализ перспектив развития корпоративного сектора мирового энергетического комплекса в контексте долгосрочных глобальных тенденций. Проведен анализ эффективности и устойчивости мировых энергетических компаний, дана оценка текущего положения российских компаний относительно мировых лидеров. На основе полученных результатов автором определены глобальные тенденции развития корпоративного сектора, связанные с ними риски и возможности.

Ключевые слова: мировой энергетический комплекс, энергетические компании, глобальные тенденции развития, устойчивое развитие, эффективность и устойчивость мировых энергетических компаний.

Тенденции и конъюнктура мирового энергетического комплекса (далее МЭК) способны оказывать влияние на всю мировую экономику в целом, темпы ее развития, подъемы и рецессию, а также определять особенности стратегий отдельных экономических субъектов энергетического рынка. В рамках современных тенденций развития корпоративный сектор МЭК претерпевает ряд структурных и качественных изменений.

Современная структура корпоративного сектора МЭК находится в стадии перехода от сложившейся региональной структуры (для ННК) и узкоотраслевой специализации к новой организационной структуре, отвечающей условиям формирующегося глобального энергетического рынка. Она подвержена влиянию глобальных долгосрочных тенденций развития:[2]

- увеличению роли местных видов энергоресурсов в структуре мирового топливно-энергетического баланса (ТЭБ) – тенденция ресурсной регионализации;[3]
- усилению технологической глобализации;[4]
- затуханию мирового нефтяного бизнеса в контексте привычной структуры потребления нефти, снижению нефтеемкости мировой экономики;
- быстрому росту газовой промышленности, обладанию энергоносителя преимуществами эффективной интеграции ресурса в формирующиеся энергосистемы;[5]
- формированию устойчивого восточного вектора и нового центра роста развития МЭК;
- усилению влияния экологического и социального фактора, переходу к устойчивому развитию МЭК;
- качественному переходу от силовой к «умной» энергетике, развитию интеллектуальных систем;
- повышению диверсификации ТЭБ, росту значения электроэнергетики, снижению зависимости от углеродного топлива;

[1] Марина Владимировна Афанасьева – руководитель Центра технологического форсайта и инновационного менеджмента в энергетике, Институт энергетической стратегии (НТЦ ИЭС), *e-mail:* mv_afanasyeva@mail.ru.

[2] Составлено автором по данным [3, 6 и др.], долгосрочных прогнозов 2013-2015 гг. (долгосрочные прогнозы развития мировой энергетики: International Energy Agency (IEA), Европейской комиссии, ИНЭИ РАН, МЭА, ОПЕК, U.S. Energy Information Administration (EIA), BP, Royal Dutch Shell, ExxonMobil, Гринпис), форсайт-исследований 2013-2015 гг. (MIoIR (Manchester University), НИУ ВШЭ).

[3] Под **ресурсной регионализацией,** как тенденцией энергетического развития, подразумевается процесс формирования отдельных региональных энергетических рынков, для которых характерна близкая структура потребления локально доступных для производства энергетических ресурсов, за счет которых в значительной мере достигается сокращение региональной зависимости от импортных поставок из других стран [6].

[4] **Технологическая глобализация,** как тенденция энергетического развития, подразумевает процесс усиления конкуренции и рост востребованности новых энергетических технологий, в основе которого лежит расширение их глобального трансферта. Энергетические технологии в данном случае понимаются в широком смысле как технологии добычи ископаемых видов топлива, технологии альтернативной энергетики, так и технологии конечного потребления.

[5] Формирование новых энергетических систем обусловлено главным образом переходом к новому технологическому укладу – подробнее см. [1, 6, 7, 8].

- повышению диверсификации деятельности энергетических компаний;
- повышению роли и качества инновационного менеджмента как в организационно-управленческом, так и в технологическом контексте.

Данные тенденции окажут влияние на развитие корпоративного сектора в средне- и долгосрочной перспективе, а также на формирование новых групп игроков энергетического бизнеса и их стратегические ориентиры.

Исследование сложно-структурных объектов, таких как корпоративный сектор МЭК, требует развития комплектных подходов и системных исследований, с возможностью использования для анализа на различных уровнях:

– *глобальный (макроуровень)* – определение и анализ глобальных тенденций развития, анализ глобальных рисков и угроз;
– *отраслевой/региональный (мезоуровень)* – определение и анализ отраслевых и региональных тенденций развития, бенчмаркинг, конкурентный анализ компаний, проводимый с учетом выявленных макротенденций;
– *частный уровень (микроуровень)* – оценка и анализ деятельности отдельной компании, или направления ее деятельности, с учетом выявленных макротенденций и ее конкурентного положения внутри присущей группы.

Вопросы оценки эффективности и устойчивости развития энергетических компаний сегодня стоят особенно остро ввиду переходной ситуации в области направлений инновационно-технологического развития, связанной со структурными изменениями в МЭК, изменений организационной структуры национальной и международной инновационной систем, а также общей нестабильности развития мировой экономики в рамках сложившейся геополитической ситуации, способствующей росту внимания к конкурентоспособности экономических субъектов.

В современных условиях взаимодействия бизнеса, общества и государства компании энергетического сектора вынуждены учитывать в своей деятельности не только собственные экономические интересы, но и экологические, социальные и инновационные общественные ориентиры. В развитии своей деятельности они все больше используют комплексный подход, основополагающие элементы которого были заложены в концепции устойчивого развития, предполагающей равномерное включение экономического, экологического и социального аспектов в стратегию развития. При этом в мировой практике оценки эффективности предприятий до сих пор не выработана система и культура разработки универсальных инструментов анализа, позволяющих исследовать основополагающие вопросы развития компаний и отраслевых комплексов в целом.

В общем случае система комплексного анализа должна быть предназначена для описания долговременных глобальных тенденций мировой динамики на макро- и мезоуровнях и в то же время обладать возможностью «спускаться» к анализу перспектив развития отдельных элементов рассматриваемых агентов и областей с учетом складывающихся макротенденций мирового развития.

Система индексации IES (Innovation, Efficiency, Sustainability) разработана в 2011 г. в Институте энергетической стратегии с целью представления единого объективного рейтинга мировых энергетических компаний[6]. Данная методология предоставляет возможность получения количественной оценки уровня развития энергетических компаний и позволяет превентивно определить риски в стратегическом управлении, производственной, маркетинговой, научно-технической, социальной и экологической политике компании, а также сформировать рекомендации по их преодолению и оптимизации деятельности в среднесрочной и долгосрочной перспективе.

В структуре индекса IES (рис. 1) представлены субиндексы *экономической эффективности, экологической и социальной ответственности, инновационной активности и эффективности частно-государственного партнерства (ЧГП),* которые рассчитываются на основе средней оценки по включенным в них относительным

[6] Разработка и реализация проекта – М.В. Афанасьева при поддержке Института энергетической стратегии и РСПП.

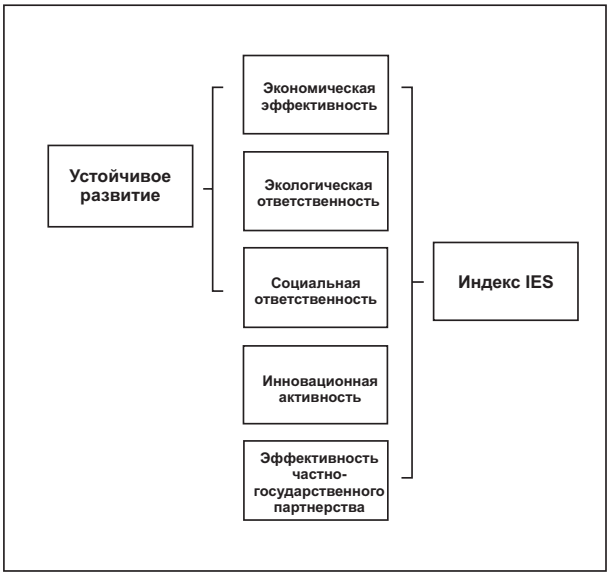


Рис. 1. ***Структура семейства индексов IES***

показателям. Вес каждого субиндекса в итоговом индексе составляет 0,2, при этом первые три субиндекса, взятые с равными весами (1/3), характеризуют уровень устойчивого развития компании. При анализе интерес представляет как рассмотрение каждого указанного направления по отдельности, так и общих групп индексации: «Устойчивое развитие», «Индекс IES».

На сегодняшний день в систему индексации включены 52-е российские и зарубежные энергетические компании (см. табл. 1). Индексирование проводится с использованием относительных параметров, рассчитанных на основе статистических данных из открытых источников, с проведением масштабирования относительно максимальных и минимальных значений фактических данных общей выборки компаний, начиная с 2008 года. В анализе для удобства восприятия компании разбиты по отраслевому признаку.

Общий алгоритм индексирования представлен в табл. 2, структура внутренних показателей представлена в табл. 3. Более подробно об ис-

Таблица 1

Компании, входящие в систему индексации IES

Отрасли	Компании
Нефтегазовый блок	**Зарубежные компании** Exxon Mobil Corporation, BP p.l.c., Royal Dutch Shell plc, TOTAL S.A., Eni S.p.A., Statoil ASA, Chevron Corporation, Conoco Phillips, Petro China Company Limited, PETROLEO BRASILEIRO S.A. – PETROBRAS **Российские компании** ОАО «Газпром», Группа «Газпром»[7], ОАО «НК «Роснефть», ОАО «ЛУКОЙЛ», ОАО «ТНК-ВР Холдинг»[8], ОАО «Сургутнефтегаз», ОАО «Газпромнефть», ОАО «Татнефть», ОАО АНК «Башнефть», ОАО НК «РуссНефть», ОАО «НОВАТЭК».
Электроэнергетика	**Зарубежные компании** Electricite de France (EdF), E.ON SE, Exelon Corporation, Fortum Corporation **Российские компании** ОАО «РусГидро», Госкорпорация «Росатом», ОАО «РАО Энергетические системы Востока», ОАО «ОГК-1», ОАО «ОГК-2», ОАО «ОГК-3», ОАО «Э.ОН Россия» (ОГК-4), ОАО «Энел ОГК-5», ОАО «ТГК-1», ОАО «ТГК-2», ОАО «Мосэнерго» (ТГК-3), ОАО «Квадра» (ТГК-4), ОАО «ТГК-5», ОАО «ТГК-6», ОАО «Волжская ТГК» (ОАО «ТГК-7»), ООО «ЛУКОЙЛ-Экоэнерго» (ТГК-8), ОАО «ТГК-9»,ОАО «Фортум» (ТГК-10), ОАО «ТГК-11», ОАО «Кузбассэнерго» (ТГК-12), ОАО «Енисейская ТГК (ТГК-13)», ОАО «ТГК-14»
Угольный блок	**Зарубежные компании** BHP Billiton Limited, Xtrata plc[9], Anglo American plc **Российские компании** ОАО «СУЭК», ОАО ХК «СДС-Уголь», ОАО «Русский Уголь»

Источник: *работы автора, 2012 г.*

[7] Группа «Газпром» в рамках системы индексации IES рассмотрена отдельно.

[8] В 2012 г. произошло слияние ОАО «НК «Роснефть» и ОАО «ТНК-ВР Холдинг». «Роснефть» договорилась о покупке ТНК-ВР осенью 2012 года. В конце февраля 2013 г. компании начали процесс интеграции, который занял около года. Начиная с результатов индексации за 2013 г. компания ОАО «ТНК-ВР Холдинг» в рейтинге IES не фигурирует.

[9] В мае 2013 г. произошло слияние Glencore International с компанией Xtrataplc. В результате образовалась компания Glencore Xtrataplc. Начиная с результатов индексации за 2013 г. вместо компании Xtrataplc в рейтинге IES фигурирует компания Glencore Xtrataplc (в случае возможности получения данных, относящихся к обозначенной в исследовании области анализа).

Таблица 2

Алгоритм проведения индексирования

Название этапа алгоритма	Описание, основные элементы
Сбор статистических данных	*Используемые источники:* • отчетность компаний • релевантные информационные порталы
Ситематизация	• перевод величин • вычисление параметров, входящих в показатели
Расчет относительных показателей	• вычисление показателей для расчета индексов
Аппроксимация	• вычисление показателей для расчета индексов
Масштабирование	• производится относительно максимальных и минимальных значений показателей для всей выборки компаний, начиная с 2008 г. (для макроуровня анализа)
Вычисление индексов нижнего уровня	• включенные в индексы показатели берутся с равными весами
Вычисление составных индексов верхнего уровня	• в итоговом индексе IES все 5 индексов нижнего уровня представлены с равными весами • субиндексы экономической эффективности, социальной и экологической отвественности, взятые с равными весами, образуют индекс устойчивого развития
Формирование массива статистики на основе полученных результатов	*Для анализа на макроуровне:* • межотраслевой – анализ по средним, максимальным и минимальным значениям за весь рассматриваемый период для общей выборки компаний • внутриотраслевой – анализ по средним, максимальным и минимальным значениям за весь рассматриваемый период внутри отраслевых групп
Графическое представление и анализ результатов	• все включенные в систему индексации компании могут быть сопоставлены в любых комбинациях ввиду единой используемой методологии расчета и межотраслевого масштабирования результатов • для удобства анализа и восприятия компании представлены в рамках отраслевых направлений.

Источник: *работы автора, 2013.*

пользуемой методологии и формировании системы анализа – см. [2].

Целью индексации IES является не только получение наглядного представления об эффективности деятельности той или иной компании, но и определение на основе анализа эффективности и устойчивости конкурентов наиболее успешных стратегий развития в приоритетном для нее на данный момент направлении и в дальнейшем – возможность использования результатов в разработке дорожных карт и стратегических документов.

Среди наиболее значимых и уникальных для мировой практики (анализ мировой практики представлен в [2, раздел 1]) преимуществ данной системы анализа можно выделить следующие:

- учет всех основополагающих направлений развития компании и ее эффективности;
- возможность сопоставления компаний различных отраслей деятельности;
- возможность сопоставления вне зависимости от масштаба субъекта (за счет использования относительных показателей);
- реализация на основе общепринятых стандартов отчетности и открытых данных;
- прозрачность расчетов;
- достижимость эталонов (за счет использования реальных показателей для масштабирования);
- отсутствие экспертных оценок;

- возможность рассмотрения различных аспектов деятельности компаний;
- возможность получения реальных рекомендаций.

Анализ корпоративной эффективности и устойчивости проводится по следующим направлениям: экономическая эффективность, экологическая и социальная ответственность, эффективность ЧГП, инновационная активность. Составные индексы для анализа – индекс устойчивого развития (среднеарифметическое между полученными значениями индексов экономической эффективности, экологической и социальной ответственности), индекс IES (среднеарифметическое между полученными значениями всех индексов). В рамках анализа на макроуровне используется межотраслевое масштабирование значений для расчетов. Результаты исследования за 2008-2012 гг. по всем индексам, входящим в обозначенную систему, представлены в [2].

Система индексации IES позволяет в рамках углубленного анализа интересующих элементов переходить к анализу на мезоуровне (то есть за счет изменения масштабирования переходить к анализу на отраслевом и региональном уровне), а также к анализу на микроуровне (при расширении, с использованием и развитием методик построения сбалансированных системы показателей (ССП, англ. Balanced Scorecard, BSC) для более углубленного анализа конкурентного положения и деятельности конкретной компании).

Таблица 3

Система показателей и внутренних параметров системы индексации IES

Индекс IES	Название показателя	Формула расчета показателя, входящие параметры	Размерность итогового показателя
Устойчивое развитие			
Экономическая эффективность	Рентабельность	(Чистая прибыль)/выручка	коэф.
	Производительность труда	Выручка/(численность работников)	долл./чел.
	Удельное энергопотребление*	(Потребление энергоресурсов)/добыча **	коэф.
	Нефинансовая стоимость	Капитализация/выручка	коэф.
Экологическая ответственность	Охрана окружающей среды	(Затраты на охрану окружающей среды)/выручка	коэф.
	Удельные выбросы в атмосферу вредных веществ*	1/((Валовые выбросы в атмосферу вредных веществ)/ добыча)	1/ (т/т у.т.)
	Удельное водопотребление*	1/((Общее водопотребление)/ добыча)	1/ ($м^3$/т у.т.)
	Удельное количество отходов*	1/((Общее количество отходов за год)/добыча)	1/ (т/т у.т.)
Социальная ответственность	Охрана труда и обеспечение промышленной безопасности	(Затраты на охрану труда и обеспечение промышленной безопасности)/выручка	коэф.
	Выплаты социального характера	(Фонд выплат социального характера)/выручка	коэф.
	Благотворительность	Благотворительность/ выручка	коэф.
	Производственный травматизм*	1/((Число пострадавших)/ добыча)	1/(чел./млн т у.т.)

Окончание табл. 3

Индекс IES	Название показателя	Формула расчета показателя, входящие параметры	Размерность итогового показателя
Инновационная активность	Финансирование НИОКР	(Объем финансирования НИОКР)/выручка	коэф.
	Нематериальные активы	(Нематериальные активы)/(общие активы)	коэф.
	Освоенность технологий	Среднеарифметическое между индикативными параметрами, отражающими количество используемых компанией инновационных технологий по трем направлениям: базовые, процессные, прорывные технологии***	коэф.
Эффективность ЧГП	Инвестиционная активность	Инвестиции/выручка	коэф.
	Эффективность налоговой политики	Налоги/выручка	коэф.
	Диверсификация деятельности	Среднеарифметическое между индикативными параметрами, отражающими анализ количества регионов и отраслей деятельности компании	коэф.

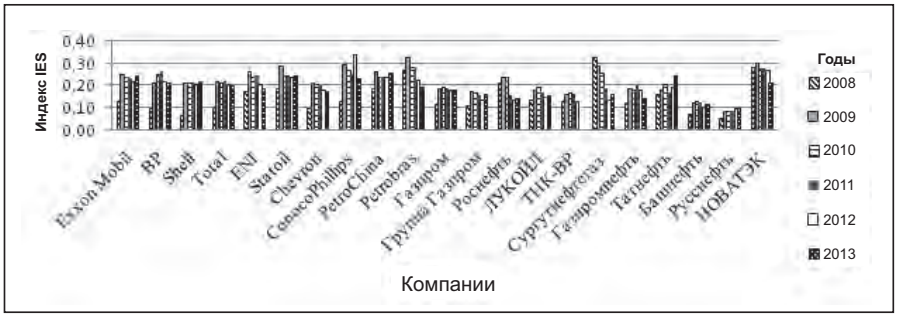
Примечания:
* – Для расчета индекса используется обратное значение показателя, т.к. он носит отрицательную характеристику.
** – Для электроэнергетических и диверсифицированных компаний в параметре «добыча» учитывается генерация электроэнергии, приведенная к условным единицам (т у.т.).
*** – Индикативный параметр вычисляется как отношение имеющихся у агента (компании) критериев (технологий) к общему списку критериев. Списки базовых, процессных и прорывных технологий формируются каждые 5 лет на основе материалов Банка энергетических технологий.
Источник: *работы автора, 2013 г.*

Ниже кратко представлен общий результат оценки деятельности энергетических компаний за 2008-2013 гг. – индекс IES (макроуровень), на основании которого можно сделать выводы о конкурентном положении компаний различных стран внутри рассматриваемой выборки.

В ***группе нефтегазовых компаний*** (рис. 2) значительным[10] падением показателя индекса IES в 2013 г. характеризуются компании:

- Conoco Phillips – падение значения индекса на 31,78% (за счет снижения индекса устойчивого развития на 55,5% и индекса эффективности ЧГП на 6,36%);
- PETROLEO BRASILEIRO – падение значения индекса на 13,38% (за счет снижения индекса инновационного развития на 28,32% и индекса эффективности ЧГП на 13,85%);
- ОАО «Газпром нефть» – падение значения индекса на 20,96% (за счет снижения индекса устойчивого развития на 42,30 %);
- ОАО «НОВАТЭК» – падение значения индекса на 20,55% (за счет снижения индекса устойчивого развития на 30,87 %).
- ОАО АНК «Башнефть» – увеличение значения индекса на 17,86% (за счет роста индекса устойчивого развития на 12,29%, индекса инновационной активности на 4,80% и индекса эффективности ЧГП на 85,41% соответственно).

[10] В рамках анализа полученных результатов значительным считалось изменение значения равное или превышающее 10% от значения предыдущего года.



Источник: *расчеты автора, 2015 г.*

Рис. 2. ***Значения индекса IES для российских и зарубежных нефтегазовых компаний***

Значительным ростом величины итогового индекса IES характеризуются компании:

- Exxon Mobil Corporation – увеличение значения индекса на 14,66% (за счет роста индекса устойчивого развития на 14,12% и индекса инновационной активности на 37,30%);
- Группа «Газпром» – увеличение значения индекса на 18,59% (за счет роста индекса устойчивого развития на 1,13% и индекса инновационной активности на 70,41% соответственно);
- ОАО «Сургутнефтегаз» – увеличение значения индекса на 21,73% (за счет роста индекса устойчивого развития на 33,29% и роста индекса эффективности ЧГП на 18,42%);
- ОАО «Татнефть» – увеличение значения индекса на 26,04% (за счет роста индекса устойчивого развития на 55,42%, индекса инновационной активности на 2,62% и индекса эффективности ЧГП на 7,03%);
- ОАО АНК «Башнефть» – увеличение значения индекса на 17,86% (за счет роста индекса устойчивого развития на 12,29%, индекса инновационной активности на 4,80% и индекса эффективности ЧГП на 85,41% соответственно).

Изменения в следующих компаниях были не столь значительны:

- для Royal Dutch Shell, Statoil, Petro China, ОАО «Газпром», ОАО «НК «Роснефть» и ОАО «ЛУКОЙЛ» характерен небольшой рост значения индекса IES (на 7,15; 6,12; 9,51; 2,01; 4,35; 4,03% соответственно);
- для BP, Total, Eni, Chevron – падение индекса IES (на 3,40; 1; 8,11; 2,82% соответственно).

Лидером блока является Petro China (значение индекса IES 0,26), сменившая предыдущего лидера Conoco Phillips. Компания характеризуется высоким уровнем всех показателей, входящих в индекс, и является также абсолютным лидером и для других секторов ТЭК.

За 6 лет в число компаний, в которых индекс IES значительно снизился, входят 3 из 10-ти зарубежных и 6 из 11-ти российских нефтегазовых компаний. Высокой устойчивостью развития, характеризуемой стабильностью значения (колебания в пределах 5%) и/или устойчивой тенденцией роста индекса на рассматриваемой перспективе, характеризуются компании (для периода – 3 года и более):

- Exxon Mobil, Royal Dutch Shell , TOTAL, ОАО «Газпром» (2009-2013 гг.);
- Statoil (2010-2013 гг.);
- Petro China, ОАО «НОВАТЭК» (2010-2012 гг.).

Примечательно, что уровень индекса IES для нефтегазовых компаний существенно выше за рубежом, за исключением компании ОАО «НОВАТЭК» – лидера отечественного рынка.

Политику компаний в отношении показателей, входящих в индекс, нельзя назвать стабильной. Однако можно заметить тенденцию снижения индекса на протяжении последних 5-ти лет (после выхода из экономического кризиса 2008-2009 гг.). Тем не менее, если сравнивать уровни 2008 и 2013 г., то ситуация представляется более положительной: для 9-ти из 10-ти зару-

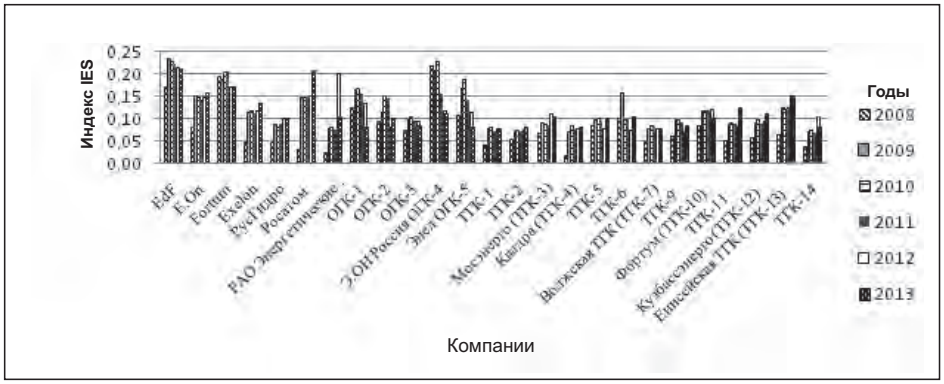
бежных компаний наблюдается повышение значения индекса IES (исключение – PETROLEO BRASILEIRO) и 6 из 11-ти российских. Для остальных, в том числе российского лидера – ОАО «НОВАТЭК», наблюдается падение значения индекса IES в конце рассматриваемой ретроспективы относительно значения 2008 года.

В группе электроэнергетических компаний *(рис. 3) значительным падением итогового показателя индекса IES в 2013 г. характеризуются компании:*

- ОАО «РАО Энергетические системы Востока» – падение значения индекса на 48,31% (за счет снижения значения индекса устойчивого развития на 61,27%, показателя индекса эффективности ЧГП на 8,37% и индекса инновационной активности на 9,44 %);
- ОАО «ОГК-1» – падение значения индекса на 37,97% (за счет снижения значения индекса устойчивого развития на 49,90%, показателя индекса эффективности ЧГП на 3,48%);
- ОАО «Энел ОГК-5» – падение значения индекса на 28,43% (за счет снижения значения индекса устойчивого развития на 39,83% и индекса эффективности ЧГП на 12,84%);
- ОАО «Фортум» (ТГК-10) – падение значения индекса на 14,66% (за счет снижения значения индекса устойчивого развития на 27,16%);
- ОАО «ТГК-14» – падение значения индекса на 22,54% (за счет снижения значения индекса инновационной активности на 55,01%).

Значительным ростом значения индекса IES в 2013 г. характеризуются компании:

- Exelon Corporation – увеличение значения индекса на 13,83% (за счет увеличения индекса эффективности ЧГП более чем в 2 раза, индекса инновационной активности на 5,07 %);
- Госкорпорация «Росатом» – увеличение значения индекса на 36,68% (за счет увеличения значения индекса устойчивого развития на 13,91%, индекса эффективности ЧГП на 73,84%, индекса инновационной активности на 27,56%);
- ОАО «ОГК-2» – увеличение значения индекса на 23,70% (за счет увеличения значения индекса устойчивого развития на 37,59% и значения индекса эффективности ЧГП на 58,21%);
- ОАО «ТГК-5» – увеличение значения индекса на 32,44% (за счет увеличения значения индекса устойчивого развития на 49,49% и показателя индекса эффективности ЧГП на 15,32%);
- ОАО «ТГК-6» – увеличение значения индекса на 40,35% (за счет увеличения значения индекса устойчивого развития на 60,56% и индекса эффективности ЧГП на 16,57%);
- ОАО «ТГК-9» – увеличение значения индекса на 19,02% (за счет увеличения значения индекса устойчивого развития на 18,34%, индекса инновационной актив-



Источник: *расчеты автора, 2015 г.*

Рис. 3. ***Значения индекса IES для российских и зарубежных элекроэнергетических компаний***

ности на 8,16% и индекса эффективности ЧГП на 71,70%);
- ОАО «ТГК-11» – увеличение значения индекса на 49,43% (за счет увеличения значения индекса устойчивого развития на 66,98%, значения индекса инновационной активности на 9,43% и индекса эффективности ЧГП на 6,02%);
- ОАО «Кузбассэнерго» (ТГК-12) – увеличение значения индекса на 18,76% (за счет увеличения значения индекса устойчивого развития на 10,55% и индекса эффективности ЧГП более чем в 3 раза).

Лидером отраслевого блока в течении пяти лет является компания Electricite de France (EdF) (значение индекса IES в 2013 г. – 0,21), в 2013 г. в лидеры также вышла российская компания Госкорпорация «Росатом» (значение индекса IES – 0,21). При этом «Росатом» показал наибольший рост значения индекса за 6-летний период.

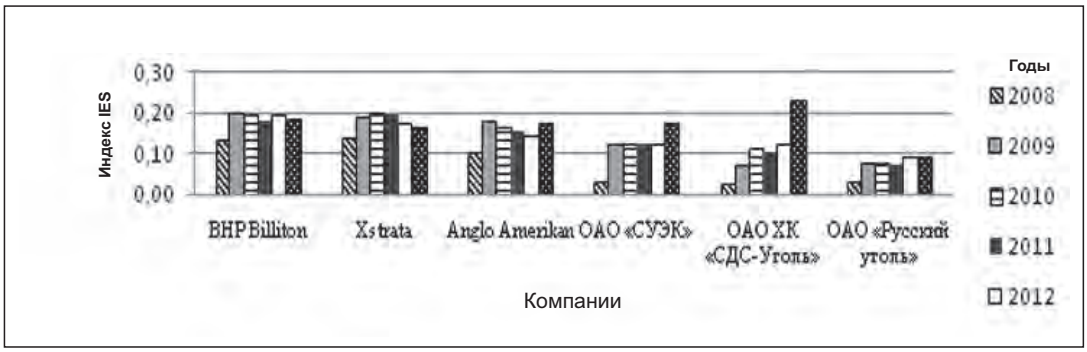
Значение индекса для большинства компаний в 2013 г. увеличилось, за исключением ОАО «РАО Энергетические системы Востока», Electricite de France (EdF), ОАО «ОГК-1», ОАО «ОГК-3», ОАО «Э.ОН Россия» (ОГК-4), ОАО «Энел ОГК-5», ОАО «Мосэнерго» (ТГК-3), ОАО «Фортум» (ТГК-10), ОАО «ТГК-11», ОАО «Кузбассэнерго» (ТГК-12), ОАО «ТГК-14».

Высокой устойчивостью развития, характеризуемой стабильностью значения (колебания в пределах 5%) и/или устойчивой тенденцией роста индекса на рассматриваемой перспективе характеризуются компании (для периода – 3 года и более):
- E.ONSE, Exelon Corporation, Госкорпорация «Росатом» (2009-2012 гг.);
- ОАО «РусГидро» (2010-2013 гг.);
- ОАО «РАО Энергетические системы Востока», ОАО «Мосэнерго» (ТГК-3), ОАО «ТГК-5», ОАО «ТГК-9», ОАО «Енисейская ТГК (ТГК-13)», ОАО «ТГК-14» (2009-2011 гг.);
- ОАО «ТГК-1», ОАО «Квадра» (ТГК-4) (2011-2013 гг.);
- ОАО «Фортум» (ТГК-10), ОАО «ТГК-11», ОАО «Кузбассэнерго» (ТГК-12) (2009-2011 гг.).

Уровень индекса для данного сектора не очень высокий по сравнению с нефтегазовыми компаниями (в основном за счет отставания по направлениям экологической и социальной ответственности), в связи с этим компаниям необходимо осуществлять более эффективную политику в области устойчивого развития.

В группе угольных энергетических компаний *(рис. 4) наиболее высокие показатели по индексу IES показывают зарубежные концерны,* однако в 2013 г. российские компании показали неплохие результаты за счет предоставления недоступной ранее информации по некоторым социальным и экономическим показателям.

Значительным ростом значения индекса IES в 2013 г. характеризуются компании:
- ОАО ХК «СДС-Уголь» – увеличение значения индекса на 92,01% (за счет увеличения значения индекса устойчивого развития более чем в 3 раза, возникшее в результате предоставления компанией данных об энергопотреблении впервые за



Источник: *расчеты автора, 2015 г.*

Рис. 4. ***Значения индекса IES для российских и зарубежных угольных***

все время наблюдения, а также данных о фонде социальных выплат);

– ОАО «СУЭК» – увеличение значения индекса на 45,93% (за счет увеличения значения индекса устойчивого развития более чем в 2 раза и индекса инновационной активности на 11,94 %, компанией впервые были предоставлены данные о затратах по охране окружающей среды, фонде социальных выплат и после 2-летнего отсутствия данных о количестве пострадавших, которое оказалось значительно более низким, чем в 2008-2010 гг., когда данные были предоставлены ранее);
– AngloAmerican – увеличение значения индекса на 21,67% (за счет увеличения значения индекса устойчивого развития на 10,51%, индекса эффективности ЧГП на 14,33%, индекса инновационной активности на 36,48%).

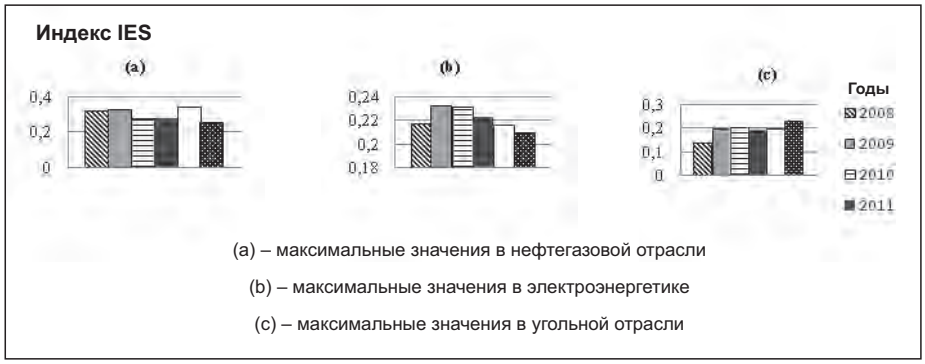
Лидером по данному показателю в 2013 г. является российская компания ОАО ХК «СДС-Уголь» (значение индекса IES 0,23), сменившая лидера предыдущего года BHP Billiton.

Примечательно, что 2-е из 3-х представленных в индексе российских компаний, показали рост в 2013 г., тогда как 2-е из 3-х зарубежных – снижение. В 2013 г. компании начали публиковать некоторые ранее недоступные данные, входящие в индекс, что позволило более объективно оценить их уровень. В целом за 6 лет наблюдается положительная тенденция: все компании группы повысили свой уровень в 2013 г. по сравнению с 2008 годом. Ситуацию на рынке в целом можно назвать стабильной. Российским компаниям следует продолжать политику в области улучшения качества предоставляемой отчетности.

В целом же за рассмотренный период максимальные значения индекса IES (рис. 5) не превысили отметки 0,35 для всех отраслей, что говорит о низком уровне использования заложенного потенциала эффективности.

Рассмотрим результаты сравнения средних значений для российских энергетических компаний с зарубежными конкурентами (табл. 4). Для российских нефтегазовых компаний наблюдается незначительное отставание от зарубежных (отклонение в пределах 10%) внутри отраслевой группы анализа по индексам экономической эффективности и устойчивого развития, а также по максимальному значению общего индекса IES. В области социальной ответственности российские компании опережают зарубежные. Значительное отставание наблюдается по направлениям экологической ответственности, инновационной активности и эффективности ЧГП.

Российские электроэнергетические компании отстают от зарубежных по всем направлениям анализа, однако максимальное значение общего индекса IES одинаково, что говорит о сопоставимой эффективности некоторых российских компаний с зарубежными и общем неравномерном развитии группы российских электроэнергетических компаний. Максимальное отставание (в два и более раза) наблюдается по направлениям социальной и экологической ответственности (для последней характерен общий низкий уровень эффективности по отрасли ввиду низкого



Источник: *расчеты автора, 2015 г.*

Рис. 5. ***Рейтинг общего индекса IES, исторические максимумы***

Таблица 4

Сравнение средних результатов для российских и зарубежных компаний, 2013 г.

Индекс	Нефтегазовые компании		Электроэнергетические компании		Угольные компании	
	Зарубежные	Российские	Зарубежные	Российские	Зарубежные	Российские
Экономическая эффективность	0,25	0,24	0,26	0,25	0,27	0,43
Экологическая ответственность	0,09	0,05	0,01	0,00	0,05	0,00
Социальная ответственность	0,05	0,08	0,16	0,07	0,05	0,13
Устойчивое развитие	0,13	0,12	0,14	0,11	0,12	0,18
Инновационная активность	0,39	0,17	0,32	0,12	0,34	0,13
Эффективность ЧГП	0,28	0,20	0,09	0,06	0,18	0,14
IES	0,22	0,15	0,17	0,10	0,18	0,17
IES, макс.	0,26	0,24	0,21	0,21	0,19	0,23

Примечание: выделены максимумы по рассматриваемому индексу внутри отрасли.
Источник: *расчеты автора, 2015 г.*

уровня предоставляемой отчетности), инновационной активности. В сфере экономической эффективности отставание незначительно.

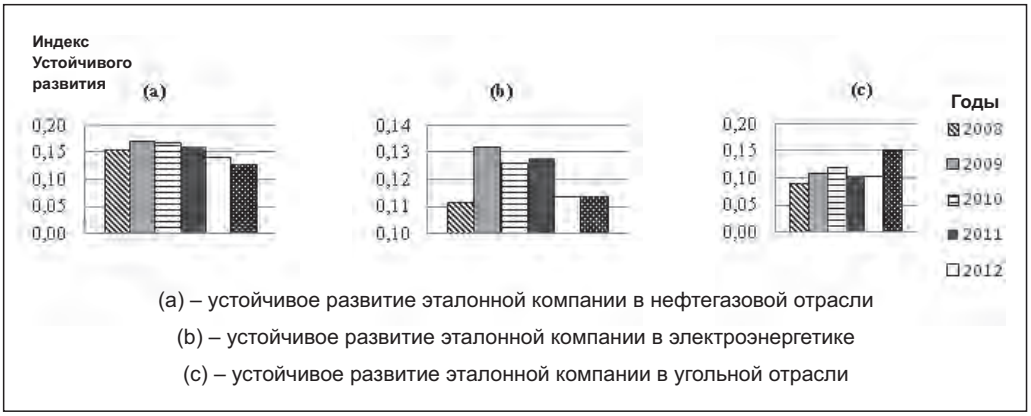
Для угольной отрасли наблюдается значительное опережение (разница 30% и более) российских компаний по индексам экономической эффективности, социальной ответственности и устойчивого развития (в 2013 г. в связи с началом предоставления информации по некоторым параметрам произошел слом обозначенной ранее тенденции отставания российских угольных компаний от зарубежных). Для направлений экологической ответственности, инновационной активности и эффективности ЧГП наблюдается отставание российских компаний от зарубежных (наиболее значительное по первым двум направлениям).

В целом наиболее значительное отставание российских компаний наблюдается по направлениям экологической ответственности, инновационной активности и эффективности ЧГП.

Необходимо отметить, что российские компании не так сильно отстают от зарубежных по большинству направлений анализа эффективности деятельности, в отличие от стереотипа их крайне низкой оценки, сложившегося за счет преимущественной ориентации на анализ абсолютных, а не относительных показателей[11]. Примечательно, что российские компании входят в число абсолютных лидеров внутриотраслевых блоков по результатам за 2013 г.:

- ОАО «НОВАТЭК» (нефтегазовые компании, индекс экономической эффективности, индекс устойчивого развития);
- ОАО «Татнефть» (нефтегазовые компании, индекс социальной ответственности, индекс эффективности ЧГП);
- ОАО «Енисейская ТГК (ТГК-13)» (электроэнергетические компании, индекс экономической эффективности, индекс устойчивого развития);
- Госкорпорация «Росатом» (электроэнергетические компании, индекс экологической ответственности, индекс эффективности ЧГП);
- ОАО «ТГК-2», ОАО «Квадра» (ТГК-4) (электроэнергетические компании, индекс экологической ответственности);
- ОАО ХК «СДС-Уголь» (угольные компании, индекс экономической эффективности, индекс устойчивого развития);

[11] К примеру, в случае индекса экономической эффективности и устойчивого развития российские компании получили сопоставимые с зарубежными результаты, по направлению социальной ответственности оказались в 2013 г. лидирующими для 2 из 3 рассматриваемых в исследовании отраслевых групп, по некоторым направлениям внутри отраслевых групп оказались лидирующими.



Источник: *расчеты автора, 2015 г.*

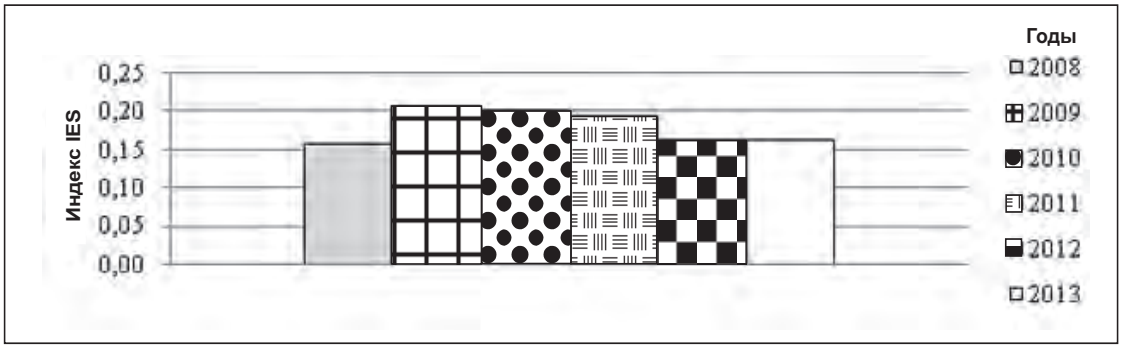
Рис. 6. ***Рейтинг устойчивого развития для эталонной энергетической компании***

– ОАО «СУЭК» (угольные компании, индекс социальной ответственности).

Уровень устойчивого развития эталонной компании (рис. 6), показатели для которой взяты на основе среднеарифметической по отраслевым блокам, для нефтегазового сектора неуклонно снижается (падение на 9,26% в 2013 году). В электроэнергетическом секторе в 2013 г. уровень остается по-прежнему низким, а в угольном наблюдается слом негативной тенденции (рост на 50%).

Рассмотрим также межотраслевой рейтинг итогового индекса IES для эталонной компании, отражающей средние значения входящих в систему индексации показателей всех анализируемых компаний (рис. 7). Как видно из рисунка, колебания уровня индекса в рамках рассматриваемого периода не превышают 25% от максимального значения индекса и 30% от значения предыдущего года (для случая с кризисным 2008 г.), также наблюдается тенденция снижения значения индекса, начиная с 2009 г., что в целом говорит об устойчивости развития корпоративного сектора МЭК в посткризисный период с тенденцией снижения его эффективности до уровня кризисного 2008 г. в 2012-2013 годах. Дальнейшее развитие исследований в рамках данного направления, возможно, покажет циклический характер развития корпоративного развития МЭК и позволит определить степень его волатильности относительно внешних экономических условий.

Предлагаемые аналитические подходы позволяют провести комплексный бенчмаркинг в рамках анализа на макроуровне. Из представленных графиков видны ключевые линии повышенного риска развития энергетических компаний в средне- и долгосрочной перспективе, их конкурентное положение в общей



Источник: *расчеты автора, 2015 г.*

Рис. 7. ***Рейтинг итогового индекса IES для эталонной компании***

выборке компаний и этапы развития, степень устойчивости и эффективности деятельности по различным направлениям.

Рассмотренная ретроспектива позволяет проанализировать выход компаний из кризиса 2008-2009 гг., изменение их эффективности в области нефинансовой отчетности. Ввиду инерционности состояния мирового энергетического бизнеса, обусловленной особенностью функционирования энергетических компаний, результаты за 2014 г. (могут быть получены не ранее осени 2015 г.) в целом будут находиться в рамках следующих глобальных тенденций развития корпоративного сектора МЭК:

- *общее отставание электроэнергетического и угольного секторов;*
- *снижение уровня устойчивого развития;*
- *низкая эффективность в области экологической и социальной ответственности мировых энергетических компаний;*
- *разнородный и достаточно низкий уровень предоставления компаниями открытых данных нефинансовой отчетности*[12]*;*
- *сопоставимость российских компаний по уровню эффективности и устойчивости с зарубежными (вопреки сложившемуся стереотипу значительного отставания российского бизнеса от мирового уровня);*
- *общее низкое значение конкурентных позиций (исходя из максимального значения индекса IES мировыми энергетическими компаниями реализуется не более 35% возможного потенциала).*

Ввиду общей тенденции глобализации корпоративного сектора МЭК дальнейшее развитие энергетических компаний будет ориентировано на определение и объединение наиболее удачных примеров корпоративных стратегий с целью повышения эффективности и устойчивости развития экономических субъектов, поэтому представляется актуальным развитие данных направлений исследований и привлечение внимания мирового сообщества к выявленным рискам и возможностям, развитию систем комплексного анализа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акаев А.А., Плакиткин Ю.А. и др. Проекты и риски будущего: концепция, модели, инструменты, прогнозы. М.: Красанд, 2010. 432 с.

2. Афанасьева М.В., Белогорьев А.М., Станкевич Ю.А. Оценка корпоративной эффективности в ТЭК: методология и результаты / под ред. В.В. Бушуева. М.: Энергия, 2014. 188 с.

3. Мировая энергетика – 2050 (Белая книга) / под ред. В.В. Бушуева (ГУ ИЭС), В.А. Каламанова (МЦУЭР). М.: Энергия, 2011. 360 с.

4. Мировой нефтегазовый рынок: инновационные тенденции / под ред. В.В. Бушуева, Е.А. Телегиной, Ю.К. Шафраника. М.: Энергия, 2008. 358 с.

5. Углеводородная экономика. Т. 1. / под ред. Е.А. Телегиной. М.: Изд. центр РГУ нефти и газа, 2013. 441 с.

6. Энергетические истоки и последствия глобального кризиса 2010-х годов / В.В. Бушуев, А.И. Громов, Н.К. Куричев и др. / под ред. В.В. Бушуева и А.И. Громова. М.: Энергия, 2012. 88 с.

7. Яковец Ю.В. Прогнозирование циклов и кризисов / Фонд им. Питирима Сорокина. М.: МФК, 2000.

8. Яковец Ю.В., Абрамов В.Л. Анализ факторов научно-технологического развития в контексте цивилизационных циклов / под ред. Ю.В. Яковца, В.Л. Абрамова. М.: МИСК, 2012. 456 с.

[12] Даже по обозначенному, минимально необходимому для проведения комплексного анализа, составу показателей полнота данных, предоставляемых мировыми энергетическими компаниями, находится на достаточно низком уровне, что объясняет возможные значительные колебания рейтингов, связанные с началом предоставления компаниями необходимых для расчета показателей параметров.

9. D. Franklin, J. Andrews, Megachange: The World in 2050 // The Economist Newspaper Ltd, 2012.

10. Материалы открытой отчетности энергетических компаний.

Поступила в редакцию
16.06.2015 г.

M. Afanasieva[13]

THE MAIN TRENDS AND PERSPECTIVES OF THE WORLD CORPORATE ENERGY SECTOR DEVELOPMENT

The paper presents the analysis of perspectives of the world energy corporate sector development in the framework of the long-term global trends. The paper analyses the efficiency and sustainability of the world energy companies, assesses the current state of the Russian companies as compared to the world leaders. Based on the results the author defines the global trends in the world corporate energy sector, associated risks and opportunities.

Key words: worldenergycomplex, energy companies, global developmental trends, sustainable development, efficiency and sustainability of the world energy companies.

[13] Marina V. Afanasieva – Head of Center for Technological Foresight and Innovation Management in Energy Sector (CTF IES), *e-mail:* mv_afanasyeva@mail.ru

УДК 620.92+339.977

А.А. Горлов[1]

ПРОЦЕССЫ ЗАМЕЩЕНИЯ ТРАДИЦИОННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ В СТРАНАХ БАССЕЙНА СЕВЕРНОГО МОРЯ

Последние годы характеризуются значительной волатильностью цен и истощением традиционных углеводородных энергоресурсов, что способствует активизации интенсивного развития возобновляемой энергетики. Страны Европейского союза поставили перед собой цель «20-20-20», которая предполагает к 2020 г. обеспечить снижение выбросов углекислого газа на 20%, увеличить долю возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в конечном потреблении энергии до 20%. Особую значимость в данных условиях приобретают процессы взаимодействия традиционной и альтернативной энергетики, определения оптимального баланса между различными источниками энергии для обеспечения национальной энергобезопасности.

Ключевые слова: традиционная энергетика, возобновляемые источники энергии, углеводородные ресурсы, страны БСМ (бассейна Северного моря), процессы замещения.

На рубеже XX в., в эпоху ускорения научно-технического прогресса, промышленная экономика пересекла границу возможностей применения существующих на тот момент энергетических технологий[2]. Данный фактор вместе с нарастанием политических, социальных, экономических и экологических проблем, истощением легкодоступных запасов традиционных углеводородных источников энергии, усилением рисков техногенного и природного характера способствовал смещению приоритетов в развитии глобальной экономики в направлении снижения общего и удельного энергопотребления, поиску альтернативных источников энергии. Все отчетливее наблюдается тенденция активного замещения традиционной энергетики альтернативными возобновляемыми источниками (далее – *процессы замещения*). Роль новых альтернативных сырьевых ресурсов, таких как сланцевый газ и газогидраты в структуре мирового энергетического рынка требует специальных исследований, однако в настоящей работе принимается допущение, что они пока мало влияют на процессы замещения и поэтому не рассматриваются.

Произошло ускорение трансформации международного энергобаланса потребления от нефтяного (в 2000 г. удельный вес нефти и нефтепродуктов составлял 38,1%, а в 2013 г. уже только 32,9%) к газовому балансу [15]. Данная ситуация была названа «газовой паузой», которая способствовала тому, что мировое сообщество получило время для разработки, создания и внедрения новых альтернативных источников энергии и продвижения к следующему энергетическому этапу нового технологического или инновационного экономического уклада (табл. 1, 2).

К концу 2013 г. 144 ведущие и развивающиеся страны приняли программу расширения производства электроэнергии из ВИЭ (REN 21) [6]. Себестоимость производства электроэнергии из возобновляемых источников энергии ежегодно уменьшается, эксперты отмечают, что она уже с 2014 г. не превышает себестоимости производства электроэнергии углеводородной генерации. Согласно данным инвестиционного банка Lazard, приведенная себестоимость выработки электроэнергии (LCOE) из возобновляемых источников энергии составляет от 37 до 81 долл./МВт·ч, в то время как угольная генерация производит электроэнергию стоимостью от 66 до 151 долл./МВт.ч, газовая генерация – от 61 до 87 долл. /МВт.ч [9]. За пять лет стоимость ветровой электроэнергии снизилась на 58% (рис. 1), а стоимость солнечной электроэнергии уменьшилась на 78% (рис. 2).

[1] Анатолий Александрович Горлов – аспирант факультета мировой экономики НИУ ВШЭ, *e-mail:* anatolygorlov@yahoo.com.
[2] Энергетический «порог».

Таблица 1

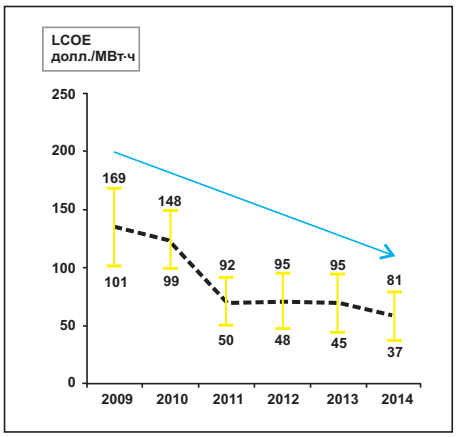
Структура мирового энергопотребления по источникам энергии [1, 6, 15]

Источник энергии	2000 г.	2005 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
Всего (млрд. т н.э.)	9,4	10,8	11,4	12,0	12,2	12,5	12,7
В том числе, %							
Нефть	38,1	36,2	34,4	33,6	33,4	33,2	32,9
Газ	23,2	23,2	23,4	23,8	23,8	23,9	23,7
Уголь	25,6	27,9	29,1	29,6	29,7	29,8	30,1
Атомная энергия	6,2	5,8	5,4	5,2	4,9	4,5	4,4
Гидроэнергия	6,4	6,1	6,5	6,5	6,5	6,7	6,7
ВИЭ	0,5	0,8	1,2	1,3	1,7	1,9	2,2

Таблица 2

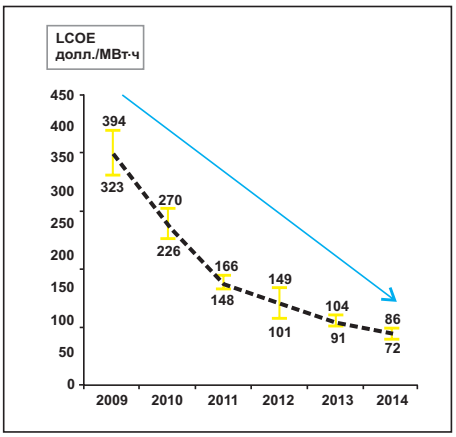
Характеристика развития возобновляемой энергетики в мире [1, 7, 15]

Страны	Использование ВИЭ, млн т н.э.		Страновая структура ВИЭ, %		Удельный вес ВИЭ в энергопотреблении страны, %	
	2003 г.	2013 г.	2003 г.	2013 г.	2003 г.	2013 г.
Всего в мире	66,9	279,3	100,0	100,0	0,7	2,2
ЕС	23,2	110,6	34,7	39,6	1,3	6,6
Германия	6,3	29,7	9,4	10,6	1,9	9,1
Испания	3,6	16,8	5,4	6,0	2,5	12,6
Италия	2,6	13,0	3,8	4,6	1,4	8,2
Великобритания	1,7	10,9	2,5	3,9	0,7	5,4
Франция	0,9	5,9	1,4	2,1	0,4	2,4
США	18,8	58,6	28,1	21,0	0,8	2,6
Китай	0,8	42,9	1,2	15,4	0,07	1,5
Бразилия	3,5	13,2	5,2	4,7	1,9	4,7
Индия	1,2	11,7	1,8	4,2	0,4	2,0
Япония	5,2	9,4	7,8	3,4	1,0	2,0



Источник: *[9].*

Рис. 1. ***Динамика снижения себестоимости ветровой электроэнергии***



Источник: *[9].*

Рис. 2. ***Динамика снижения себестоимости солнечной электроэнергии***

По оценкам ведущих российских специалистов [12], глобальные инвестиции в возобновляемую энергетику увеличатся с 105 млрд долл. в 2010 г. до 180 млрд долл. к 2020 г. и могут достигнуть 300 млрд долл. к 2030 г., сначала большей частью в ветровую энергетику и электростанции на биомассе, а затем, после 2030 г., уже преимущественно в солнечную. При этом ожидается, что установленные мощности ВИЭ вырастут к 2030 г. почти в десять раз по сравнению с 2010 г. и достигнут 2770 ГВт (36% глобальных мощностей электроэнергетики). Эксперты обращают внимание, что одновременно с ростом масштабов использования ВИЭ в мировой энергетике будет сокращаться доля угольной и нефтяной отраслей, а после 2030 г. также и газового сектора. По их мнению, именно к этому моменту возобновляемая энергетика станет абсолютно конкурентной традиционной в ведущих странах мира [12]. Но реальность процессов замещения стремительно опережает эти прогнозы, опубликованные несколько лет назад. Так, в отчете National Bank of Abu Dhabi (2015 г.) подчеркивается, что существующая на сегодняшний день себестоимость солнечной электроэнергии может быть конкурентоспособна по отношению к ископаемым ресурсам при цене газа на уровне 5 долл./МБТЕ и на нефть – в 10 долл./баррель [3]. В докладе консалтинговой компании Ernst & Young (2015 г.) отмечается, что в течение ближайших пяти лет должны сократиться расходы на развитие ветровых установок до 20% за счет реализации принятой ведущими компаниями ЕС комплексной программы развертывания турбин большой мощности, позволяющих увеличить отбор энергии, решения логистических проблем и ряда других мероприятий, что позволит оффшорным ветровым установкам уже к 2020 г. конкурировать с традиционной энергетикой [5]. Аналитики Международного агентства возобновляемой энергетики (IRENA) утверждают (2015 г.), что уже сегодня себестоимость производства электроэнергии в отдельных секторах альтернативной энергетики равна либо меньше себестоимости генерации дизельными, газовыми и угольными электростанциями, даже при падении цен на нефть и без финансовой поддержки [11].

Приведенные выше данные говорят о значительной активизации процессов замещения углеводородов возобновляемыми источниками энергии. По сценарию Международного энергетического агентства (IEA), солнечная энергетика выйдет на первое место среди всех источников энергии к 2040 г. [7], а согласно прогнозу Deutsche Bank, такие ВИЭ будут занимать 30% мировой энергетики уже в 2050 г. [2].

Центральную роль в развитии ВИЭ играют ведущие страны Европейского союза (ЕС), и прежде всего – страны бассейна Северного моря: Великобритания, Германия, Нидерланды, Франция, Норвегия, Дания, которые наиболее обеспечены собственными или закупаемыми углеводородными ресурсами, но при этом интенсивно развивают альтернативные источники энергии. Страны БСМ активно используют низкоуглеродную климатическую политику для обеспечения энергетической безопасности самих этих стран и ЕС в целом. Еще одной из причин развития ВИЭ является быстрое истощение месторождений углеводородов в Северном море. Например, только за двухлетний период в 2012 г. объемы производства нефти и газа на шельфе Великобритании сократились на 30% до 1,55 млн экв. баррелей в сутки, а в течение 2013 г. еще до 1,3 млн баррелей. Другим стимулом для альтернативной энергетики является желание многих стран БСМ отказаться от атомных электростанций так же, как это уже произошло в Германии после аварии в Фукусиме [12, 13]. Ведущие российские специалисты считают, что уже к 2030 г. может значительно измениться структура энергетического сектора мировой экономикии за счет резкого развития инновационных технологий возобновляемой энергетики (прежде всего – ветровой и солнечной) в ведущих странах ЕС существенно снизятся объемы импорта углеводородных энергоносителей. На этом фоне ожидается быстрое снижение рентабельности компаний в нефтяной, газовой и угольной энергетике [12]. В процессах замещения в странах БСМ главную роль играет последовательная государственная национальная политика развития ВИЭ (Renewable Energy Road Map, ЕС). В соответствии с ней, в Германии уже к 2020 г. планируется вырабатывать из ВИЭ до 30% электроэнергии и до 14% тепло-

вой энергии. К этому же времени ожидается, по сравнению с уровнем 2014 г., рост установленных мощностей оффшорных ветровых установок в Великобритании на 7 ГВт, Германии на 6 ГВт, Нидерландах, Франции, Дании – на 2 ГВт в каждой стране, что обеспечит в ЕС суммарную мощность только таких ВИЭ до 28 ГВт [5].

Анализ показывает, что главное значение в процессах замещения в странах БСМ играет политическое управление и правовое регулирование, принятие различных политических решений и нормирующих актов, меры экономической поддержки возобновляемой энергетики. Также широко используются различные инструменты государственного стимулирования, такие как специальные компенсационные закупочные тарифы (feed intariff), создание экологических фондов, субсидии, льготные кредиты и гранты, налоговые льготы и освобождения, системы платежей за выработку возобновляемой энергии, обязательства по производству тепла из альтернативных источников энергии Большой эффект для процессов замещения дает практическая рыночная интеграция ВИЭ в системы энергоснабжения [12, 13, 16].

Правительства и энергетические компании стран БСМ, принимая данную тенденцию, действуют в соответствие с ней – уже в 2014 г. 79% всех введенных в эксплуатацию генерирующих мощностей относились к альтернативной энергетике, притом, что в 2013 г. данный показатель составлял 72% [6]. Учитывая моральное и физическое устаревание производственных фондов традиционной энергетики, в странах БСМ чистый прирост генерации обеспечивается ВИЭ. Наблюдается уже не просто промышленная альтернатива углеводородам, а тренд значительных объемов отказа от них в энергетике будущего.

Принятие политических решений, ориентированных на снижение используемых углеводородных энергоресурсов, отказ от угольной и атомной энергетики – все это связано с серьезными экологическими проблемами и антропогенным характером глобального потепления. В европейских государствах утверждены целевые ориентиры по выбросу парниковых газов, которые необходимо снизить на 80-95% от уровня 1990 г. уже к 2050 г. [2]. Однако на фоне позитивных тенденций современного и прогнозного развития ВИЭ в последнее годы многие специалисты говорят о негативных сценариях развития альтернативной энергетики в Европе. Эксперты Еврокомиссии и Financial Times считают, что увеличение объемов использования ВИЭ к 2020 г. и замена ими традиционных энергетических установок приведет к тому, что в ближайшие 15 лет в Европе будет наблюдаться неуклонное повышение тарифов на электроэнергию, а начиная с 2030 г., после реализации всех намеченных сегодня проектов альтернативной энергетики, стоимость электричества увеличится еще в несколько раз. Из-за большой стоимостной нагрузки на бизнес и население в ЕС создается конфликтная ситуация: далеко не все согласны с тем, чтобы рынок оплачивал дорогую альтернативную электроэнергию [13, 16]. Высокая степень противоречивости перспектив развития ВИЭ в странах БСМ определяет необходимость изучения факторов, влияющих на процессы замещения и разработки на их основе эконометрических сценариев этих процессов с позиций мировой экономики.

Эксперты Kepler Cheuvreux подсчитали, что проводимая на международном уровне политика, направленная на ограничение глобального потепления – 2 °С, повлечет за собой серьезные негативные последствия для мировой сырьевой энергетики, которая на протяжении последующих двадцати лет потеряет примерно 28 трлн долл., причем около 19,4 трлн долл. потеряет нефтяная промышленность [8].

Указанные выше обстоятельства вынуждают развитые государства формировать эффективные энергетические стратегии и решения, периодически оперативно вносить в них коррективы, а также продвигать соответствующие идеи на международном уровне, акцентируя внимание на необходимости диверсификации поставок первичных топливно-энергетических ресурсов, развитие конкуренции, снижение ограничений и повышение прозрачности международного энергетического рынка. Например, под давлением экологических общественных протестов правительство Германии вернулось к ранее отвергнутой программе отказа от использования атомной энергетики, а также за последние несколько лет, начиная с 2007 г., инвесторы отказались от строительства 21-й электростанции на угле общей мощностью 19,4 ГВт [13].

О намерении стран ЕС двигаться в направлении низкоуглеродного развития говорят не только глубина, масштаб и качество разработанных концепций трансформации европейской энергетики, связанные с серьезными преобразованиями в экономике, а также утверждение в нормативно-законодательных актах конкретных плановых показателей, промежуточных критериев развития ВИЭ, государственный контроль их достижения. Таким образом, процессы замещения традиционной энергетики альтернативной, инновационного развития энергетических систем национальных экономик характеризуются плановым характером. Причем европейские страны, определив приоритеты и приняв на себя конкретные обязательства, стараются создать благоприятные условия для формирования и становления частных предприятий и прежде всего – малого и среднего бизнеса.

Для исследования процессов замещения в странах БСМ в первую очередь рассматриваются общие тренды развития энергетики – динамики энергоемкости ВВП, динамики и структуры потребления первичной и конечной энергии, выбросов парниковых газов, а также тренды в отдельных отраслях – нефтяной, угольной, газовой, атомной, электроэнергетики и возобновляемой энергетике [12]. Также важен анализ различных факторов, ограничений и инструментов, определяющих развитие возобновляемой энергетики, которые можно классифицировать на несколько групп: энергетические, финансово-экономические, технико-технологические, политические, социальные, экологические [5, 6, 9, 12, 13].

- *Энергетические:* уровень обеспеченности традиционными энергоресурсами, наличие/отсутствие зависимости от импорта энергетических ресурсов, разнообразие и качество сырьевой энергетической базы, наличие тенденции к истощению традиционных ресурсов, уровень развития транспортной инфраструктуры, наличие/отсутствие возможности замещения традиционных энергоносителей альтернативными, уровень развития и применения инноваций в данной сфере, возможность модификации имеющихся производственных мощностей по производству энергии для развития возобновляемой энергетики, возможность формирования смешанной энергетической стратегии с использованием традиционных и возобновляемых источников энергии, возможность повышения производительности труда и эффективности производства после перехода на ВИЭ, необходимость диверсификации используемых видов энергоресурсов, наличие в стране адекватных научно-технических разработок и инноваций в возобновляемой энергетике, наличие межнационального сотрудничества с технически развитыми странами в сфере инноваций возобновляемой энергетики.
- *Финансово-экономические:* возможность осуществления научно обоснованного комплексного предварительного прогноза окупаемости инвестиционно-инновационных проектов для развития возобновляемой энергетики, стоимость оборудования для выработки альтернативных источников энергии, общий объем необходимых капитальных вложений, срок окупаемости инвестиционно-инновационных проектов развития возобновляемой энергетики, себестоимость производства, хранения, транспортировки, использования альтернативных видов энергии, уровень рентабельности инвестиционно-инновационных проектов развития возобновляемой энергетики, наличие/отсутствие потенциальных инвесторов, наличие стимулов развития инновационных технологий в сфере возобновляемой энергетики, наличие/отсутствие спроса на внешних и внутренних рынках, возможность роста экспорта традиционных видов энергетических ресурсов при внедрении альтернативных на внутренних рынках, меры государственной поддержки развития возобновляемой энергетики, система налогообложения для производителей возобновляемой энергетики, наличие/отсутствие возможности увеличения налоговых поступлений и валового внутреннего продукта.
- *Технологические:* целесообразность использования ВИЭ, возможность произ-

водства энергии в непосредственной близости от места ее потребления, возможность производства энергии без использования топлива или внешнего источника электроэнергии, возможность регулирования режима производства энергии с учетом неравномерного поступления энергии от ВИЭ (ветра, солнца и т.д.), необходимость модернизации сетевых инфраструктурных объектов для обеспечения оптимального баланса энергетической системы, возможности для роста энергоэффективности, снижения энергоемкости производства, необходимость управления спросом и предложением, внедрения интеллектуальных сетей, формирования системы накопления, снижение сетевых энергетических потерь вследствие создания и развития малой распределенной генерации.

- *Политические:* укрепление геополитической позиции государства, обеспечение национальной энергобезопасности, обеспечение независимости страны с точки зрения удовлетворения внутренних потребностей в энергетических ресурсах.
- *Социальные:* уменьшение уровня безработицы вследствие создания новых рабочих мест в сфере возобновляемой энергетики, производства необходимого оборудования, достижение максимально благоприятных условий для жизни и деятельности граждан, улучшение климата, улучшение общественного здоровья, повышение уровня и качества жизни населения.
- *Экологические:* необходимость обеспечения требований различных стандартов и нормативов по охране окружающей среды, возможность эффективного вторичного использования и утилизации твердых бытовых отходов, возможность ресурсосбережения, снижение уровня выбросов различных загрязнителей окружающей среды, возможность реализации рационального природопользования.

Следует отметить, что стремительный рост возобновляемой энергетики поставил перед государством и энергетической отраслью задачу интегрировать возобновляемую и традиционную энергетику, то есть обеспечить устойчивое развитие энергосистемы, создав оптимальный баланс между возобновляемой и традиционной энергетикой.

В странах БСМ (и всего Европейского союза) Германия является лидером на пути перехода к «зеленой энергетике». Так, именно здесь перевод энергетики на возобновляемые источники стали называть перестройкой энергетики[3]. Одним из ключевых аспектов эффективной реализации стратегии перехода на альтернативную энергетику можно назвать хорошо проработанную, непротиворечивую нормативно-законодательную базу [13].

В европейских странах регулирование возобновляемой энергетики производится как на национальном уровне, так и всего Евросоюза в целом. В рамках Евросоюза разработаны директивы, являющиеся основополагающими документами в данной области для всех государств ЕС. В соответствии с требованиями Директивы 2009/28/ЕС, в каждом европейском государстве были разработаны национальные планы развития возобновляемой энергетики, где установлены плановые показатели по уровню внедрения альтернативных источников энергии к 2020 г. и мероприятия для их достижения [13].

Указанные документы предполагают смену парадигмы электроснабжения, обусловленную переходом от централизованной генерации на крупных электростанциях, работающих от традиционных источников (тепловые и атомные электростанции), к децентрализованной выработке электроэнергии преимущественно от возобновляемых источников, к которым в странах БСМ относят гидроэнергетику, ветровую и геотермальную энергетику, солнечную энергию и биотопливо.

Стратегией замены традиционной энергетики возобновляемой поставлена цель повысить долю ВИЭ в производстве электроэнергии на 2020, 2030 и 2050 гг. соответственно до 35, 60 и 80%. Установка на 2020 г. впервые была зафиксирована в Германии в Законе о возобновляемых источниках энергии, принятие которого в 2000 г. привело к бурному росту возобновляе-

[3] Energiewende.

мой энергетики: удельный вес возобновляемой энергии в энергопотреблении в Германии увеличился с 1,9 до 9,1% в 2013 г., Великобритании – с 0,7 до 5,4%, Франции – с 0,4 до 2,4% [1, 7, 13].

Проведенное автором исследование позволяет сделать некоторые выводы о существующих тенденциях, перспективных мероприятиях по замене традиционной энергетики возобновляемой для обеспечения энергетической безопасности стран БСМ. Учитывая факторы, определяющие перспективы развития ВИЭ, данное направление будет ключевым для энергетической стратегии развитых европейских стран. На развитие альтернативной инновационной энергетики в странах ЕС каждый год выделяются многомиллиардные финансовые ресурсы: с 2007 по 2013 гг. – 651 млрд долл., в то время как их доля в структуре энергопотребления интенсивно увеличивается [4].

Однако факторы, отрицательно влияющие на развитие альтернативной энергетики, способствовали возникновению и стремительному нарастанию качественно новых проблем технологического и экономического характера, что говорит о том, что полный отказ от традиционных источников энергии невозможен [10]. В результате европейские страны начинают готовиться к интеграции возобновляемой энергетики в единую энергосистему, объединяющую весь комплекс возникающих энергетических проблем. Данная интеграция должна проходить в двух видах: системной и рыночной. Анализ процессов замещения показывает , что развитие ВИЭ в странах БСМ стимулирует отчетливый тренд перехода к энергетике нового поколения, что характеризуется общей технологической системной интеграцией: внедрением умных сетей (Smart Grid) для управления энергобалансом при нестабильной выработке энергии от возобновляемой энергетики, распространением автономных блоков распределенной генерации, созданием и внедрением в сети новых технологий накопления энергии, существенным увеличением доли электроэнергии в общем потреблении энергии (особенно на транспорте), развитием новых технологий дальней передачи электроэнергии на расстояния до 2500 км и более [12, 13, 16]. Все большее распространение в энергетике получают информационные технологии, обеспечивающие энергоэффективные проекты «активный дом» и в обозримом будущем – «активный город». Такие технологии позволяют управлять как генерирующими установками и распределительными сетями, так и конечным потреблением энергии. Важное значение в процессах замещения приобретают системы управления всем комплексом традиционной и возобновляемой энергетики, оптимизация долей их использования в общем топливо-энергетическом балансе (рис. 3). Представленная схема демонстрирует центральную роль подсистемы эффективного государственного регулирования, что можно назвать одним из главных условий эффективного развития возобновляемой энергетики в странах БСМ максимально возможными темпами. Выше уже рассматривалась важность целевых инвестиций в ВИЭ, для чего целесообразно формирование подсистемы управления возобновляемой энергетикой и инвестициями в эту отрасль. Функциями этой подсистемы являются анализ и планирование производственно-хозяйственной деятельности энергетических компаний, оценка инвестиционно-инновационных проектов, формирование источников финансирования, бюджетирование инвестиционных энергетических проектов. С позиций информационных технологий целесообразна модернизация подсистемы управления традиционной энергетикой, которая предназначена для прогнозирования энергопотребления, определения резервов энергосбережения, снижения энергоемкости производства, планирования и реализации стратегий энергопотребления промышленных отраслей, планирование расходной и приходной частей ТЭБ.

Выше уже обращалось внимание на большую эффективность для процессов замещения информационно-аналитических и нормативно-законодательных инструментов, для управления которыми предназначены соответствующие подсистемы. Для подсистемы управления рыночной интеграцией главной задачей является разработка и применение стимулирующих механизмов развития возобновляемой энергетики, определение оптимального баланса между различными источниками энергоресурсов, разработки, сопровождения и поддержания установленного баланса, финансовых инстру-

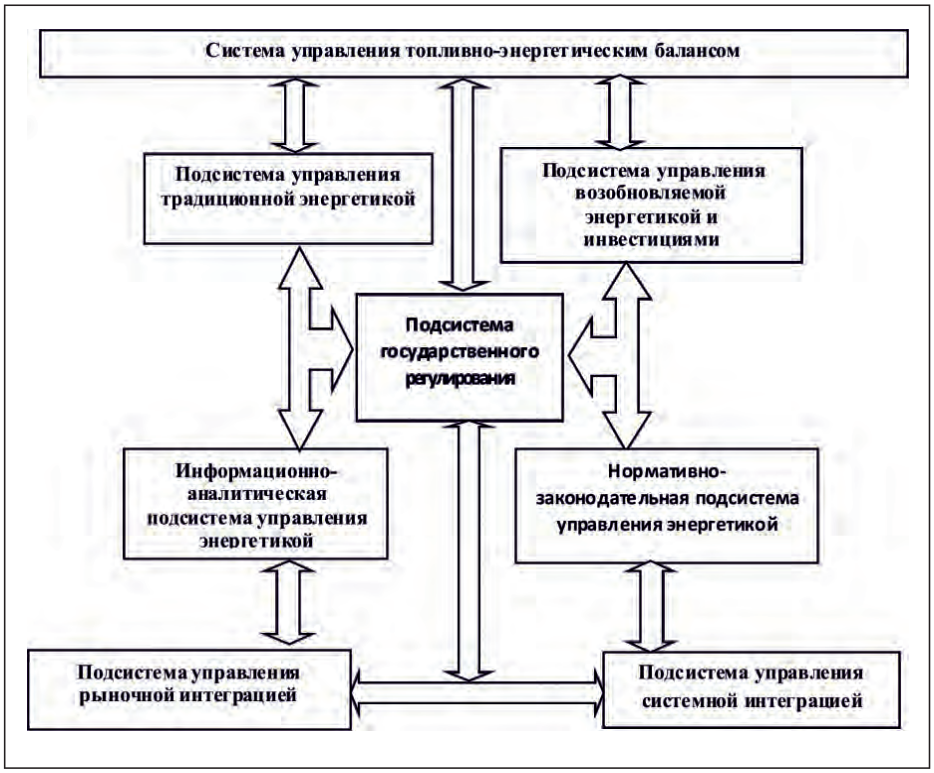


Рис. 3. ***Схема формирования управленческой стратегии замещения традиционной энергетики возобновляемой энергетикой***

ментов развития возобновляемой энергетики. Подсистема управления системной интеграцией базируется, прежде всего, на технологиях интеллектуальных распределительных сетей, обеспечивающих оптимальный баланс спроса и предложения всех возможных источников энергии и бесперебойное энергоснабжение. Эта подсистема служит также для мониторинга оптимального соотношения между возобновляемыми и традиционными видами энергетики, создания аккумулирующих мощностей и виртуальных электростанций, поддержки разработки и внедрения новейших энергетических технологий. Именно эта подсистема обеспечивает реальное ускорение процессов замещения.

В последние годы страны БСМ активно реализуют несколько ключевых проектов системной интеграции, реализация которых даст мощное ускорение процессам замещения. В 2010 г. десять стран ЕС приступили к созданию интеллектуальной электрической сети (Smart Grid) в Северном море, которая позволит объединить сухопутные ветровые, солнечные ВИЭ и традиционные установки всех стран БСМ с морскими установками энергии ветра, волнения и приливных течений [13, 16]. Планируется привлечь инвестиции – 30 млрд евро и к 2030 г. подключить к единой сети сотни оффшорных ветровых установок общей мощностью 150 ГВт, а также морские ВИЭ и нефтяные/газовые платформы, что позволит странам ЕС обмениваться возобновляемой энергией с учетом местных погодных условий. Другим проектом, в котором участвуют Германия, Нидерланды, Великобритания, Дания и Бельгия, является развитие технологии производства газа из воды P2G (Power to Gas) за счет электроэнергии, вырабатываемой ВИЭ. Реализация проекта P2G позволит использовать избыток электроэнергии, произведенной от ВИЭ, без специальных накопителей. Страны ЕС уже имеют развитую инфраструктуру для транспортировки и хранения природного газа, которая может быть с успехом использована для замещения этого газа «зеленым» газом. Только в Германии емкости сетей, трубопроводов и хранилищ газа составляют около 200 ТВт·ч, что достаточно для удовлетворения потребности страны газом в течение нескольких меся-

цев. В настоящее время в этой стране создаются более 18 заводов для выработки газа по технологии P2G, в частности, компания Audi в 2013 г. открыла производство мощностью 6 МВт, а также намечено создание десятков подобных предприятий в других странах БСМ [13, 14, 16]. Известно, что генерации ВИЭ, особенно ветровых и солнечных, имеет высокую степень непредсказуемости и изменчивости, обусловленную прежде всего переменами погодных условий. Для достижения надежного, стабильного энергоснабжения операторы энергетической системы должны постоянно регулировать баланс между производством энергии и ее спросом. Ключевым вопросом становится необходимость повышения гибкости распределения энергии, что может быть обеспечено комбинированным использованием технологий системы Smart Grid совместно с паротурбинными установками на природном газе и набором блоков хранения энергии. Такое решение обеспечивает высокий уровень интеграции ВИЭ в единую систему при общих минимальных затратах. Происходит также стимулирование широкого географического распространения альтернативных установок, так как увеличение доли использования распределенной возобновляемой энергетики повышает в этом случае общую надежность, устойчивость и качество энергетической системы. В отчете Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP) & The World Bank (2015 г.) подробно рассматривается этот новый проект системной интеграции, очень перспективный для ускорения процессов замещения [14]. При резком снижении генерации ВИЭ быстро подключаются к сети резервные ПТУ на природном газе, которые в зависимости от своей технологии могут быть подключены к сети в течении десятков минут. Это выгодно отличает их от угольных и атомных установок, время достижения полной нагрузки составляет около 12 часов. Экспертами отмечается, что такая тесная связь между увеличением масштабов использования ВИЭ и выработкой компенсационной электроэнергии парогазовыми установками может потребовать дополнительной поставки природного газа в страны БСМ, что необходимо будет учесть этими странами при планировании стратегии импорта углеводородов [14].

В периоды снижения выходной мощности ВИЭ для повышения уровня отдачи к сети подключаются распределенные в разных местах и странах блоки хранения энергии, премуществом которых является возможность накопления энергии в периоды излишков генерации альтернативной энергетики. В последнее время интенсивно совершенствуются существующие и развиваются новейшие технологии хранения энергии (маховики, суперконденсаторы, серно-натриевые и литий-ионные аккумуляторы, сверхпроводящие магнитные устройства и т.п.). Среди них одной из наиболее прорывных является технология производства синтетического газа рассмотренного выше проекта P2G [14].

Для дальнейших исследований необходима оценка наиболее значимых для процессов замещения в странах БСМ перечисленных выше трендов, факторов и ограничений с точки зрения использования их в прогнозном моделировании, которое должно определить сценарий развития и вероятную степень замещения традиционной энергетики возобновляемой на рассматриваемом периоде развития энергетической системы ЕС, а также оптимальный с точки зрения макроэкономических показателей баланс этого замещения. Ведущими российскими энергетиками в работе [12] отмечается, что не один прогнозный сценарий не может рассматриваться как догма от одного временного интервала до другого, а требуется постоянный непрерывный анализ международных трендов на небольших временных интервалах от года до нескольких лет. Планируется разработать среднесрочные исследовательские и нормативные прогнозные модели с учетом методических рекомендаций основополагающей работы [12], с помощью которых можно будет провести изучение непрерывной динамики процессов замещения в странах БСМ с интервалом в 3 года за период, начиная с 2015 по 2033 год. Это позволит выявить точки бифуркации и провести более точный количественный и качественный прогноз стратегии замещения. Прогнозный период исследований был выбран с учетом того, что в него войдет 2030 г., который во многих существующих сценариях различных экспертов выделяется как переломный момент значительного изменения трендов развития мировой энергетики [12]. Но

это может произойти гораздо раньше, учитывая стремительную динамику развития энергетических технологий, что увеличивает важность проведения непрерывного прогнозного анализа. Необходима будет постоянная корректировка прогнозных сценариев энергетики с учетом подобных различных сценариев зарубежных стран. В планируемой прогнозной модели будут рассматриваться самые прорывные современные и разрабатываемые энергетические технологии интегрированной традиционной и возобновляемой энергетики, а также наиболее эффективные тренды, факторы и инструменты инновационной энергетической стратегии.

Наблюдаемые в настоящее время процессы замещения характерны для сочетания инновационного и стагнационного сценариев энергетического развития с преимущественным доминированием инновационного технологического сценария, подробно разработанного ведущими российскими энергетиками на основании анализа многочисленных прогнозных моделей различных международных экспертных организаций [12]. При этом особо следует отметить стремительный рост ВИЭ и информационных технологий, развитие технологий «умных» сетей и потребителей, внедрение комплексов «природный газ, ВИЭ и блоки хранения энергии» для выравнивания энергетического баланса при нестабильной генерации [14] и т.п. (инновационный сценарий), а также значительное использование государственного, нормативно-регулятивного и системного управления (стагнационный сценарий). Для формирования и реализации стратегии замещения традиционной энергетики возобновляемой в странах БСМ необходимо определить оптимальный баланс между всеми основными элементами структуры производства и потребления с целью обеспечения бесперебойного энергоснабжения всех потребителей. При этом следует отдавать предпочтение механизмам снижения затрат и предотвращения избыточного стимулирования. В идеале должны быть созданы условия одновременно и для роста возобновляемой энергетики, и для ее рыночной интеграции в существующую энергосистему

Процессы замещения, наблюдаемые в странах БСМ, ведут к вытеснению России с энергетического рынка ЕС. Поэтому анализ реальных сценариев энергетического развития, а также исследования прогнозных моделей замещения традиционной энергетики возобновляемой представляются достаточно важными для энергетической политики нашей страны с ее значительным экспортом углеводородной продукции. Результаты исследования могут быть использованы отечественными нефтегазовыми компаниями для своевременной корректировки своих торговых и инвестиционных стратегий.

Выводы

1. Современный этап процессов замещения традиционной энергетики возобновляемой в странах бассейна Северного моря соответствует инновационному сценарию развития мировой энергетики с значительным присутствием характерных черт стагнационного сценария.

2. Планируемые прогнозные исследования стратегии замещения углеводородной энергетики технологической возобновляемой в странах БСМ, являющихся ведущими в энергетике ЕС, могут иметь очень важное значение как с точки зрения анализа перспектив интеграции технологий ВИЭ в европейскую энергетическую систему, так и для своевременной корректировки отечественной энергетической политики.

ЛИТЕРАТУРА

1. BP Statistical Review of World Energy, June 2014. Energy in 2013: Taking stock. URL: http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/speeches/2014/energy_in_2013_taking_stock.pdf

2. Deutsche Bank research, 2010. URL: https://www.dbresearch.com/pics/db2010/dbLettering.gif

3. Financing the Future of Energy. A report for the National Bank of Abu Dhabi by the University of Cambridge and PwC, 2015. URL: http://www.nbad.com/futureofenergy

4. J. Ayre. BNEF: Europe To Invest $1 Trillion Into Renewables By 2030. July 14th, 2014. URL: http://cleantechnica.com/2014/07/14/bnef-europe-invest-1-trillion-renewables-2030/

5. Offshore Wind in Europe / Walking the tightrope to success , Ernst & Young et Associes, 2015. URL: http://www.ey.com/fr

6. REN21 – Renewables 2014/ Global Status Report. Paris. URL: http://www.ren21.net/portals/0/documents/resources/gsr/2014/gsr2014_full%20report_low%20res.pdf

7. Technology Roadmap Solar Thermal Electricity. The International Energy Agency (IEA). URL:http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/TechnologyRoadmapSolarThermalElectricity_2014edition.pdf

8. Stranded assets, fossilized revenues. URL: https://www.keplercheuvreux.com/pdf/research/EG_EG_253208.pdf

9. Анализ приведенной стоимости энергии инвестиционного банка Lazard. URL: http://www.lazard.com/PDF/Levelized%20Cost%20of%20Energy%20-%20Version%208.0.pdf

10. Дешевая нефть может подорвать планы ЕС по использованию альтернативных видов энергии. ТАСС. 28.11.2014. URL: http://tass.ru/ekonomika/1608912

11. Renewable Power Generation Costs in 2014, International Renewable Energy Agency (IRENA), 2015. URL: http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA _Off-grid_Renewable_Systems_WP_2015.pdf

12. Мировая энергетика – 2050 (Белая книга) / под ред. В.В. Бушуева, В.А. Каламанова. М.: Энергия, 2011, 360 с.

13. Меден Н.К. Интеграция возобновляемой энергетики. Опыт Германии // Энергия: техника, экология, экономика, №№ 4, 5, 6. 2014.

14. Bringing Variable Renewable Energy Up to Scale, Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP) (94940) & The World Bank, 2015, p. 85. URL::https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/21629/ESMAP_Bringing%20Variable%20Renewable%20Energy%20Up%20to%20Scale_VRE_TR006-15.pdf

15. Официальный сайт Всемирного банка. URL: http://www.worldbank.org/

16. Горлов А.А. Экономика возобновляемой энергетики стран бассейна Северного моря // Энергия: техника, экология, экономика, № 5, 2014. С. 2-12.

Поступила в редакцию
26.06.2015 г.

A. Gorlov[4]

REPLACEMENT PROCESSES OF TRADITIONAL POWER GENERATION RENEWABLE ENERGETICS IN COUNTRIES THE NORTH SEA BASIN

The last years are characterized by a significant increase in prices and the depletion of traditional hydrocarbon energy that helps to activate the intensive development of renewable energy. European Union set a goal of «20-20-20», which implies reduction of carbon dioxide emissions by 20%, increase of the share of renewable energy sources (RES) in final energy consumption to 20% by 2020. The processes of interaction between traditional and alternative energy play an important role as well as determination of the optimal balance between the various sources of energy to ensure national energy security.

Key words: traditional energy, renewable energy, hydrocarbon resources of the country BSM (North Sea), the European Union, replacement processes.

[4] Anatoly A. Gorlov – PhD student, faculty of world Economics NRU HSE, *e-mail:* anatolygorlov@yahoo.com.

ПАМЯТИ
АНАТОЛИЯ ФЕДОРОВИЧА ДЬЯКОВА

12 августа 2015 г. на 79-м году жизни после тяжелой непродолжительной болезни скоропостижно скончался **Анатолий Федорович Дьяков** – выдающийся руководитель отечественной энергетики, крупный государственный деятель, видный учёный-энергетик, известный в России и за рубежом, активный деятель мирового энергетического сообщества, профессор, доктор технических наук, член-корреспондент Российской академии наук, заведующий кафедрой «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» НИУ МЭИ;

Президент, Председатель научно-технической коллегии НП «НТС ЕЭС», Президент Электроэнергетической ассоциации «Корпорация Единый электроэнергетический комплекс», член Совета директоров ПАО «Россети», ПАО «СО ЕЭС», ПАО «ФСК ЕЭС»;

Лауреат Государственной премии России в области науки и техники 1996 г., премии Президента РФ в области образования 1998 г., премии Правительства РФ в области науки и техники 2003 г., Почётный энергетик СССР, Заслуженный энергетик РФ, Заслуженный работник Единой Энергетической системы России;

Кавалер орденов Трудового Красного Знамени и Октябрьской Революции, а также орденов Дружбы и Почёта, ордена «За заслуги перед Отечеством» IV степени.

Выражаем глубокое соболезнование родным и близким Анатолия Федоровича Дьякова…

Вечная ему память!

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

1. На первой странице статьи необходимо указать: индекс УДК (над заголовком статьи слева), имя, отчество, фамилию автора, название статьи. В статье должна быть аннотация — не более 400–600 печатных знаков с пробелами и перечень ключевых слов.

2. Статьи должны быть структурированы. Рекомендуется стандартная рубрикация разделов: введение, постановка проблемы (задачи исследования); основная часть — обсуждение проблемы; заключение (выводы).

Текст предоставляется в распечатанном виде и на электронном носителе. Текст должен быть распечатан шрифтом Times New Roman, 12 кегля, через 1,5 интервала, с полями по 2 см сверху, снизу, слева и справа. Страницы должны быть пронумерованы снизу справа. Объем статьи — 10–15 стандартных страниц и 2–3 рисунка (сюда же входят таблицы и список литературы).

3. Таблицы предоставляются в тексте статьи, через 1,5 интервала, кегль 11.

4. Нумерация формул (сплошная по всей статье) указывается в скобках (в порядке возрастания) цифрами (1, 2 и т.д.) с правой стороны (в правый край набора).

5. Иллюстрации предоставляются в тексте статьи в электронном виде. На рисунках нужно избегать лишних деталей и надписей (надписи необходимо заменять цифрами или буквами, разъяснение которых дается в подрисуночных подписях или в тексте). Линии на рисунках должны быть четкими (5–6 pix), ширина рисунков не должна превышать 140 мм, высота — 200 мм. Шрифт буквенных и цифровых обозначений на рисунке — Times New Roman (9–10 кегль). Рисунки должны быть черно-белыми, с разными типами штриховки (с размером шага, позволяющим дальнейшее уменьшение).

6. Подрисуночные подписи предоставляются в тексте статьи, через 1,5 интервала, кегль 12.

7. Список литературы приводится в конце статьи, имеет сплошную нумерацию арабскими цифрами. По тексту статьи даются ссылки на номер в квадратных скобках: [1]. Библиографическое описание дается в следующем порядке: фамилия, инициалы автора (авторов), полное название монографии, место издания, издательство, год издания; для периодических изданий — фамилии, инициалы авторов, название статьи, название журнала, год выпуска, том, номер, страницы.

8. После списка литературы необходимо указать сведения об авторе (авторах): должность, ученую степень, звание, e-mail (если нет — контактный телефон).

9. Рукописи авторам не возвращаются.

10. Плата за публикации не взимается.

Благодарим за соблюдение наших правил и рекомендаций.