

Садриев А.Р.,

доцент кафедры инноваций и инвестиций

Казанского (Приволжского) федерального университета,

кандидат экономических наук

ПЕРСПЕКТИВЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Определение долгосрочных перспектив технологического развития электроэнергетики является одной из наиболее актуальных проблем, широко обсуждаемой в настоящее время во многих странах мира. Особый интерес к ней стал складываться в последние годы в связи со снижением мировых запасов углеводородных топлив, усугубляемым постоянно возрастающими потребностями развивающихся стран в энергетических ресурсах, а также усиливающимся воздействием энергетики на экологию [1].

На сегодняшний день высказывается целый ряд различных точек зрения относительно будущего мировой энергетики, многие из которых, порой, диаметрально расходятся между собой. Одни специалисты считают, что зависимость отрасли от ископаемых видов топлива вряд ли удастся преодолеть, что обуславливает направленность научно-технического прогресса в сторону дальнейшего развития широко используемых в настоящее время технологий в области газовой и угольной генерации. Согласно другому мнению общество уже стоит на пороге кардинального

переосмысления места и роли возобновляемых источников энергии, которые при соответствующей законодательной, финансовой, налоговой и иной поддержки со стороны, прежде всего, государства смогут совсем скоро занять место традиционной энергетики.

Между тем, статистика, представленная Мировым энергетическим агентством (МЭА) свидетельствует о несущественном изменении к 2030 г. сложившейся к настоящему времени структуры топливного баланса в мировом производстве энергии. Углеводородные топлива, включая природный газ, нефть и уголь, в ближайшие 20 лет могут сохранить свое значение, что позволяет говорить о том, что совершенствование традиционных энергетических технологий по-прежнему будет оставаться одним из приоритетных направлений в инновационном развитии мировой энергетики.

При этом наиболее перспективными среди них следует назвать, прежде всего, угольные системы надкритического и сверхнадкритического парового цикла, технологии сжигания топлива в жидком и псевдожидком слое, а также технологии комбинированного парогазового цикла и комбинированного цикла газификации. По мнению экспертов динамика развития указанных энергетических технологий будет в определенной степени отличаться в разных странах, что объясняется различным уровнем их обеспеченности первичными энергетическими ресурсами, стоимостью этих ресурсов, а также требованиями национальных законодательств в области защиты окружающей среды.

Следует отметить, что масштабность задачи технологического развития мировой электроэнергетики подтверждают данные двухлетних исследований Международного энергетического агентства, в результате выполнения которых были выделены основные приоритеты инновационной деятельности в отрасли и определены объемы инвестиций, необходимые для их разработки (табл. 1).

Таблица 1. Затраты на исследования и разработки по основным классам ключевых технологий в энергетике, трлн долл. США [2]

Ключевые технологии в энергетике	Исследования и разработки	
	1*	2*
ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	3,2–3,8	3,9–4,5
Атомные электростанции	0,6–0,75	0,6–0,75
Ветровые электростанции	0,6–0,7	0,6–0,7
Угольные установки с суперсверхкритическими параметрами пара	0,35–0,4	0,35–0,4
Парогазовые электростанции с внутрицикловой газификацией угля	0,35–0,4	0,35–0,4
Парогазовые электростанции с газификацией биомассы	0,1–0,13	0,1–0,13
Преобразователи солнечной энергии в электрическую	0,2–0,24	0,2–0,24
Концентраторы солнечной энергии	0,3–0,35	0,3–0,35
Улавливание и захоронение CO ₂ на тепловых электростанциях	0,7–0,8	1,3–1,5
СООРУЖЕНИЯ, ЗДАНИЯ	0,32–0,42	0,32–0,42
Энергоэффективные здания и бытовые приборы	Н/д	Н/д
Тепловые насосы	0,07–0,12	0,07–0,12
Солнечное отопление и нагрев воды	0,25–0,3	0,25–0,3

Ключевые технологии в энергетике	Исследования и разработки	
	1*	2*
ТРАНСПОРТ	0,26–0,3	7,6–9,2
Энергоэффективные транспортные средства	Н/д	Н/д
Биотопливо второго поколения	0,09–0,12	0,09–0,12
Электрический и подключаемый к сети	0,17–0,2	4,0–4,6
Транспорт на водородных топливных элементах	Н/д	3,5–4,5
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ	0,7–0,9	1,4–1,7
Улавливание и захоронение CO ₂ в промышленности, производство водорода, синтетического топлива	0,7–0,9	1,4–1,7
Энергоэффективные промышленные двигатели	Н/д	Н/д
ИТОГО	4,5–5,4	13,2–15,8

*1 – сокращение эмиссии парниковых газов в 2050 г. до уровня 2005 г. (28 млн т эквивалента CO₂);

2 – сокращение эмиссии парниковых газов в 2050 году до безопасного уровня (14 млн т эквивалента CO₂).

Указанные приоритеты были систематизированы МЭА в рамках 8 классов ключевых технологий по генерации энергии, включающих более 120 позиций, и 9 классов технологий по использованию энергетической продукции, объединяющих почти 170 соответствующих технических решений [2]. При этом для каждого класса технологий были подготовлены, так называемые, «дорожные карты», регламентирующие этапы их освоения в энергетике с указанием сроков и объемов выполнения необходимых для этого НИОКР. В сценариях представленного прогноза в качестве точки отсчета использована величина сокращения различными странами эмиссии парниковых газов к 2050 г. По первому сценарию, предполагающему

сохранение к 2050 г. эмиссии на уровне базового 2005 г. понадобится от 4,5 до 5,5 трлн долларов в инновационные энергетические разработки. Сокращение же к 2050 г. эмиссии вдвое относительно того же 2005 г., что предусмотрено следующим сценарием, может потребовать уже втрое больших затрат. Как следует из представленных данных, в предстоящие 40 лет инвестиции в инновационные энергетические разработки могут достигнуть величины в 15 трлн долларов, что, по оценке директора института энергетических исследований РАН А.А. Макарова, будет почти вдвое превышать затраты на исследования и разработки в военной сфере (при условии сохранения их текущих годовых объемов) [3]. В результате можно будет ожидать существенного снижения удельных капиталовложений в строительство и использование альтернативных источников энергии, которые, наконец, смогут на равных конкурировать с технологиями в области традиционной энергетики (табл. 2).

Таблица 2. Прогноз экономических характеристик электростанций, использующих возобновляемые источники энергии [4]

Тип станции	Инвестиции, долл./кВт			Операционная стоимость, долл./кВт		
	2005 г.	2030 г.	2050 г.	2005 г.	2030 г.	2050 г.
Геотермальные – гидротермальные – в скальных породах	1700-5700 5000-15 000	1500-5000 4000-10 000	1400-4900 3000-7500	33-97 150-300	30-87 80-200	29-84 60-150
Крупные ГЭС	1000-5500	1000-5400	1000-5100	30-120	30-115	30-110
Малые ГЭС	2500-7000	2200-6500	2000-6000	56-140	52-130	49-120
Приливные плотинные	2000-4000	1700-3500	1500-3000	60-100	50-80	45-70

Тип станции	Инвестиции, долл./кВт			Операционная стоимость, долл./кВт		
	2005 г.	2030 г.	2050 г.	2005 г.	2030 г.	2050 г.
Приливные	7000-10 000	5000-8000	3500-6000	150-200	80-100	45-80
Волновые	6000-15 000	2500-5000	2000-4000	200-300	45-90	40-80

Такой масштаб финансовых вложений позволит энергетике стать одной из наиболее динамично развивающихся сфер деятельности, играющей по существу роль движущей силы развития всей мировой экономики. Подтверждением этого может, в частности, служить прогноз известного британского экономиста Николаса Стерна, считающего, что к 2050 г. ежегодный объем рынка технологий и систем, способствующих снижению зависимости отрасли от органических видов топлива, превысит 500 млрд долларов [5]. Уже сейчас во многих странах мира отмечается существенное повышение интереса к энергетическим разработкам, особое место среди которых уделяется именно таким технологиям. На рис. 1 представлена структура бюджетных расходов США в области энергетики, из которых свыше половины приходится именно на безуглеводородные энергетические технологии.



Рис. 1. Бюджетные расходы США в области энергетики, % [6]

Только в 2009 г. в этой стране было выделено около 56 млрд долларов на развитие альтернативной энергетики, большая часть которых была инвестирована в деятельность проектных и исследовательских организаций. Кроме того, в том же году Президентом США Б. Обамой были выделены инвестиции в размере 70 млрд долларов для поддержки традиционной энергетики [7]. Еще более высокими темпами разработки в области инновационных энергетических технологий ведутся в Китае. В 2009 г. его властями была утверждена 10-летняя программа стоимостью около 293 млрд долларов по развитию альтернативных источников энергии, целью которой является достижение ими к 2050 г. доли в 40 % в общем энергетическом балансе страны [8]. Уже сегодня Китай обладает крупнейшими в мире

мощностями в области альтернативной энергетики, сопоставимыми с аналогичными мощностями США и Германии вместе взятых (табл. 3).

Таблица 3. Электрическая мощность энергоустановок на ВИЭ на конец 2008 года, ГВт [9]

Технология	Всего в мире	Развивающиеся страны	ЕС-27	Китай	США	Германия	Испания	Индия	Япония
Ветроэнергетика	121	24	65	12,2	25,2	23,9	16,8	9,6	1,9
Малые ГЭС	85	65	12	60	3	1,7	1,8	2	3,5
Биомасса	52	25	15	3,6	8	3	0,4	1,5	>0,1
Солнечные ФЭ-батареи	13	>0,1	9,5	>0,1	0,7	5,4	3,3	0	2
Геотермальная энергетика	10	4,8	0,8	0	3	0	0	0	0,5
Гелиотермальная энергетика	0,5	0	0,1	0	0,4	0	0,1	0	0
Энергия	0,3	0	0,3	0	0	0	0	0	0
Всего	280	119	102,7	76	40	34	22	13	8

Как заявили в национальном министерстве энергетики, ветряные турбины, геотермальные электростанции и солнечные батареи из вспомогательных источников энергии должны превратиться в основные, что позволит стать Китаю страной, где выбросы углекислого газа будут одними из самых низких в мире [8].

В целом, совокупные инвестиции в технологии альтернативной энергетики во всем мире выросли на 4,7% со 148 млрд долларов в 2007 г. до 155 млрд долларов в 2008 г. Значительный интерес к инвестированию в

инновационные энергетические технологии во многом поддерживаются доходностью этой сферы деятельности. Так, по оценке американского издательского дома Clean Edge прибыль компаний, производящих и продающих биотопливо, оборудование для солнечной генерации и ветрогенерации, увеличилась с 76 млрд долларов в 2007 г. до 115 млрд долларов в 2008 г. [7].

Следует отметить, что по решению глав государств Европейского Союза, принятому во время встречи в середине октября 2008 г., их доля в общей структуре энергетического баланса Европы к 2020 г. должна составить около 20 %, а в прогнозе Международного энергетического агентства на 2050 г. намечено достижение этим показателем значения в 46 %. Такой рост во многом предполагается обеспечить на основе более полной реализации потенциала гидроэнергетики, объемы производства электроэнергии на объектах которой можно в перспективе увеличить в 2,5–3 раза относительно текущего уровня.

По прогнозу Международного энергетического агентства суммарная мощность всех ГЭС в мире может уже к 2050 г. достигнуть величины в 1700 ГВт, что позволит вырабатывать на них 5000–5500 ТВт ч/год при общем техническом потенциале этого вида энергии в 14 000 ТВт ч/год. Все это позволит повысить долю гидроэнергии в структуре мирового энергетического баланса до 16 % и обеспечить ей половину всей выработки, приходящейся на возобновляемые источники энергии. При этом наиболее значительные темпы развития гидроэнергетики будут наблюдаться в Китае,

удерживающем в настоящее время первое в мире по установленной мощности ГЭС (табл. 4) и планирующем к 2020 г. довести их величину до уровня в 260 ГВт, т.е. увеличив относительно 2008 г. более чем на 50 % [4].

Таблица 4. Показатели деятельности гидроэнергетики
в различных странах мира в 2008 г.

	Выработка электроэнергии, млрд кВт ч	Установленная мощность, ГВт	Доля гидроэнергии в общей выработке электроэнергии в стране, %
Китай	585,2	171,5	17,1
Канада	369,5	88,9	61,1
Бразилия	363,8	69	85,5
США	250,6	79,5	5,7
Россия	167	47,2	17,8

Источник: INFOLine

Достижение таких показателей развития гидроэнергетики потребует качественного изменения в технологической, экономической и экологической эффективности используемых в ней технологий и оборудования, включая, прежде всего, разработку низконапорных и прямоточных технологий, создание инновационных систем управления оборудованием и приборами, а также интеграцию гидроэнергетических установок с другими источниками возобновляемой энергии с последующим созданием так называемых, «гибридных» энергетических систем [4].

Следует отметить, что наряду с инновационными технологиями в области альтернативной энергетики все большее значение будут приобретать

технологии атомной энергетики. В настоящее время в мире действуют 439 ядерных реакторов, 53 – находятся на стадии строительства, а 136 проектируются. Кроме того, ведутся активные дискуссии относительно строительства еще 299 реакторов.

С высокой интенсивностью технологии атомной энергетики традиционно развивались, прежде всего, в Японии и Франции. Однако в последнее время значительные усилия в этом направлении предпринимаются Китаем, который в случае реализации намеченных планов уже в ближайшем будущем сможет получить мощности АЭС в три раза превышающие аналогичные мощности Японии и Франции вместе взятых. Уже сейчас на долю этой страны приходится 20 из 53 возводимых атомных реакторов, еще 33 реактора проходят процедуры проектирования, а 90 – рассматриваются в качестве перспективных.

Реальные шаги в части развития атомной энергетики делает и Великобритания, правительство которой заявило о намерении сократить к 2050 г. выбросы парниковых газов на 80 %, через закрытие, прежде всего, экологически неэффективных угольных и газовых электростанций. С целью компенсации выбывающих мощностей в стране планируется ввести в эксплуатацию 10 новых атомных электростанций, совокупные инвестиции в строительство которых должны составить около 84 млрд долларов. Как заявил министр энергетики Великобритании Эд Милибэнд, ядерная энергетика должна стать одним из элементов «триады» электроэнергетики будущего. Уже в 2025 году выработка электроэнергии на АЭС этой страны

должна достигнуть 25 % от общего объема энергетического производства, что будет почти вдвое больше его текущего уровня. Для успешного решения данной задачи в законодательство Великобритании были даже внесены поправки, отменяющие право местных властей на запрещение строительства атомных станций и передающие полномочия в этой сфере исключительно в ведение государственных органов управления [10].

Существенные изменения в отношении к ядерной энергетике происходят и в США, правительство которых впервые за последние 30 лет предоставило кредитные гарантии для возведения на ее территории новых АЭС. В России утверждена программа «Ядерные технологии нового поколения на период 2010–2015 годов и на перспективу до 2020 года», предусматривающая высокие темпы развития в стране атомной энергетики.

Как заявил Председатель Правительства РФ В. Путин, «намечено построить примерно столько же атомных энергоблоков, сколько было создано за всю историю атомного машиностроения в Советском Союзе. Но Советский Союз строил в течение десятилетий, тогда было построено около 30 крупных блоков, а сейчас мы наметили в самое ближайшее время построить 26» [10].

Таким образом, уже к 2020 г. мировые мощности АЭС могут увеличиться относительно 2008 г. на 54 %, достигнув величины в 560 ГВт. Среди наиболее перспективных направлений развития в этой сфере деятельности следует назвать, прежде всего, модернизацию существующих ядерных реакторов III поколения, создание легководородных реакторов IV

поколения, реакторов на быстрых нейтронах, реакторов с шаровой засыпкой модульного типа, а также малых модульных свинцово-висмутовых быстрых реакторов, работающих в замкнутом ядерном цикле в режиме топливного самообеспечения.

Таким образом, анализ перспективных направлений инновационных разработок в электроэнергетике позволяет сделать вывод о предстоящем изменении технологических основ функционирования отрасли, которые будут связаны не только с развитием традиционных для нее технологий, но и использованием в деятельности энергетических систем передовых достижений научно-технического прогресса из целого ряда других отраслей. Так, по данным исследования [11], в ближайшей перспективе следует ожидать «информатизации» электросетей, предполагающей формирование системы электронных сенсоров и наносенсоров контроля и управления энергетическими потоками, а также создание интерактивных систем «потребитель энергетической продукции – ее поставщик». Широкое использование таких систем будет способствовать значительному снижению потерь энергии при ее транспортировке и потреблении, что позволит сократить энергоемкость бытового и промышленного секторов, а также повысить эффективность функционирования самой электроэнергетики, через снижение объемов избыточной генерации.

Высокими темпами будет происходить освоение новых материалов как для решения задач в области энергосбережения и энергоэффективности, так и для обеспечения высокой эффективности процессов генерации энергии и ее

передачи (сверхпроводники, специальные сплавы и т.д.). Значительным потенциалом в этом отношении обладают нанотехнологии, которым можно найти применение в создании фотоэлектрических устройств, а также углеродных нанотрубок со сверхнизким сопротивлением для систем электропередачи. Особое внимание в настоящее время также уделяется биотехнологиям, использование которых может внести определяющий вклад в решение проблемы получения специальных сортов растительной продукции, необходимой для производства биотоплива.

В целом, энергетические системы будущих поколений ожидает широкий выбор самых разнообразных технологий генерации, передачи и использования энергии, конкретный набор которых будет определяться, прежде всего, спецификой и требованиями потребителей. Так, бытовые нужды по отоплению и освещению могут удовлетворяться как через использование централизованных систем энергоснабжения, так и на основе применения, например, тепловых насосов, биотопливных конвертеров, фотоэлектрических элементов. Совмещение всех этих технологий позволит реализовать на практике модель функционирования локальных и микроэнергетических генерирующих и распределительных сетей, где даже отдельное домашнее хозяйство сможет стать одной из ячеек, генерирующей, аккумулирующей и передающей в случае необходимости другим элементам системы необходимую электроэнергию. В этом случае классическая централизованная технологическая структура электроэнергетики может

уступить место высокоэффективным, гибким и надежным распределенным энергетическим системам [11].

Эффективная реализация указанных направлений перспективного развития электроэнергетики предопределяет необходимость внесения существенных корректив в практику управления инновационными процессами в отрасли. Широта и межотраслевой характер инновационных разработок, сопровождающиеся высоким уровнем сложности, капиталоемкости и общественной значимости их проведения предопределяют необходимость консолидации предпринимаемых при этом усилий не только в рамках энергетических компаний или даже национальных энергетических систем, но и в глобальных масштабах.

1. *Мельник А.Н., Анисимова Т.Ю.* Зарубежный опыт управления энергетическими затратами // Проблемы современной экономики. – 2008. № 4. – С. 124–128.
2. *Energy Technology Perspectives. Scenarios & Strategies to 2050.* International Energy Agency. Paris. – 2008.
3. *Макаров А.А.* Научно-технологические прогнозы развития энергетики России // Академия энергетики. – 2009. – №2 – С. 4–12.
4. *Федоров М.П., Огороков В.Р., Огороков Р.В.* Энергетические технологии XXI столетия: тенденции развития. Часть II. Энергетические технологии производства энергии, использующие возобновляемые энергетические ресурсы // Академия энергетики. – 2009. – №4 – С. 4–19.

5. *Медовников Д., Оганесян Т.* Ничего лишнего // Эксперт Online: электронный журнал. – URL: <http://www.expert.ru>, свободный.
6. *Рубанов И.* Спирт бензину не товарищ // Эксперт Online: электронный журнал. – URL: <http://www.expert.ru>, свободный.
7. Ветродоллары могут прилететь на смену традиционным // Коммерсантъ Санкт-Петербург. – 2009. – №240(4295). – URL:<http://www.kommersant.ru/>, свободный.
8. Китайское энергосбережение // Эксперт Online: электронный журнал. – URL: <http://www.expert.ru/>, свободный.
9. *Салыгин В.И., Акимова М.А.* Современное состояние возобновляемой энергетики // Академия энергетики. – 2009. – №6 – С. 64–67.
10. Ставка на атом // Эксперт Online: электронный журнал. – URL: <http://www.expert.ru/>, свободный.
11. Инновационные процессы в энергетическом комплексе: зарубежный опыт и российские проблемы / под ред. А.А. Дынкина, Н.И. Ивановой. – М.: ИМЭМО РАН, 2007. – 103 с.