

УДК 33.338.012

Цели и тенденции развития мирового ТЭК и его последствия для российской энергетики

В.Р. Окорокков, Р.В. Окорокков
ФГБОУВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация
E-mail: okorokov@igms.info, roman_okorokov@mail.ru

Авторское резюме

Состояние вопроса: В настоящее время в развитии мирового ТЭК наметилась новая стратегическая тенденция перехода от однообразия к многообразию его развития, включающая совокупность новых целевых задач и широкий спектр энергетических ресурсов и технологий их использования для обеспечения постоянно растущих потребностей человечества в энергии и оказания других энергетических услуг, что требует их анализа и применения в российской энергетике. Выбор рациональной стратегии развития национального ТЭК требует учета новых возможностей и нивелирования соответствующих рисков. Основным механизмом реализации стратегии его развития должны являться постоянные инновационные изменения в технологиях производственных процессов и в системах управления энергетикой, а также разработка новой стратегии развития национальной энергетики на перспективу.

Материалы и методы: Используются данные прогнозов ряда международных организаций (МЭА, ВР, IIASA и др.) и комплексных программ развития энергетики разных стран. Проведение исследований базировалось на системном подходе, методах анализа и синтеза, статистическом методе и методе экспертных оценок.

Результаты: Проведен анализ развития мирового ТЭК на перспективу, который показал, что глобальный спрос на первичные энергоресурсы возрастет к 2035 году более чем на треть. Отмечено, что спрос на нефть достигнет 99,7 млн барр/день в 2035 г. по сравнению с 87,4 млн барр/день в 2011 г.; спрос на уголь вырастет на 21%, на природный газ – на 50 %. Показано, что доля интенсивно развивающихся ВИЭ в производстве электроэнергии возрастет с 20 % в настоящее время до 31 %, а доля атомной энергетики будет снижаться из-за изменений в энергетической политике многих стран после аварии на АЭС «Фукусима-1». Установлено, что реализация новых целевых задач потребует 37,4 трлн долл. инвестиций в мировую энергетическую инфраструктуру до 2035 года и несет определенные риски для развития российского ТЭК.

Выводы: Выполненный анализ будущего развития мирового ТЭК позволит наметить рациональные направления развития отечественной энергетики и повысить ее эффективность и конкурентоспособность на энергетических рынках.

Ключевые слова: топливно-энергетический комплекс, энергоресурсы, спрос и предложение, энергетические технологии, энергоэффективность, энергосбережение.

Goals and Trends of Global Fuel and Energy Complex Development and Its Consequences for the Russian Power Industry

V.R. Okorokov, R.V. Okorokov
St. Petersburg State Politechnical University, St. Petersburg, Russian Federation
E-mail: okorokov@igms.info, roman_okorokov@mail.ru

Abstract

Background: A new trend is being observed now in the world fuel and energy complex (FEC): transition from uniformity to diversity of the complex development including a number of new goals and a wide range of energy resources and technologies of their use that can help us meet our constantly increasing demand in energy and energy services which makes it necessary to analyze the resources and technologies and apply them to the Russian power industry. The choice of a rational strategy of the national FEC development includes taking into account new opportunities and minimizing the respective risks. The main mechanism of implementation of its development strategy should be regular innovative changes in production technologies and power industry management systems as well as elaboration of a new strategy of the national power industry development.

Materials and methods: We used the forecasts from a number of international organizations (IEA, BP, IIASA and others) and complex programs of power industry development of different countries. The research was based on the system approach, methods of analysis and synthesis, statistical and expert evaluation methods.

Results: The analysis of the world FEC future development has shown that the global primary energy demand will rise by over one-third in the period before 2035. Oil demand is predicted to reach 99,7 mb/d in 2035, up from 87,4 mb/d in 2011. Coal demand is expected to rise by 21 % and natural gas by a remarkable 50 %. Renewables are being deployed rapidly; their share of generation will increase from 20 % today up to 31%, while nuclear power share is predicted to decrease due to policy moves following Fukushima. These trends call for \$37,4 trillion of investment in the world's energy supply infrastructure to 2035 and have certain risks for the Russian FEC development.

Conclusions: The analysis of the future development of the world FEC will help to outline the rational directions of development of the domestic power industry and increase its efficiency and competitiveness on energy markets.

Key words: fuel and energy complex, energy resources, demand and supply, energy technologies, energy efficiency, energy saving.

В настоящее время в развитии мирового топливно-энергетического комплекса (ТЭК) наметилась новая стратегическая тенденция, которую можно определить как *стратегию перехода от однообразия к многообразию его развития* в количественном и качественном понимании этого слова. При этом *под многообразием развития ТЭК* понимается, с одной стороны, растущая совокупность целевых задач, требующих реализации, а с другой, широкий спектр возможных энергетических ресурсов и технологий их использования для удовлетворения потребностей человечества в энергии.

Постоянно растущие потребности человечества в энергетических ресурсах для обеспечения своей производственно-хозяйственной деятельности требуют изменений существующих тенденций развития энергетических систем в направлении доступного, надежного, безопасного и экологически чистого предоставления потребителям конечных энергоносителей и оказания других энергетических услуг. Это подразумевает решение следующих целевых задач, которые актуальны уже сегодня, а в будущем их актуальность будет возрастать [1]:

- предоставление доступных энергетических услуг для благополучия 7 млрд людей, живущих сегодня, и 9 млрд, прогнозируемых к 2050 г.;

- улучшение условий жизнедеятельности и увеличение экономических возможностей, в первую очередь, для 3 млрд людей, использующих сегодня твердое топливо для приготовления пищи, и для 1,4 млрд людей, вообще не имеющих доступа к электричеству;

- повышение энергетической безопасности для всех национальных государств, регионов и их объединений;

- снижение эмиссий парниковых газов от мирового ТЭК до уровня, не превышающего более чем на 2°C преиндустриального значения глобального потепления Земли;

- уменьшение внутренних и внешних эмиссий парниковых газов при использовании топлива в домашних условиях и их негативных влияний на здоровье людей;

- снижение других вредных эффектов и соответствующих рисков, присущих современным энергетическим системам, в целях повышения экономического процветания человечества.

Существенные изменения требуются в мировом и национальных ТЭК, чтобы реализовать указанную совокупность стратегических задач и наметить тенденции рационального

развития мировой энергетики в средне- и долгосрочных перспективах.

Практически до становления технологического уклада индустриальной экономики в распоряжении человечества находились только два вида энергетических ресурсов: ежегодно создаваемая биомасса как продукция солнечного фотосинтеза, объем которой в десятки раз превышает годовую потребность человечества в энергии, и механическая энергия прирученных животных [2].

С открытием в средние века каменного угля он становится более востребованным энергетическим ресурсом благодаря более высокой энергоемкости и меньшим затратам при его использовании. Доминирование каменного угля в мировом топливно-энергетическом балансе (ТЭБ) продолжалось до середины 60-х годов XX столетия, а начиная с середины 60-х годов более востребованным энергоресурсом становится нефть (табл. 1) [3], несколько позднее – природный газ (хотя открыт он был раньше нефти).

Появление новых видов энергетических ресурсов в XX веке существенно изменило структуру потребления первичных энергоресурсов в мире: доля потребления угля сократилась с 94,9 % в 1900 г. до 29,5 % в 2000 г., а доля потребления нефти и природного газа увеличилась с 3,7 до 34,1 % и с 1,4 до 26,5 % к концу прошлого столетия соответственно по указанным двум видам энергоресурсов. В дополнение к нефти и природному газу в 1954 г. в мировом ТЭБ появился и новый, нетрадиционный первичный энергоресурс – обогащенный уран, промышленное использование которого позволило получать на базе атомных электростанций (АЭС) наиболее востребованный в настоящее время конечный энергоресурс, каким является электроэнергия, общее потребление которой от АЭС в мире достигло к концу первого десятилетия XXI века 626,3 млн т н.э., что составило 5,2 % общего потребления первичных энергоресурсов в мире (табл. 2) или 13,5 % от суммарного производства электроэнергии в мире в 2010 году, равного 21,43 трлн кВт·ч [4].

Помимо ядерной энергии к концу XX столетия усилилось внимание и к использованию возобновляемых источников энергии (ВИЭ), как традиционного их вида (гидроэнергии), так и нетрадиционных их видов, к которым относятся энергия солнца, ветра, геотермальных вод, биомассы и др., суммарное потребление которых в мире к концу 2012 года составило 237,4 млн т н.э. (рис. 1) [6] или 1,9 % мирового потребления первичных энергоресурсов.

Таблица 1. Структура мирового потребления первичных источников энергии в мире на протяжении XX столетия, млн т н.э.

Год	Всего	В том числе, по видам первичных энергоресурсов				
		Уголь	Нефть	Природный газ	Гидроэнергия	Ядерная энергия
1900	488,0	463,0	18,0	7,0	-	-
1920	1068,0	925,0	101,0	21,0	21,0	-
1940	1754,0	1315,0	309,0	79,0	51,0	-
1950	1775,0	1074,0	470,0	171,0	60,0	-
1960	3025,0	1544,0	951,0	409,0	121,0	-
1970	4927,0	1693,0	2055,0	958,0	207,0	14,0
1980	6237,0	1837,0	2685,0	1285,0	310,0	120,0
1990	7759,0	2245,0	2852,0	1861,0	419,0	382,0
2000	8694,0	2569,0	2964,0	2303,0	455,0	403,0

Таблица 2. Производство и потребление первичных энергетических ресурсов в мире в 2001–2012 годах по их видам, млн т н.э.

Годы	Всего		По видам энергетических ресурсов								
	Произ-водство	Потреб-ление	Нефть		Природный газ		Уголь		Ядер-ная энер-гия	Гидро-энер-гия	ВИЭ
			Произ-водство	Потреб-ление	Произ-водство	Потреб-ление	Произ-водство	Потреб-ление			
2001	9546,7	9434,0	3606,7	3595,6	2237,8	2215,4	2460,2	2381,1	600,8	597,2	54,0
2002	9612,5	9613,9	3587,5	3629,8	2274,5	2271,0	2480,5	2443,2	610,5	598,6	60,9
2003	9967,9	9950,2	2704,5	3702,7	2362,9	2347,0	2668,1	2637,7	598,3	598,4	66,1
2004	10534,8	10449,6	3879,3	3856,6	2426,5	2417,8	2839,2	2839,3	624,9	635,8	75,1
2005	10859,8	10754,5	3916,4	3901,7	2501,0	2497,5	2982,3	2982,3	626,7	662,3	84,1
2006	11177,4	11048,4	3929,2	3944,2	2590,2	2548,9	3139,0	3139,0	635,2	687,2	93,9
2007	11378,8	11347,6	3928,8	4005,0	2654,0	2645,8	3267,3	3267,3	621,8	700,4	107,3
2008	11666,4	11492,8	3965,0	3987,3	2750,5	2712,0	3324,1	3324,1	619,0	727,7	122,7
2009	11552,1	11391,3	3869,3	3908,9	2667,4	2643,7	3346,6	3346,6	614,1	737,5	140,6
2010	12109,5	11977,8	3945,4	4031,9	2866,7	2843,1	3532,0	3532,0	626,3	778,9	165,5
2011	12491,5	12274,6	3995,6	4031,9	2954,8	2905,6	3724,3	3724,3	599,3	791,5	194,8
2012	12626,6	12476,6	4118,9	4130,5	3033,5	2987,1	3845,3	3730,1	560,4	831,1	237,4

* Составлена по данным [5], [6].

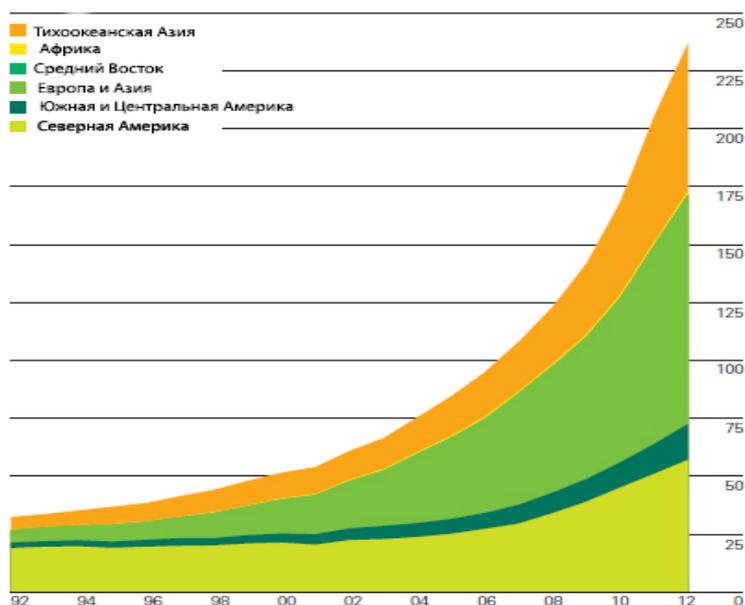


Рис. 1. Динамика потребления нетрадиционных видов ВИЭ по регионам мира в 1992–2012 гг.

Анализ данных (табл. 1, 2 и рис. 1) свидетельствует о том, что потребление всех видов используемых первичных энергоресурсов в мире непрерывно растет. Обусловлено это, в первую очередь, ростом численности населения и интенсификацией производственно-хозяйственной деятельности людей, интегральными измерителями которой являются мировой валовый внутренний продукт (ВВП), а также объемы инвестиций в формирование технологического потенциала производственных процессов их деятельности (табл. 3) и структуры потребностей людей в современном урбанизированном мире, в числе которых преобладают потребности социального и экологического характера. Однако темпы роста потребления разных видов энергоресурсов существенно отличаются друг от друга. Так, наиболее высокий темп роста в последние годы (2001–2012 гг.) характерен для нетрадиционных видов ВИЭ, потребление которых увеличилось в 4,4 раза; далее следуют уголь и гидроэнергия, потребление которых выросло в 1,57 и 1,4 раза соответственно. За ними следуют природный газ и нефть с темпами роста соответственно в 1,35 и 1,15 раза [6]. При этом темп роста использования ядерной энергии за 2001–2012 гг. снизился на 6,7 %, что свя-

зано с политикой сдерживания эксплуатации и строительства новых АЭС в ряде стран мира. Такая политика вызвана непрофессиональными дебатами общественности некоторых государств относительно их безопасности, к сожалению подкрепляемыми случающимися на АЭС авариями (на АЭС «Три-Майл-Айленд» в США в 1979 г., на Чернобыльской АЭС (СССР) в 1986 г. и на АЭС «Фукусима-1» (Япония) в 2011 г.).

Однако технологический потенциал современных АЭС, их надежность и безопасность, экономические и экологические показатели не ниже, а во многих случаях и выше, чем на существующих электростанциях, использующих традиционные и нетрадиционные энергоресурсы. Практический опыт эксплуатации АЭС в странах, где их доля в производстве электроэнергии превышает 50 % (в Бельгии, Франции и др.), а также новейших разработок реакторов третьего и четвертого поколений, обладающих существенно большей надежностью и безопасностью, позволяет говорить о том, что использование человечеством ядерной и термоядерной энергии по мере перманентного научно-технического прогресса будет возрастать.

Таблица 3. Динамика основных макроэкономических показателей развития отдельных стран, их групп и в мире в целом в течение 2001–2010 гг.

Страны и их группы	Население, млн чел.			ВВП на душу населения, тыс. дол. США**			Рост инвестиций в основной капитал, % в год			Предложение первичной энергии, млн т н.э.		
	2001 г.	2005 г.	2010 г.	2001 г.	2005 г.	2010 г.	2001 г.	2005 г.	2010 г.	2001 г.	2005 г.	2010 г.
Австралия	19,41	20,39	22,29	29,07	34,88	40,79	9,0	9,3	4,1	105,8	114,2	124,7
Канада	31,02	32,24	34,11	29,33	35,10	39,05	4,0	9,3	10,0	247,9	272,2	251,8
Финляндия	5,18	5,24	5,36	26,53	30,70	36,30	2,9	3,6	1,9	33,1	34,3	36,4
Франция	59,47	61,18	62,96	26,61	29,55	34,25	2,5	4,4	1,2	260,3	270,6	262,3
Германия	82,35	82,47	81,77	26,70	31,11	37,43	-3,3	0,8	5,5	346,7	338,3	327,4
Италия	56,97	58,61	60,48	27,27	28,28	31,91	2,7	1,3	2,1	172,1	183,9	170,2
Япония	127,29	127,76	128,05	26,56	30,44	33,78	-2,1	0,8	-0,2	510,8	520,5	496,8
Ю.Корея	47,35	48,13	49,41	18,15	22,78	28,79	0,3	1,9	5,8	191,0	210,2	250,0
Испания	40,72	43,40	46,07	22,57	27,39	31,90	4,8	7,1	-6,3	125,0	141,9	127,7
Великобритания	59,10	59,40	61,34	27,56	32,73	35,68	2,7	2,4	3,1	223,8	222,4	202,5
США	284,97	295,51	309,33	35,86	42,41	46,58	-1,1	5,3	1,8	2230,8	2318,9	2216,3
ЕС-27	484,21	492,17	501,79	23,04	26,86	31,78	6,8	3,5	0,2	1725,0	1779,7	1714,3
ОЭСР	1158,22	1189,54	1229,69	25,18	29,57	33,97	-0,9	4,6	2,5	5273,8	5515,1	5405,9
Бразилия	173,80	183,38	193,25	7,35	8,60	11,23	-	-	-	190,7	215,2	265,6
Китай	1277,90	1307,59	1341,35	2,60	4,1	7,52	-	-	-	1202,1	1750,2	2417,1
Индия	1071,37	1140,04	1224,61	1,58	2,15	3,33	-	-	-	464,5	539,3	692,7
Индонезия	216,20	227,30	239,87	2,55	3,20	4,39	6,5	10,9	8,5	159,4	180,5	207,8
Россия	146,16	143,84	142,96	7,33	11,82	19,83	10,9	10,2	6,4	626,0	651,7	701,5
ЮАР	45,39	47,79	50,13	6,89	8,65	10,49	2,8	11,0	-3,7	112,4	128,2	136,9
В мире в целом	6200,0	6506,65	6895,89	-	-	-	-	-	-	10172,8	11510,4	12717,2

* Составлена по данным OECD Factbook (2013) [4].

** В текущих ценах и по паритету покупательной способности национальных валют.

Разные темпы роста потребления указанных источников первичной энергии приводят к существенному изменению структуры их использования в мировом ТЭБ. Так, по состоянию на конец 2012 г. *нефть* является наиболее востребованным первичным энергоресурсом, доля которого составляет 33,1 % в мировом балансе потребления энергии. По прогнозу МЭА спрос на нефть в мире в 2035 г. составит в среднем 99,7 млн барр/день против 87,4 млн барр/день в 2011 г., т. е. увеличится в 1,14 раза, а ее цена вырастет до 125 дол. за баррель (в ценах 2011 г.) [7]. При этом высокая востребованность нефти объясняется ее спросом в качестве энергоресурса не столько для производства конечных видов энергии (электроэнергии и тепла) в электроэнергетическом секторе мирового ТЭК, сколько для получения ее вторичных продуктов, используемых в других секторах экономики, для получения тепловой энергии, например, в транспортном секторе и в сельском хозяйстве, а также в других сферах деловой активности людей (в нефтехимической, пищевой, медицинской и др.).

По прогнозам ряда международных организаций (МЭА, ВР и др.), в будущем спрос на традиционную нефть будет постепенно сокращаться вследствие меньшей временной обеспеченности ее промышленных запасов, по сравнению с другими видами энергоресурсов (рис. 2) [7], и заменяться другими видами энергоресурсов, запасы которых существенно выше: углем, природным газом (традиционными и нетрадиционными его видами) и другими, в том числе и *нетрадиционной нефтью* (получаемой из тяжелых ее формаций – сланцев, битуминозных песков и других ресурсов), промышленные и потенциальные запасы которой превышают соответствующие запасы традиционной нефти (табл. 4) [1]. По оценке МЭА, потенциальные запасы нефти, технически возможные к добыче, оцениваются в 5900 млрд барр., из которых 2678 млрд барр. приходится на традиционную нефть, а остальные – на нетрадиционные ее виды (сланцевые, экстратяжелые, битумы, керогенные и др.) [6].

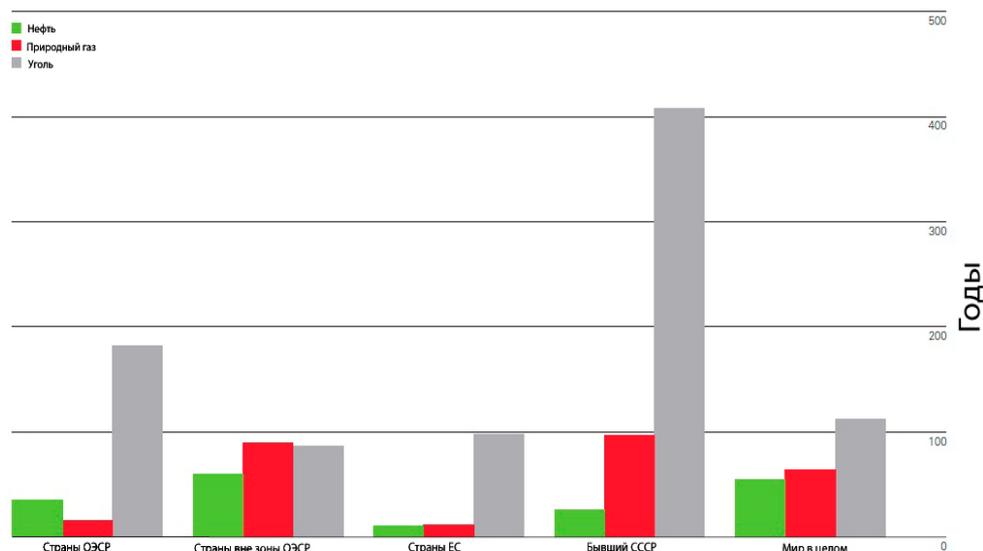


Рис. 2. Временная обеспеченность трех наиболее востребованных энергоресурсов в отдельных регионах мира

Таблица 4. Промышленные и потенциальные запасы ископаемых видов энергоресурсов, EJ

Энергоресурс	Накопленное производство до 2005 г.	Производство в 2005 г.	Промышленные запасы	Потенциальные запасы	Дополнительные месторождения
Традиционная нефть	6069	147,9	4900–7610	4170–6150	-
Нетрадиционная нефть	513	20,2	3750–5600	11280–14800	>40000
Традиционный газ	3087	89,8	5000–7100	7200–8900	-
Нетрадиционный газ	113	9,6	20100–67100	40200–121900	>1000000
Уголь	6712	123,8	17300–21000	291000–435000	-
Традиционный уран	1218	24,7	2400	7400	-
Нетрадиционный уран	34	н/д	-	7100	>2600000

Примечание: 1 т нефти = 1124 м³ газа = 1,429 т у.т. = 41868 MJ

Благодаря развитию технологий производства нетрадиционной нефти, в США поставки нефти на собственный внутренний рынок увеличились с 5 млн барр/день в 2005 г. до 6,5 млн барр/день в 2012 г., а в перспективе при определенных условиях (государственные субсидии, налоговые льготы и др.) США могут значительно снизить зависимость от внешних поставок и даже стать экспортером нефти и нефтепродуктов [8]. При этом существенную роль в росте производства нетрадиционной нефти имеют технологии добычи *сланцевой нефти*, промышленные запасы которой в мире оцениваются величиной 345 млрд барр., что составляет 10 % от запасов традиционной нефти. При этом наибольшими запасами сланцевой нефти обладают: Россия (75 млрд барр.), США (58 млрд барр.) и Китай (32 млрд барр.). Однако по данным других экспертов запасы сланцевой нефти оцениваются в 400 млрд т, против 234 млрд т (доказанные запасы) традиционной нефти¹.

Промышленные технологии добычи сланцевой нефти освоены в настоящее время не только в США, где ее добыто около 350 млн т в 2011 г., но и в Канаде, Китае, Аргентине и даже в Эстонии, где в 2008 г. ее было произведено 355 тыс. т. Серьезное внимание к развитию технологий добычи нетрадиционной нефти в настоящее время уделяется и во многих других странах, в частности, в странах за пределами ОПЕК, а также в странах ОПЕК, имеющих богатейшие запасы традиционной нефти. По прогнозу МЭА 2012 г., добыча нетрадиционных видов нефти в течение 2011–2035 г. будет осуществляться более высокими темпами, чем добыча традиционной нефти, а в странах вне зоны ОПЕК добыча последней будет даже понижаться средним темпом – 0,5 % в год (табл. 5). При этом основными видами используемых энергоресурсов в странах, не входящих в ОПЕК, будут нетрадиционные виды нефти (нефтепродукты, получаемые из битуминозных песков (преимущественно в Канаде) и сланцевых формаций), а также производство жидких видов топлива из угля и газа; в странах ОПЕК – нетрадиционные виды нефти из сверхтяжелых ее формаций и жидкое топливо из газа [7]. Также не исключается получение жидкого топлива (биотоплива) и посредством переработки определенных видов растительности.

В России технологии добычи сланцевой нефти только начинают осваиваться (ОАО «Газпромнефть» на баженновской свите Верхне-Салымского нефтяного месторождения).

Вторым по востребованности энергоресурсом в мировом ТЭК в настоящее время является *уголь*, доля которого в мировом балансе потребления энергии в 2012 г. составила

29,9 % [5]. Сегодня в мире уголь преимущественно используется в электроэнергетике для производства электрической и тепловой энергии (65 % общего потребления), в промышленности (27 %) для тепловых процессов, в жилищно-коммунальном хозяйстве (ЖКХ) для отопления зданий, а также в качестве *сырья* для получения жидких углеродосодержащих продуктов, крупномасштабное промышленное производство которых освоено во многих странах, в частности в ЮАР, Китае и др.

По прогнозу МЭА, спрос на уголь в мире в течение 2010–2035 г. будет расти со средним темпом роста 0,8 % в год, однако спрос на уголь в качестве сырья для получения жидких продуктов будет расти с темпом, на порядок выше среднего – 8,2 % в год [7].

Основными потребителями угля в мире в настоящее время являются Китай, США, Индия, страны ЕС, Япония, Россия и др. Однако в страновой структуре потребления угля в мире в последние годы происходят существенные изменения. Вследствие сланцевой революции в США, вызвавшей существенное снижение цены на газ внутри страны, тепловые электростанции, использовавшие уголь, переориентировались на более дешевый сланцевый газ, и соответственно, угольные компании США стали искать новые возможности сбыта более дешевого угля на зарубежные рынки, и в первую очередь на рынки европейских стран. В свою очередь многие электростанции ряда европейских стран (Германия, Нидерландов, Великобритании и др.) увеличили загрузку угольных электростанций и снизили выработку энергии на электростанциях. Этому также способствовало и изменение цен на газ и уголь в Европе за последнее время: с начала 2011 г. по июнь 2013 г. цены на газ возросли более чем на 20 %, а цены на уголь, напротив, снизились почти на 40 % [9]. Более интенсивному спросу на уголь в ближайшей и в отдаленной перспективах будет способствовать и ввод в эксплуатацию новых мощностей угольных электростанций во многих странах ЕС, уже строящихся и планируемых к строительству в ближайшие годы (табл. 6) [9]. Поэтому роль угля, доминировавшего в мировом ТЭК на протяжении XX столетия, по нашему мнению, останется весьма важной и на протяжении XXI столетия, несмотря на существенные негативные влияния продуктов его сгорания на окружающую среду, которые по мере совершенствования технологий добычи, переработки и сжигания угля будут постепенно нивелироваться.

¹ Данные газеты «Ведомости» и Министерства энергетики США.

Таблица 5. Прогноз добычи традиционных и нетрадиционных видов нефти в мире в 2011–2035 гг., млн барр/день*

Добыча нефти по странам	2011 г.	2015 г.	2020 г.	2025 г.	2030 г.	2035 г.	Среднегодовой темп прироста, %
Добыча традиционных видов нефти, в том числе, в странах:	80,6	82,4	82,1	82,0	82,5	83,6	
не входящих в ОПЕК;	45,6	46,4	45,3	43,7	41,9	40,0	-0,5
в странах ОПЕК	35,0	36,0	36,8	38,3	40,6	43,6	0,9
Добыча нетрадиционных видов нефти, в том числе, в странах:	3,9	6,9	9,8	11,5	12,6	13,2	
не входящих в ОПЕК;	3,2	5,6	8,0	9,4	10,1	10,4	5,0
в странах ОПЕК	0,7	1,3	1,8	2,1	2,5	2,8	6,1
Общая добыча традиционных и нетрадиционных видов нефти,	84,5	89,3	91,9	93,5	95,1	96,8	
в том числе, в странах:							
не входящих в ОПЕК;	48,8	52,0	53,3	53,1	52,0	50,4	
в странах ОПЕК	35,7	37,3	38,6	40,4	43,1	46,4	

* Составлена по данным [7].

Таблица 6. Строящиеся и планируемые мощности угольных электростанций в ЕС, МВт

Страна	Данные Мирового института ресурсов					Данные Гринпис
	В процессе строительства	Получившие разрешение	Ожидают разрешения	Анонсированные	Всего	Всего
Болгария	-	-	-	1700	1700	1350
Германия	1880	-	7680	2500	12060	14802
Греция	-	1200	-	-	1200	1650
Венгрия	-	-	-	-	-	400
Италия	-	410	3760	-	4170	4170
Нидерланды	3500	-	-	-	3500	3500
Польша	910	3030	6436	1710	12086	32872
Румыния	-	-	2100	3350	5450	4150
Словения	-	-	-	600	600	600
Чехия	660	925	-	1200	2785	2785
Сумма	6950	5565	19976	11060	43551	66279

Третьим по востребованности энергоресурсом в мировой энергетике в настоящее время является *природный газ*, доля которого в структуре потребления энергии составляет 23,9 % [5]. Спрос на натуральный газ в течение 2011–2035 гг., по прогнозу МЭА, будет постоянно расти (с нынешнего объема потребления, равного 3,4 трлн куб. м до 5,0 трлн куб. м) со средним темпом 1,6 %, более высоким, чем темпы роста спроса на нефть и уголь. Мировые запасы натурального газа вполне достаточны для поддержания прогнозируемого спроса и оцениваются, в соответствии с последними данными, в 790 трлн куб. м, что соответствует обеспеченности им, равной 230 годам при существующих объемах его потребления [7]. Примерно половина прогнозируемого прироста спроса на газ будет приходиться на нетрадиционные его виды, запасы которых в мире оцениваются в 328 трлн куб. м, в том числе 200 трлн куб. м составляют запасы сланцевого газа [6]. При этом большая часть этого прироста будет принадлежать Китаю, США, где его достоверные и потенциальные запасы оцениваются величиной 2327 трлн куб. футов (24,4 трлн куб. футов было потреблено в 2011 г.), и Австралии [8]. Россия обладает наибольшими запасами натурального газа в

мире и останется его экспортером и в 2035 г. Ирак, Бразилия и новый экспортер газа Восточная Африка также усиливают свои позиции на газовом рынке. В России, несмотря на существенные запасы сланцевого газа, его промышленная добыча не осуществляется, что объясняется более высокими издержками добычи сланцевого газа по сравнению с традиционным природным газом, обеспеченность промышленными запасами которого в стране составляет почти 100 лет (рис. 2). Однако статус одной из ведущих энергетических стран в мире, по нашему мнению, не позволяет России находиться в стороне от развития новых технологий добычи энергоресурсов, которые уже определяют экономическую и инвестиционную политику на мировых энергетических рынках.

В совокупности доля трех видов традиционных энергоресурсов в мировом энергетическом балансе 2012 г. составляет 86,9 %, оставляя только 13,1 % для нетрадиционных видов: новых (ядерной энергии) и возобновляемых источников энергии – традиционных (гидроэнергии и биомассы) и нетрадиционных (энергии ветра, солнца, геотермальных вод и др.)

Среди нетрадиционных источников энергии в мировом ТЭБ потребления энергии 2012 г. доля гидроэнергии составила 6,7 %, доля

ядерной энергии – 4,5 %, а доля всех остальных – только 1,9 % [6]. По прогнозу МЭА, мощность АЭС в мире в 2035 г. достигнет 580 ГВт, а выработка электроэнергии на них вырастет с 2756 ТВт·ч в 2010 г. до 4370 ТВт·ч (прирост на 60 %), но доля ядерной энергии в общей генерации электроэнергии несколько снизится с 13 до 12 % [7]. Снижение выработки электроэнергии на АЭС в прогнозируемом периоде объясняется отказом от их эксплуатации в ряде европейских стран (Германии, Швейцарии и др.), а также неопределенностью энергетической политики других стран (США, Японии и др.). Однако на международном форуме «Атомная энергия в XXI веке», организованном Международным агентством по ядерной энергии (МАГАТЭ) и состоявшемся в конце июня 2013 г. в Санкт-Петербурге (Россия), были высказаны более оптимистические прогнозы относительно будущего развития ядерной энергетики в мире. Например, было показано, что в дополнение к 196 действующим сегодня АЭС в мире в ближайшие 20 лет будет построено более 80 новых, из них 69 АЭС будет построено в странах Азии. Заинтересованность в строительстве АЭС на этом форуме выразили и многие развивающиеся страны, для которых электроэнергия от АЭС – это возможность обеспечения устойчивого развития и доступа 60–70 % их населения к современным источникам энергии, а также сохранение климата планеты, так как АЭС, в отличие от ТЭС, относятся к экологически чистым источникам энергии.

В России в 2012 г. на АЭС было произведено 177,3 млрд кВт·ч электроэнергии, что составляет 16 % ее общей выработки в стране. К 2016 г. планируется увеличить долю производства электроэнергии на АЭС до 20 %. В настоящее время в России в эксплуатации находятся 33 атомных реактора и на 5 АЭС строятся 9 новых, более надежных и безопасных атомных блоков.

Более оптимистическая картина представлена в прогнозе МЭА 2012 г. относительно развития *возобновляемых источников энергии* (ВИЭ), в котором просматривается их рост с 1684 млн т н.э. в 2010 г. до 3079 и 3925 млн т н.э. в 2035 г. соответственно в сценарии новых политик и 450². При этом в сценарии новых политик, основном сценарии прогноза МЭА, спрос на традиционную биомассу уменьшается с 751 млн т н.э. в 2010 г. до 687 млн т н.э. в 2035 г., в то время как спрос на новые виды ВИЭ (ветер, солнце и др.) вырастет с 933 млн т н.э. в 2010 г. до 2392 млн т н.э. в 2035 г. практически во всех регионах мира.

² Предполагается, что концентрация парниковых газов в атмосфере Земли не должна быть выше 450 частиц на миллион воздушных, что позволит с 50%-ной вероятностью не допустить глобального потепления более чем на 2°C его прединдустриального уровня.

Благодаря государственной поддержке, падающим затратам на строительство и эксплуатацию энергоустановок, использующих ВИЭ, торговле квотами на выбросы CO₂ и росту цен на ископаемые виды энергоресурсов объемы производства электроэнергии с использованием ВИЭ, по прогнозу МЭА, в период 2010–2035 гг. почти утроятся и достигнут 31 % общего производства электроэнергии в мире. При этом 50 % прироста генерации электроэнергии на основе ВИЭ приходится на гидроэнергию, 25 % – на ветроэнергию и 7,5 % – на солнечную энергию, хотя объемы производства электроэнергии с использованием энергии солнца за этот период возрастут в 26 раз [7]. Также существенно увеличивается и производство биотоплива в прогнозируемом периоде: с 1,3 млн барр/день в 2010 г. до 4,5 млн барр/день в 2035 г., при этом этанол остается доминирующим биотопливом, его производство вырастет с 1,0 млн барр в нефтяном эквиваленте в день в 2010 г. до 3,4 млн барр/день в 2035 г. В целом биотопливо будет покрывать спрос автомобильного транспорта в 2035 г. на 37 % в Бразилии, на 19 % в США и на 16 % в странах ЕС [7].

В России использование ВИЭ (кроме гидроэнергии на водотоках полноводных рек) находится только на начальном уровне: выработка электроэнергии на их основе не превышает 1,0 %. Между тем в стране потенциал ВИЭ огромен: тысячи рек, где экономически целесообразно строительство ГЭС средней и малой мощности, водохранилища которых могли бы удовлетворять потребности не только энергетики, но и сельского хозяйства, ЖКХ, организации отдыха людей и т.п.; огромные свободные площади для строительства ветровых и солнечных электростанций (среднегодовая плотность солнечного излучения в центральной части России составляет 130–210 Вт/м², на севере – 80–130 Вт/м²); гигантские объемы ежегодно прирастающей биомассы, которая не используется и гниет или сгорает, загрязняя окружающую среду и т.д. Использование ВИЭ в регионах страны позволило бы создать сотни тысяч новых рабочих мест и существенно повысить экономический потенциал изолированных и депрессивных регионов.

Для полномасштабного использования ВИЭ в стране нужна государственная поддержка развития технологий и строительства электростанций на основе ВИЭ, экономические меры мотивации и стимулирования инвестиционной предпринимателей.

Растущие объемы потребностей в энергетических ресурсах хозяйствующих субъектов мировой экономики определяют и соответствующие объемы *инвестиций* в развитие мировой энергетической инфраструктуры. По прогнозу МЭА, суммарная величина инвестиций в развитие мирового ТЭК определена в

37,4 трлн дол. США (в ценах 2011 г.) за период 2012–2035 гг.³ или в 1,6 трлн дол. в среднем за год, что соответствует 1,5 % усредненного мирового ВВП к 2035 г. [7]. Наибольшая величина (16,87 трлн дол.) требуется на развитие инфраструктуры (генерации, транспорта и распределения энергии) электроэнергетического сектора, за ним следуют нефтяной (10,24 трлн дол.) и газовый (8,68 трлн дол.) секторы, за ними – угольный (1,22 трлн дол.) и сектор производства биотоплива (0,36 трлн дол.). 60 % инвестиций, требующихся для электроэнергетического сектора мирового ТЭК, пойдут на развитие инфраструктуры использования ВИЭ, хотя прирост их мощностей будет гораздо меньше соответствующего прироста мощностей традиционных электростанций [7]. Соответственно, возрастут и затраты на производство, транспорт и распределение энергии к потребителям.

Возросшие затраты на добычу или производство энергии всех видов и их транспорт к потребителям определяют необходимость повышения эффективности использования энергии во всех производственных процессах и сферах ее применения. При этом под *энергетической эффективностью* понимается экономия энергии для оказания одинакового уровня сервисных услуг или производства товаров, обеспечиваемого исключительно технологическими усовершенствованиями, а не другими мерами, называемыми декомпозиционными: диверсификацией видов топлива или изменением моделей потребления [7].

Социально-экономическое значение повышения энергоэффективности заключается в возможности сокращения спроса на энергию, уменьшения выбросов парниковых газов в атмосферу Земли и повышения экспортных возможностей стран-экспортеров энергии или уменьшения импорта энергоресурсов для стран-импортеров. По прогнозу МЭА (в сценарии новых политик), энергоэффективность, в соответствии с принятыми правительствами ряда государств стратегическими целями инновационного развития, составляет 70 % от снижения глобального спроса на энергию в 2035 г. (1030 млн т н.э.), по сравнению со сценарием существующих стратегий развития, не предусматривающих проведения активной энергосберегающей политики. При этом более половины этой экономии прогнозируется получить в Китае, США, странах ЕС и Японии, доминирующих в глобальном потреблении энергии и в повышении энергоэффективности. Для достижения указанной экономии в энергопотреблении в течение 2012–2035 гг. потребуются вложить 3,8 трлн дол. (в ценах 2011 г.), или в среднем 158 млрд дол. в год. Принятые меры

по повышению энергоэффективности позволят также дополнительно снизить на 68 % эмиссии CO₂, по сравнению со сценарием существующих политик [7].

Однако, несмотря на существенную роль повышения энергоэффективности в снижении спроса на энергию в сценарии новых стратегий прогноза МЭА, экономический потенциал возможной экономии энергии в глобальном масштабе используется лишь частично. В течение прогнозируемого периода 4/5 потенциала в ЖКХ и более 50 % в промышленности еще останется неиспользованным. Поэтому необходимы более строгие меры для полной реализации потенциала энергосбережения и выполнения поставленных экономических и экологических задач и целей безопасного развития мирового ТЭК. В России потенциал энергосбережения экспертами оценивается в 400 млн т у.т., что составляет около 40 % суммарного энергопотребления. В последнее время Правительством страны принят целый ряд нормативных документов по активизации работы в области энергоэффективности и энергосбережения, позволяющих на 35–40 % снизить энергоемкость производства, что также способствует снижению выбросов CO₂ и сохранению благоприятной экологической ситуации ряда регионов. Однако, как и в мировой экономике, потенциал энергосбережения в российской экономике еще далеко не исчерпан, особенно в таких ее секторах, как ЖКХ, промышленность в целом и сам топливно-энергетический сектор.

Наряду с изложенными выше тенденциями и проблемами развития мирового ТЭК, в последние годы весьма актуальной становится и новая проблема, связанная с зависимостью энергетических объектов от наличия *пресной воды*, необходимой для процессов производства электроэнергии, добычи первичных энергоресурсов, их транспорта и переработки, а также для ирригации полей, на которых выращивается сырье для получения биотоплива. Глобальные объемы изъятия воды для энергетического производства в 2010 г. оценивались в 583 млрд куб. м, что составляет 15 % общего изъятия воды мировой экономикой. Из этого объема изъятая свежая вода *чистое водопотребление*, т. е. невозвращенное к ее источникам, составило 66 млрд куб. м. По прогнозу МЭА, в течение 2010–2035 гг. водопотребление возрастет на 20 %, в то время как чистое водопотребление увеличится на 85 %, что объясняется переходом на тепловые и атомные электростанции с более высокой энергоэффективностью, более совершенными системами охлаждения, требующими меньшего изъятия воды, но с большими объемами чистого водопотребления на единицу вырабатываемой электроэнергии, а также возросшими объемами производства биотоплива [7]. Поэтому зависимость от пресной воды становится в на-

³ В эту сумму не включены инвестиции потребителей энергии в развитие их собственной инфраструктуры.

стоящее время *критерием оценки* физической, экономической и экологической возможностей энергетических проектов, среди которых строительство крупных атомных и тепловых электростанций, добыча нетрадиционных видов нефти и газа, например сланцевого газа, добываемого посредством гидроразрыва, и др., требующих интеграции энергетических и водных стратегий. Россия относится к числу стран с богатейшими запасами пресной воды, составляющими от 15 до 70 тыс. куб. м на человека, однако по стране они распределены крайне неравномерно, что также определяет необходимость и важность доступности пресной воды при размещении энергетических объектов в том или ином ее регионе.

Проблема дефицита пресной воды в настоящее время приобрела глобальный характер. Согласно оценкам Всемирного банка, в настоящее время от недостатка воды, пригодной для питья, страдает 21 страна с населением более 600 млн чел., а к 2025 г. число стран с дефицитом воды увеличится до 36 с населением около 1,5 млрд чел. [10]. Поэтому разработку рациональных стратегий развития национальных и мирового ТЭК необходимо осуществлять, учитывая не только технологические, экономические, экологические, но и *социальные* факторы.

Несомненно влияние тенденций развития мирового ТЭК на российскую энергетику. В условиях открытости национальной экономики России, являющейся частью глобальной экономики, любые изменения в мировом ТЭК будут прямо или косвенно сказываться на развитии отечественной экономики, создавая новые возможности, а также вызывая новые угрозы и связанные с ними риски.

К числу новых *возможностей* для России, связанных с новыми тенденциями развития мировой энергетики, по нашему мнению, следует отнести расширение экспорта топливно-энергетических ресурсов при их существенной диверсификации с рынков развитых стран на рынки развивающихся, а также экспорта ядерных и традиционных энергетических технологий и связанного с этим экспорта российского капитала и интеллектуальных ресурсов. В недалеком будущем возможен и экспорт пресной воды, особенно в страны среднеазиатского региона, интерес к этому уже проявляют некоторые страны из числа бывших союзных республик.

Однако новые тенденции развития мирового ТЭК несут гораздо больше угроз, а также экономических, политических и социальных *рисков*, связанных с их проявлением. К числу последних следует отнести следующие:

- *рыночный*, связанный с уменьшением спроса на энергоресурсы, вполне возможен на европейском рынке вследствие интенсивного

развития ВИЭ в целях повышения собственной энергобезопасности стран ЕС;

- *коммерческий*, обусловленный повышением конкуренции среди поставщиков энергоресурсов на энергетических рынках;

- *технологический*, определяемый появлением на энергетических рынках более энергоэффективных технологий и оборудования;

- *экологический*, связанный с введением более строгих экологических норм и стандартов на энергоресурсы и энергетическое оборудование;

- *финансовый*, обусловленный изменением цен на сырье и кредитных ставок на инвестиционные ресурсы;

- *валютный*, связанный с колебаниями курсов национальных валют;

- *политический*, обусловленный изменением политической ситуации в регионах;

- *социальный*, связанный с замедлением социального развития страны или отдельных регионов вследствие нарушения закона пропорционального развития, связанного с чрезмерной ориентацией на экспорт энергетических ресурсов.

Выбор рациональной стратегии развития национального ТЭК требует максимально возможного учета новых возможностей и соответствующего нивелирования рисков. Однако при этом не следует забывать, что основным механизмом реализации такой стратегии являются постоянные инновационные изменения в технологиях производственных процессов, в системах управления и оказания услуг, обеспечивающие технологическое лидерство ТЭК и, соответственно, его конкурентоспособность на региональных и мировом энергетических рынках.

Список литературы

1. **Global Energy Assessment.** Toward a Sustainable Future. Cambridge University Press, Cambridge UK and New York, NY, USA and the International Institute for Applied Systems Analysis. – Laxenburg, Austria, 2012. – 1865 p.
2. **Okorokov V.R.** Energy Consumption and Technological Development // RR-91-1, IIASA. – Laxenburg, Austria, 1990. – 25 p.
3. **Окорок В.Р., Окорок Р.В.** Состояние мирового ТЭК в первом десятилетии XXI столетия // Академия энергетики. – 2013. – № 2(52). – С. 12–21.
4. **OECD Factbook 2013.** Economic, Environmental and Social Statistics. – Paris: OECD Publishing, 2013. – 272 p.
5. **BP Statistical Review of World Energy.** – London: BP p.l.c. SW1Y4PD, UK, June 2012. – 46 p.
6. **BP Statistical Review of World Energy.** – London: BP p.l.c. SW1Y4PD, UK, June 2013. – 46 p.
7. **World Energy Outlook 2012.** – Paris: OECD/IEA, 2012. – 668 p.
8. **Annual Energy Outlook 2013 with Projections to 2040.** US Energy Information Administration. – Washington, D.C.: DOE/EIA-0383(2013), April 2013. – 233 p.
9. **Роль и перспективы угля в современной энергетике** // Энергетический бюллетень. Вып. 3. – М: Аналитический центр при Правительстве РФ, июнь 2013. – 30 с.
10. **Global Trends 2025: A Transformed World.** – Washington, D.C.: NIC, 2008. – 120 p.

References

1. Global Energy Assessment. Toward a Sustainable Future. Cambridge University Press, Cambridge UK and New York, NY, USA and the International Institute for Applied Systems Analysis. Laxenburg, Austria, 2012. 1865 p.
2. Okorokov, V.R. Energy Consumption and Technological Development // RR-91-1, IASA. Laxenburg, Austria, 1990. 25 p.
3. Okorokov, V.R., Okorokov, R.V. Sostoyanie mirovogo TEK v pervom desyatletii XXI stoletiya [The world power industry in the first decade of the XXIst century]. *Akademiya energetiki*, 2013, 2(52), pp. 12–21.
4. OECD Factbook 2013. Economic, Environmental and Social Statistics. Paris: OECD Publishing, 2013. 272 p.
5. BP Statistical Review of World Energy. London, June 2012. 46 p.
6. BP Statistical Review of World Energy. London, June 2013. 46 p.
7. World Energy Outlook 2012. Paris: OECD/IEA, 2012. 668 p.
8. Annual Energy Outlook 2013 with Projections to 2040. US Energy Information Administration. Washington, April 2013. 233 p.
9. Rol' i perspektivy uglja v sovremennoy energetike [Role and prospects for coal in the modern power industry]. *Energeticheskiy byulleten'*. Moscow, Analiticheskiy tsentr pri Pravitel'stve RF, June 2013, issue 3. 30 p.
10. Global Trends 2025: A Transformed World. Washington, 2008. 120 p.

Окорокков Василий Романович,
ФГБОУВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»,
доктор экономических наук, кандидат технических наук, научный руководитель Международной высшей школы
управления, профессор кафедры международных экономических отношений,
e-mail: okorokov@igms.info

Окорокков Роман Васильевич,
ФГБОУВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»,
доктор экономических наук, кандидат технических наук, профессор кафедры экономики и менеджмента
в энергетике и природопользовании,
e-mail: roman_okorokov@mail.ru