

**В.К. Ядыкин**

**АНАЛИЗ РЕАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ СТРАТЕГИЙ  
РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ И РОССИЙСКОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ**

**V.K. Iadykin**

**ANALIS INNOVATIVE STRATEGIES  
OF GLOBAL AND RUSSIAN POWER**

Анализируется текущее состояние мировой и российской электроэнергетики, существующая стратегия развития мировой экономики, не предусматривающая серьезных изменений; рассматриваются две инновационные стратегии их будущего развития на период до 2035 г., ориентированные на существенное повышение энергоэффективности в энергопотребляющих секторах мировой экономики, а также на сохранение климата на Земле; прогнозируется изменение спроса на электроэнергию в мире по стратегиям прогноза, по его регионам, по секторам мировой экономики и основным категориям ее потребителей; рассматриваются возможность производства электроэнергии по видам первичных энергоресурсов и по группам стран, структура перспективного энергетического баланса производства электроэнергии; анализируется состояние генерирующих мощностей по видам электростанций и по срокам их эксплуатации, возможности их будущего развития; анализируются вводимые мощности новых электростанций по видам используемых энергоресурсов и регионам в стратегии, ориентированной на существенное повышение энергоэффективности в энергопотребляющих секторах мировой экономики; прогнозируется динамика роста протяженности транспортных и распределительных сетей; оценивается потребность в инвестициях на развитие мировой и российской электроэнергетики; прогнозируются возможные цены на электроэнергию для потребителей, составляющие оптовых цен в ряде стран, оценивается уровень возможных эмиссий CO<sub>2</sub> как индикатора сохранения климата на Земле. Особое внимание уделяется роли нетрадиционных источников (АЭС и возобновляемых источников энергии) в стратегии существующих трендов в двух инновационных стратегиях развития электроэнергетики, обеспечивающих устойчивое функционирование мировой и российской экономики.

**ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ; СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ; СПРОС И ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ; ГЕНЕРИРУЮЩИЕ МОЩНОСТИ; ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ, ИХ СОСТОЯНИЕ И ПОТРЕБНОСТЬ В НОВЫХ МОЩНОСТЯХ; ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГИЯ И ВИЭ, ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ БУДУЩЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ.**

The present state of the global and Russian electric power industry, which does not envisage major changes and the existing strategy of the world economy development are analyzed in the article. The forecast of innovative strategies of their future development for the period until 2035 are discussed. The demand for electricity as a whole, by regions of the world and its principal consumers on the Earth is considered. Changes in demand for electricity in the world according to strategies prognosis for regions, by sector of the world economy and the major categories of its consumers are projected. Development of electricity generation by types of the primary energy resources and by country groups and the structure of the long-term energy balance of electricity production are covered. The condition of the power plants generating capacities, their lifetime and their development possibilities, production capacity of new power plants, energy use and regional strategy focused on significantly improving energy efficiency in the energy-consuming sectors of the global economy are analyzed. Growth dynamics length of transport and distribution networks length is projected. The need for investment in the development of global and Russian electric power is estimated. Possible electricity prices for consumers, components of wholesale prices in several countries and the level of CO<sub>2</sub> emissions are evaluated. Special attention is paid to the role of the non-traditional energy sources (nuclear power plants and renewable power sources) in the future innovative development of electric power industry for the sustainable development of the world and Russian economy

**ELECTRICAL ENERGY; THE DEMAND AND PRODUCTION OF ELECTRICITY; GENERATION CAPACITIES; POWER PLANTS, THEIR CONDITION AND THE NEED FOR NEW FACILITIES; NUCLEAR ENERGY.**

*Введение.* Электрическая энергия в настоящее время является универсальным энергетическим ресурсом, пригодным для практического использования во всех сферах

и процессах человеческой деятельности. Абсолютная делимость электроэнергии, возможность мгновенной передачи на большие расстояния, высокая эффективность исполь-

зования и экологичность определяют электрическую энергию как наиболее востребованный энергоресурс среди конечных видов энергии, в наибольшей степени оказывающий влияние на результативность производственных процессов и эффективность использования капитала в современной экономике. Поэтому анализу состояния и перспективам развития мировой и национальных электроэнергетических отраслей уделяется повышенное внимание как международными, так и национальными организациями.

*Методика и результаты исследования.*

**1. Степень разработанности проблемы в научной литературе.** Важность проблемы электрификации экономики стран определила повышенное внимание к исследованию роли электрической энергии для их устойчивого экономического развития практически с начала ее широкого промышленного производства. Уже в конце XIX в. ученые-электроэнергетики поняли, что использование электрической энергии является основой бурного промышленного развития таких стран, как Германия, Франция, США и Россия, в которых и началось интенсивное строительство первых электростанций.

С первых дней новой, советской, власти в России началась конкретная реализация идеи широкой электрификации страны. В 1920 г. в новой России была организована специальная комиссия под руководством Г.М. Крижановского для разработки первого народнохозяйственного плана ее развития, названного государственным планом электрификации России – планом РОЭЛРО [1, 2]. Выполнение

плана РОЭЛРО было рассчитано на 15 лет, однако его контрольные показатели были перевыполнены уже к 1928 г. [3]. Страна добилась огромных успехов в развитии электрификации и электровооруженности ее населения (см. табл. 1), несмотря на огромные потери в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.

Как видим, что производство электроэнергии в стране было обусловлено устойчивым развитием всех сфер национальной экономики, что существенно сказалось на существенном росте производительности труда ее работающих. По данным [4] между ростом электровооруженности и производительностью труда в промышленности СССР за период 1928–1960 гг. наблюдалась практически прямая зависимость (табл. 2).

Высокую зависимость роста производительности труда от уровня его электровооруженности показали и более поздние исследования, выполненные в СССР [5]. Так, за 1950–1970 гг. коэффициент парной корреляции между указанными показателями составил 0,9957 [5]. В этот период также была высока и взаимосвязь между ростом производительности труда и его электровооруженности, составившая в СССР и в США более 0,989 [6, 7].

Эта закономерность является основной причиной высоких темпов роста потребления энергии всех видов в мире во второй половине XX в., которая продолжается и в настоящее время (рис. 1), правда с замедляющимся темпом вследствие проводимой интенсивной политики энергосбережения и инновационной практики повышения энергоэффективности в развитых странах мира [7].

Таблица 1

Объем и структура потребления электроэнергии в России и СССР [4]

Показатели	1913	1928	1932	1937	1945	1950	1960
Общая выработка энергии, млрд кВт·ч	1,95	5,1	13,5	36,2	43,3	91,2	292,3
% к итогу	100	100	100	100	100	100	100
В том числе							
промышленность	74,7	66,6	64,0	67,5	65,6	66,6	65,2
транспорт	1,2	2,0	1,9	3,4	3,0	2,8	4,9
городские и сельскохозяйственные потери в сетях и на собственные нужды	5,4	9,7	12,5	12,3	14,5	12,6	12,3
удельное производство на душу населения (кВт·ч)	12,2	33,5	87,0	218,0	250,0	495	1365

Таблица 2

Рост электровооруженности и производительности труда в промышленности СССР за 1928–1960 годы [4]

Показатели	1928	1940	1950	1955	1960
Удельный расход электроэнергии на одного работающего в год, кВт·ч	875	2930	4290	6000	10 200
То же, % к 1928 г.	100	335	490	675	1165
Валовый выпуск продукции в неизменных ценах на одного рабочего в год, % к 1928 г.	100	343	470	679	921

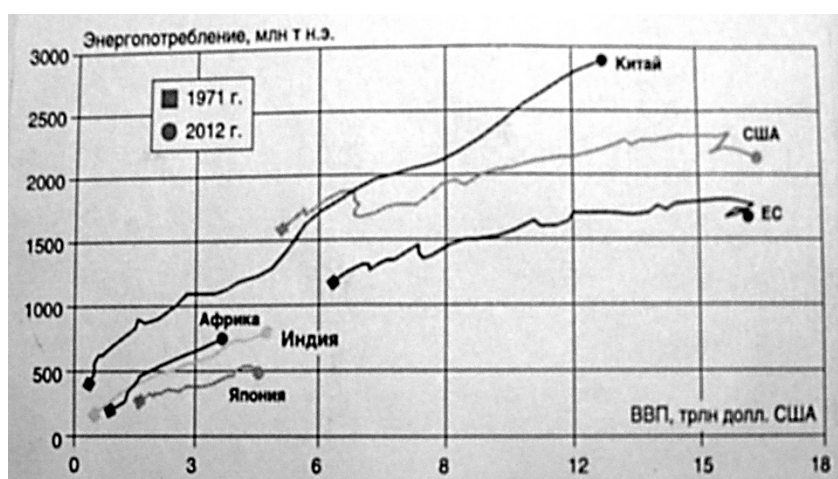


Рис. 1. Фактическая зависимость между энергопотреблением первичной энергии и ВВП отдельных стран в 1990–2012 гг. [7]

Однако продолжающийся рост энергопотребления в больших масштабах в мире вызывает серьезные проблемы не только национального, но и регионального, и глобального характера, среди которых первостепенными являются проблемы ухудшения климата планеты, рост потребности в громадных объемах инвестиций для развития, неравномерность распределения энергоресурсов по странам, в свою очередь, вызывающие также проблемы экономического и социального характера (неравномерность доходов населения, его миграция, напряженность в отношениях стран и др.). Поэтому в последние годы существенно возрос интерес к прогнозированию будущего развития энергетики и его социально-экономических последствий на глобальном [8, 9], страновом [10, 11] уровнях, а также на уровне отдельных компаний [12].

Дадим анализ текущего состояния мировой и российской электроэнергетики и рассмотрим прогнозные инновационные стратегии их будущего развития на период до 2035 г., в основном представленные Международным

энергетическим агентством (МЭА) Организации экономического и социального развития (ОЭСР) [9], а также предложим механизмы их реализации, основанные на нашем видении будущего развития электроэнергетики мира и России.

**2. Параметры прогноза.** Фундаментальным фактором, определяющим развитие электроэнергетики в глобальном или национальных масштабах, является спрос на электроэнергию, который, в свою очередь, зависит от целой совокупности других факторов разного вида: экономических, технологических, социальных и др. Среди них основными являются: численность населения; величина валового внутреннего продукта (ВВП); уровень цен на электроэнергию и доходов населения и хозяйствующих субъектов; доступность первичных энергетических ресурсов и эффективных и экологически чистых технологий их использования и др. Соответственно структура энергетических мощностей, обеспечивающих покрытие спроса на электро-

энергию, будет зависеть от экономических параметров энергетических технологий, цен на топливо и эмиссий CO<sub>2</sub>, условий финансирования строительства электростанций, а также от принятой модели энергетического рынка. В настоящее время в мире существуют две базовые модели электроэнергетического рынка: полностью либерализованный рынок и регулируемый рынок, однако на практике большинство энергетических рынков в мире имеют свойства обеих моделей с преобладанием свойств второго, к которому, в частности, относится и российский электроэнергетический рынок.

Основными параметрами, характеризующими специфику конкретного электроэнергетического рынка, являются принятые модели формирования цены на электроэнергию и мощность, а также условия привлечения инвестиций и политика государств по предоставлению субсидий по его развитию. В зависимости от указанных параметров в последние годы в разных странах мира постоянно меняются приоритеты в развитии электроэнергетического рынка, в первую очередь, касающиеся тенденций спроса на первичные и конечные виды энергоносителей и тенденций развития энергетических технологий.

**3. Спрос на электроэнергию.** Мировой спрос на электрическую энергию в период между 1990 и 2011 г. увеличивался со средним темпом 3,1 % в год и в абсолютном выражении почти удвоился, составив 19 004 млрд кВт·ч в 2011 г. По прогнозу МЭА в период между 2011 и 2035 г. спрос на электроэнергию в мире будет расти более высокими темпами, чем на другие виды конечных энергоносителей, и в абсолютном выражении может составить к концу прогнозируемого периода от 28 256 до 34 454 млрд кВт·ч (см. табл. 3) в зависимости от реализации возможных стратегий будущего развития мировой экономики, принятых МЭА\*.

\* В прогнозе МЭА рассматриваются существующая стратегия (СС), не предусматривающая серьезных изменений, новая стратегия (НС), ориентированная на существенное повышение энергоэффективности в энергопотребляющих секторах мировой экономики, и инновационная стратегия 450, допускающая в атмосфере Земли не более 450 единиц CO<sub>2</sub> на миллион воздушных, при которых ее температура с 50 %-й вероятностью не превысит 2 °C [9].

Спрос на электроэнергию, в первую очередь, зависит от будущего экономического роста, общий уровень которого определяется степенью деловой активности в ключевых электропотребляющих отраслях экономики, в таких как промышленность, жилищно-коммунальный сектор (ЖКС), сервисный сектор и др., а также уровнем электроемкости экономики (ЭЭ) в целом и ее отдельных отраслей и секторов. В случае отсутствия мер по снижению электроемкости мировой экономики глобальный спрос на электроэнергию, в 2035 г. может превысить уровень в 43100 млрд кВт·ч (см. рис. 2).

Основным потребителем электроэнергии в новой стратегии является промышленный сектор мировой экономики, спрос на электроэнергию которого в 2035 г. может составить 41 % от глобального спроса (см. табл. 4). Средний темп спроса на электроэнергию промышленного сектора мировой экономики в прогнозируемом периоде составит 2,2 % в год, что позволит увеличить его долю электроэнергии в балансе потребления всей конечной энергии с 26 % в 2011 г. до 32 % в 2035 г.

Спрос на электроэнергию в ЖКС будет расти с темпом 2,5 % в год, что более чем в 2,5 раза превышает темп увеличения численности населения мира, отражая растущее потребление электроэнергии в его домашнем хозяйстве, а также сокращение численности населения, не имеющего доступа к электрическим услугам, с 1,2 млрд чел. (18 % населения мира) в 2011 г. до 970 млн чел. (12 %) в 2035 г. [9].

Наибольшие темпы роста спроса на электроэнергию прогнозируются в транспортном секторе (3,9 % в год) вследствие электрификации железных дорог и предполагаемого массового спроса на электромобили в прогнозируемом периоде (темп роста — около 30 % в год). Однако доля транспортного сектора в суммарном спросе на электроэнергию в 2035 г. будет не выше 2 %.

Относительно умеренные темпы спроса на электроэнергию (1,9 % в год) будут наблюдаться в сервисном секторе мировой экономики из-за принимаемых мер по повышению энергетической эффективности ее использования, с одной стороны, а с другой — вследствие увеличения доли использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Однако в суммарном спросе на электроэнергию его удельный вес остается по-прежнему значительным: 24 % в 2011 г. и 22 % в 2035 г.

Таблица 3

Прогнозируемый спрос на электроэнергию в регионах и странах мира (2011–2035 гг.) [9]

Регион, страна	Электроэнергия, млрд кВт·ч							
	1990	2011	Стратегия					
			НС		СС		450	
			2035	2011–2035 (%)	2035	2011–2035 (%)	2035	2011–2035 (%)
<b>ОЭСР</b>	<b>6591</b>	<b>9552</b>	<b>11745</b>	<b>0,9</b>	<b>12369</b>	<b>1,1</b>	<b>10934</b>	<b>0,6</b>
Америка	3255	4694	5912	1,0	6103	1,1	5457	0,6
США	2713	3883	4753	0,8	4883	1,0	4438	0,6
Европа	2320	3160	3740	0,7	4040	1,0	3564	0,5
Океанская Азия	1016	1698	2093	0,9	2226	1,1	1912	0,5
Япония	758	954	1119	0,7	1195	0,9	993	0,2
<b>Вне ОЭСР</b>	<b>3493</b>	<b>9453</b>	<b>20405</b>	<b>3,3</b>	<b>22084</b>	<b>3,6</b>	<b>17323</b>	<b>2,6</b>
Восточная Европа/Евразия	1584	1367	2004	1,6	2171	1,9	1730	1,0
Россия	909	838	1256	1,7	1375	2,1	1075	1,0
Азия	1049	5888	13913	3,6	15211	4,0	11758	2,9
Китай	558	4094	8855	3,3	10023	3,8	7417	2,5
Индия	212	774	2523	5,0	2582	5,2	2198	4,4
Средний Восток	190	702	1484	3,2	1587	3,5	1216	2,3
Африка	262	584	1296	3,4	1304	3,4	1094	2,7
Латинская Америка	407	912	1708	2,6	1811	2,9	1525	2,2
Бразилия	214	471	939	2,9	1001	3,2	834	2,4
<b>Мир</b>	<b>10085</b>	<b>19004</b>	<b>32150</b>	<b>2,2</b>	<b>34454</b>	<b>2,5</b>	<b>28256</b>	<b>1,7</b>
Страны ЕС	2241	2853	3246	0,5	3512	0,9	3120	0,4

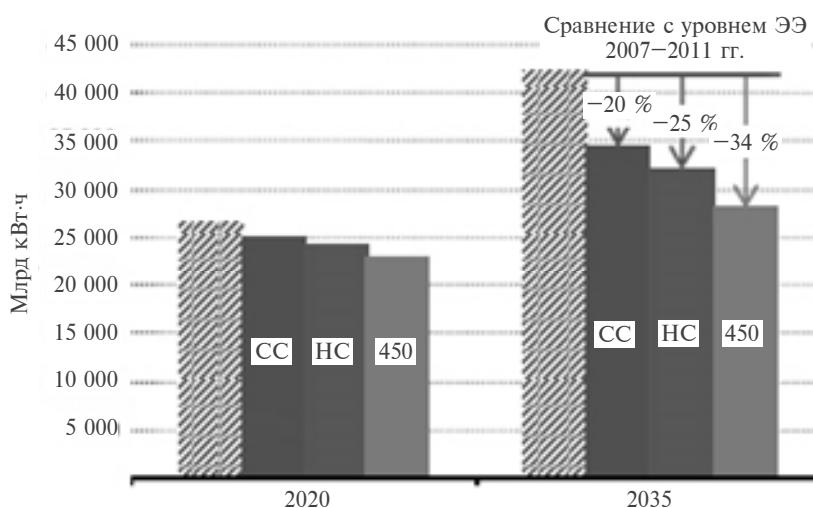


Рис. 2. Изменение глобального спроса на электроэнергию по стратегиям прогноза МЭА относительно существующего уровня электроемкости мировой экономики [9]  
 СС, НС, 450 – стратегии прогноза МЭА; (ш) – уровень электроемкости экономики (ЭЭ)

Таблица 4

## Спрос на электроэнергию по секторам мировой экономики и ее производство по новой стратегии [9]

Сектор экономики	Электроэнергия, млрд кВт·ч						Средний темп спроса за 2011–2035 гг., %
	1990	2011	2020	2025	2030	2035	
Спрос на электроэнергию	10085	19004	24249	26974	29520	32150	2,2
Производство электроэнергии	11817	22114	28000	31121	34059	37086	2,2
Промышленность	4419	7802	10288	11385	12268	13187	2,2
ЖКС	2583	5195	6507	7362	8325	9336	2,5
Сервис	2086	4560	5636	6214	6698	7137	1,9
Транспорт	245	292	408	486	590	734	3,9
Другие сектора	748	1151	1419	1535	1648	1763	1,8
Потери в сети	1003	1816	2308	2589	2862	3138	2,3
Собственные нужды	733	1298	1434	1550	1668	1791	1,4

В региональном измерении наибольший рост спроса на электроэнергию прогнозируется в развивающихся странах вне зоны ОЭСР вследствие их быстрого экономического развития и роста числа общего и городского населения в частности, а также увеличения стандартов его жизнедеятельности. В новой стратегии наибольший прирост спроса на электроэнергию прогнозируется в Китае (36 %), Индии (13 %), Юго-Восточной Азии (8 %), Латинской Америке (6 %) и на Среднем Востоке (6 %). Однако в Китае прогнозируется замедление темпов роста спроса на электроэнергию с 12 % в год в 2000–2011 гг. до 3,3 % в 2011–2035 гг. вследствие снижения экономического

роста и реструктуризации экономики в сторону развития менее энергоемких ее секторов. Наоборот, более быстрый спрос на электроэнергию в прогнозируемом периоде будет наблюдаться в Индии (5 % в год) и в других странах Юго-Восточной Азии (4,2 % в год).

Устойчивая тенденция превышения роста спроса на электроэнергию в странах вне зоны ОЭСР над его ростом в странах ОЭСР позволит постепенно сократить разрыв в среднем уровне душевого потребления электроэнергии стран вне зоны ОЭСР со странами ОЭСР, в которых он прогнозируется, и вырасти с 7670 кВт·ч/чел. в 2011 г. до 8500 кВт·ч/чел. в 2035 г. (рис. 3).

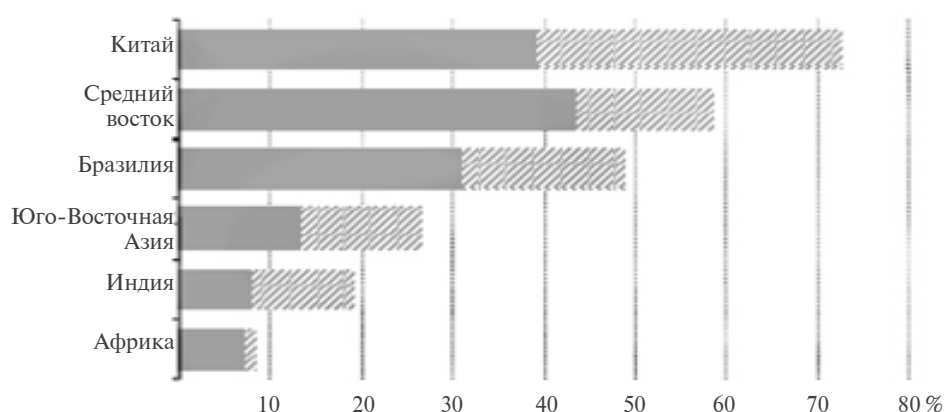


Рис. 3. Уровень душевого потребления электроэнергии в некоторых странах и регионах мира относительно его среднего уровня в странах ОЭСР по стратегии НС прогноза МЭА [9]

(■) – 2011 г.; (▨) – 2035 г.

Таблица 5

**Прогнозируемое производство электроэнергии в мире по видам первичной энергии и по стратегиям прогноза МЭА [9]**

Вид энергии	Электроэнергия, млрд кВт·ч							
	1990	2011	Стратегия					
			НС		СС		450	
			2020	2035	2020	2035	2020	2035
ОЭСР	7629	10796	11827	13104	11990	13835	11415	12123
Уголь	3093	3618	3529	2775	3681	3835	2961	1116
Газ	770	2630	2855	3398	2979	3710	2813	2307
Нефть	697	345	149	84	153	92	126	44
Ядерная энергия	1729	2087	2300	2412	2273	2246	2355	2826
Гидроэнергия	1182	1388	1490	1615	1476	1586	1523	1730
Другие ВИЭ	157	728	1504	2820	1428	2367	1637	4099
Вне ОЭСР	4189	11317	16172	23983	16799	26018	15139	20173
Уголь	1333	5522	7089	9537	7901	12296	6043	3544
Газ	960	2217	3128	4915	3242	5463	2958	3686
Нефть	635	717	652	472	666	522	578	278
Ядерная энергия	283	497	1100	1881	1049	1668	1191	3011
Гидроэнергия	963	2102	3065	4212	2936	3891	3144	4665
Другие ВИЭ	15	263	1138	2965	1004	2177	1225	4989
Мир	11818	22113	27999	37087	28789	39853	26554	32295
Уголь	4426	9140	10618	12312	11582	16131	9094	4660
Газ	1730	4847	5983	8313	6222	9173	5771	5993
Нефть	1332	1062	801	556	819	614	705	323
Ядерная энергия	2013	2584	340	4294	3322	3914	3546	5837
Гидроэнергия	2144	3490	4555	5827	4412	5478	4667	6394
Другие ВИЭ	173	992	2642	5785	2432	4544	2861	9089

В России сегодня средний уровень душевого потребления составляет 7220 кВт·ч/чел., или 94,1 % от среднего душевого уровня потребления электроэнергии жителями развитых стран ОЭСР.

Рис. 3 показывает, что только в двух развивающихся регионах вне зоны ОЭСР (Китае и Ср. Востоке) средний уровень душевого потребления электроэнергии в 2035 г. превысит половину его среднего уровня стран ОЭСР, а в развивающихся странах Африки он будет составлять только 6 % уровня стран ОЭСР, или 520 кВт·ч на 1 чел. в год [9].

#### 4. Мировое производство электроэнергии.

Для удовлетворения растущего спроса на электроэнергию в мире, величины которого представлены в табл. 3, МЭА прогнозируются объемы мирового производства электроэнергии по видам первичной энергии и стратегиям прогноза, достаточные не только обеспечить ее спрос, но и удовлетворить собственные нужды ее генерирующих компаний и покрыть потери электроэнергии при ее транспорте и распределении между потребителями (табл. 5).

Представленная в табл. 5 структура используемых первичных энергоресурсов для произ-

водства электрической энергии по принятым стратегиям прогноза определялась исходя из проводимой политики государств, конкуренции между генерирующими компаниями, ценовых показателей первичных энергоресурсов и требуемых инвестиций, а также с учетом допустимых норм эмиссий парниковых газов в локальном масштабе. Как следствие этих требований и условий, объемы требуемого производства электрической энергии по стратегиям прогноза различаются не только по абсолютной величине в пределах 32 295–39 853 млрд кВт·ч в 2035 г., но и по структуре используемых первичных энергоресурсов, а также по динамике их роста в прогнозируемом периоде в развитых и развивающихся странах (рис. 4).

В новой стратегии производство электроэнергии вырастет с 22 113 млрд кВт·ч в 2011 г. до почти 37 100 млрд кВт·ч при среднем темпе роста 2,2 % в год, или увеличится на 2/3. При этом традиционные ископаемые виды топлива (уголь, природный газ и нефть) будут доминировать в качестве первичных энергоресурсов для производства электроэнергии в течение прогнозируемого периода, однако их совокупная доля будет снижаться с 68 % в 2011 г. до 57 % в 2035 г. Уголь будет оставаться основным первичным энергоресурсом для мирового производства электроэнергии в прогнозируемом периоде, однако его доля снизится с 41,3 % в 2011 г. до 33,2 % в 2035 г. Нефть как первичный энергоресурс для производства электрической энергии практически теряет свое значение, снижаясь с 4,8 % в 2011 г. до 1,5 % в 2035 г. В связи с резким падением цен на нефть на мировом рынке в 2014 г. данные цифры могут измениться, одна-

ко, по нашему мнению, это может произойти не сразу из-за инерционности развития отдельных стран и мира в целом. Из ископаемых видов топлива только природный газ сохраняет свое экономическое и экологическое значение, однако его доля изменяется незначительно: с 21,9 % в 2011 г. до 22,4 % в 2035 г.

В прогнозируемом периоде наибольшие темпы производства электрической энергии показывают экологически чистые источники энергии, включающие гидро- и ядерную энергию, а также другие возобновляемые виды энергоресурсов – энергия ветра, солнечной радиации, биотоплива и др., удельный вес которых в глобальном балансе производства электроэнергии в НС возрастет с 32 % в 2011 г. до 43 % в 2035 г., а абсолютный их прирост колеблется от 7970 до 8840 и 14 254 млрд кВт·ч соответственно в сценариях СС, НС и 450 прогноза МЭА (см. табл. 5).

Структура перспективного энергетического баланса производства электроэнергии в мире существенно различается по группам развитых и развивающихся стран. В развитых странах ОЭСР основной рыночной тенденцией производства электроэнергии является преимущественное использование первичных малоуглеродных энергоресурсов на соответствующих технологиях, обеспечивающих сохранение чистоты окружающей среды (рис. 4). Поэтому в прогнозируемом периоде на 1/4 и 3/4 предполагается сократить выработку электроэнергии на станциях, потребляющих соответственно уголь и нефть, и увеличить ее генерацию на электростанциях, использующих газ, ядерную энергию и ВИЭ (среди последних предпочтение отдается ветру).

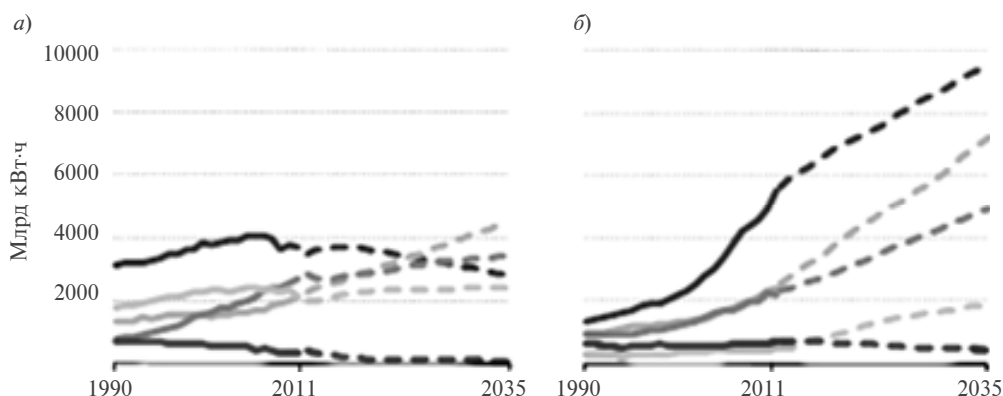


Рис. 4. Динамика производства электроэнергии по видам первичных энергоресурсов в развитых (а) и развивающихся (б) странах [9]

(—) — уголь; (—) — ВИЭ; (—) — газ; (—) — ядерная энергия; (—) — нефть



В развивающихся странах вне зоны ОЭСР, наоборот, угольные электростанции остаются основным источником производства электроэнергии, доля которых составит 30 % обеспечения ее спроса, являющегося наибольшим среди других источников энергии в прогнозируемом периоде (рис. 4). Однако, производство электрической энергии с использованием ВИЭ, вместе взятых, обеспечит в прогнозируемом периоде почти 40 % прироста ее спроса и в абсолютном выражении превысит прирост выработки электроэнергии на угольных электростанциях. Следующим по востребованности в абсолютном выражении единственным энергоресурсом для обеспечения роста производства электроэнергии в развивающихся странах является природный газ, особенно в Китае, Индии и странах Среднего Востока, благодаря своей доступности и политике государств, стимулирующей его использование в электроэнергетическом секторе. Ядерная энергия в развивающихся странах является вторым быстрорастущим первичным источником производства электрической энергии после возобновляемых источников энергии (рис. 4).

В основе методологии, используемой МЭА для выбора первичного энергоресурса и соответствующих технологий производства электроэнергии, лежат их относительные затраты. На электростанциях, использующих ископаемые виды первичных энергоресурсов, стоимость производства электроэнергии, в основном, зависит от ценовых показателей используемого топлива, в то время как на атомных электростанциях и станциях, работающих на ВИЭ, определяющим параметром стоимости вырабатываемой электроэнергии являются капиталовложения. Поэтому рыночная стоимость производства электроэнергии в разных регионах и странах мира может меняться в довольно широком диапазоне в зависимости от вида используемых технологий, ценовых показателей топлива и других необходимых ресурсов, а также параметров регулирования энергетических рынков и др. Однако существенным недостатком методологии выбора типа технологий генерирования электроэнергии, используемой МЭА, является отсутствие комплексного учета всей совокупности последствий длительного функционирования конкретных технологий, среди которых социальные, экологические и инфраструктурные имеют не меньшее значение, чем сугубо экономические. Исследо-

вания, проводимые ранее [13], показывают, например, что современные атомные электростанции (АЭС) с социальной, инфраструктурной и экономической точек зрения во многих случаях оказываются более эффективными, чем генерирующие установки, использующие ВИЭ, имеющие, по сравнению с АЭС, в 2 раза меньшие сроки службы и недостаточный опыт эксплуатации. При сравнении АЭС с установками на основе ВИЭ в методологии МЭА не учитываются и существенный эффект от масштаба АЭС и серьезные риски установок ВИЭ для окружающей среды, на которые в последние годы указывают многие экологи (гибель птиц, шумы и др.).

#### 5. Ввод и вывод генерирующих мощностей.

В новой стратегии суммарная мощность электростанций мира увеличивается почти на 3/4, с 5649 ГВт в 2012 г. до 9760 ГВт в 2035 г. (рис. 5), чтобы удовлетворить растущий спрос на электроэнергию и компенсировать мощность электростанций (1940 ГВт), выводимых из эксплуатации вследствие их физического износа в прогнозируемом периоде.

Суммарная мощность вновь вводимых электростанций в период 2012–2035 гг. составляет 6050 ГВт, большинство из них в качестве первичного энергоресурса используют натуральный газ (1370 ГВт), ветер (1250 ГВт) и уголь (1180 ГВт).

В прогнозе МЭА принято, что установленная мощность электростанций выводится из эксплуатации, если время ее работы достигает технического срока службы, который принят равным 70 годам для ГЭС, 50 годам для угольных ТЭС, 40–60 годам для АЭС (в зависимости от страны), 40 годам для ТЭС на газе и 20 годам для электростанций, использующих ВИЭ. Различают также экономический срок службы энергетического оборудования, определяемый временем возврата вложенных инвестиций, который короче технического. В течение прогнозируемого периода в мире предлагается вывести из эксплуатации почти 2000 ГВт генерирующих мощностей разных типов электростанций (табл. 6), в том числе 1176 ГВт в странах ОЭСР и 765 ГВт в странах вне зоны ОЭСР. Различия в величинах выводимых из эксплуатации генерирующих мощностей электростанций в странах ОЭСР и вне ее обусловлены разными сроками эксплуатации их оборудования и, соответственно, разной степенью его износа (рис. 6).

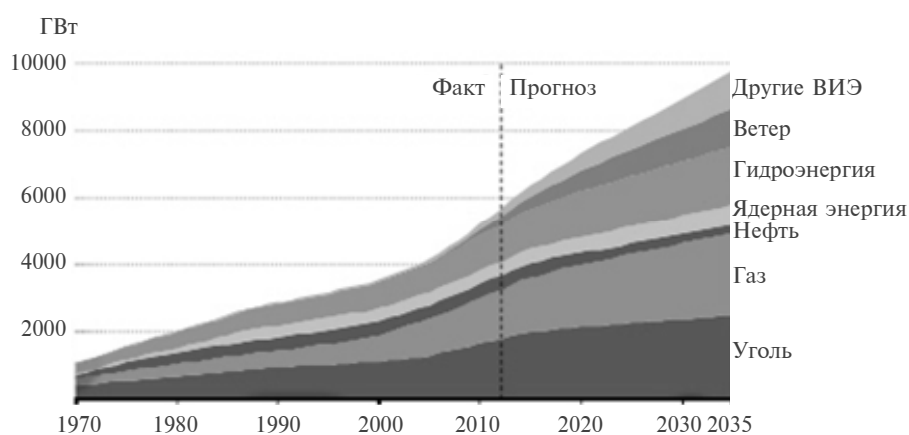
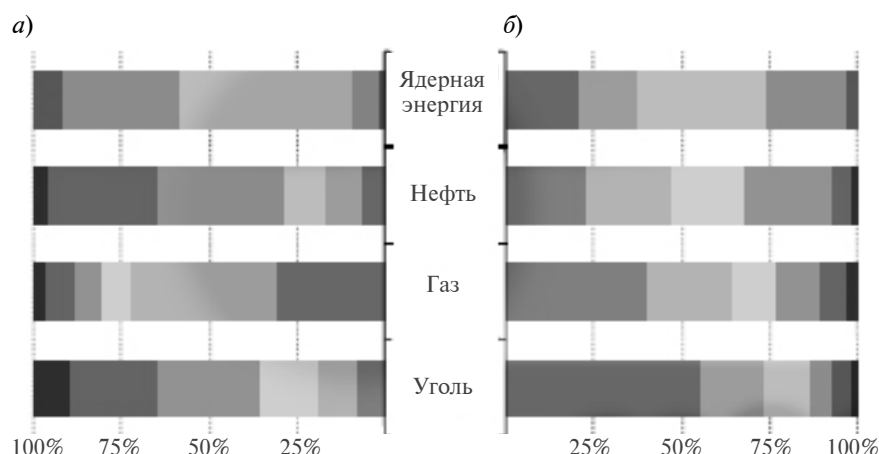


Рис. 5. Динамика роста установленной мощности электростанций мира по видам используемых первичных энергоресурсов [9]

Таблица 6

Распределение мощностей электростанций, выводимых из эксплуатации, по видам используемых энергоресурсов и регионам мира в новой стратегии прогноза МЭА на 2013–2035 гг. [9]

Регион, страна	Мощность электроэнергии, ГВт						
	Уголь	Газ	Нефть	Ядерная энергия	Гидроэнергия	Другие ВИЭ	Всего
ОЭСР	265	178	147	81	80	444	1176
Америка	109	104	59	10	36	122	440
США	98	96	46	10	22	106	377
Европа	123	31	41	45	35	341	530
Азия/Океания	33	42	46	26	10	49	205
Япония	10	35	42	25	7	38	157
Вне ОЭСР	195	183	103	36	20	229	765
Восточная Европа/Евразия	92	113	17	32	1	8	262
Россия	43	80	5	20	—	1	149
Азия	78	17	25	2	9	196	329
Китай	43	1	3	—	3	155	205
Индия	26	3	2	1	3	32	68
Средний Восток	0	30	38	—	1	1	69
Африка	22	13	10	—	2	3	50
Латинская Америка	3	10	14	1	7	19	54
Бразилия	2	1	1	1	5	14	24
Мир	460	361	249	117	100	653	1941
ЕС	130	33	43	42	27	252	528



**Рис. 6.** Структура установленной мощности электростанций стран ОЭСР (а) и стран вне ОЭСР (б) по срокам их эксплуатации и используемым энергоресурсам [9]  
 (■) - < 10 лет; (■) - 10–20 лет; (■) - 20–30 лет; (■) - 30–40 лет; (■) - 40–50 лет; (■) - 50+ лет

По состоянию на конец 2012 г. почти 2/3 установленной мощности тепловых электростанций в странах ОЭСР находится в эксплуатации более 30 лет, в то время как в странах вне ОЭСР 2/3 установленной мощности угольных станций – не более 20 лет. Аналогичная картина в указанных странах и по срокам эксплуатации АЭС, которые в развивающихся странах стали вводиться в эксплуатацию только после 1990 г.

Более тревожная картина по возрасту основного генерирующего оборудования наблюдается в электроэнергетике России, средний износ которого составляет примерно 65%: средний возраст ГЭС составляет 37,5% года, ТЭС – 34,8 года, АЭС – 26,2 года. Однако в российской электроэнергетике существуют и мощности с возрастом более 100 лет (гидроагрегаты малой Карельской ГЭС, Порожской ГЭС в Челябинской области и др.) [14]. Поэтому по прогнозу МЭА в период до 2035 г. в России предстоит вывести из эксплуатации 150 ГВт генерирующих мощностей, или почти 70% всей ныне установленной мощности электростанций, а ввести более 220 ГВт (см. табл. 5), что практически равно суммарной генерирующей мощности электростанций России в настоящее время. При этом только около 15% (33 ГВт) вновь вводимой мощности в стране прогнозируется иметь за счет строительства новых АЭС, что примерно соответствует принятой в стране Энергетической стратегии России на период до 2030 г., где планируется в период 2010–2030 гг. ввести от 26 до 36 ГВт новых мощностей на АЭС [15]. Однако в новом варианте Энергетиче-

ской стратегии России до 2035 года предполагается увеличить ввод мощностей АЭС в 1,6 раза и долю выработки их электроэнергии в суммарном ее балансе в стране до 22–23%, по сравнению с 16% в настоящее время [16].

По состоянию на начало 2013 г. в мире находилось в эксплуатации 437 атомных реакторов с суммарной мощностью 394 ГВт, более 80% ее – в странах ОЭСР, 11% – в странах Восточной Европы и России и только 8% – в развивающихся странах вне зоны ОЭСР [9, 17]. В стратегии НС производство электроэнергии на АЭС мира прогнозируется увеличить с 2584 млрд кВт·ч в 2011 г. до 4300 млрд кВт·ч в 2035 г., что потребует увеличения их установленной мощности с 394 ГВт в 2011 г. до 578 ГВт в 2035 г. [9].

При этом вновь вводимая мощность АЭС составит 302 ГВт (табл. 7), из которой 117 ГВт пойдет на замену устаревших мощностей существующих АЭС. Наибольшая величина вновь вводимой мощности АЭС будет иметь место в Китае – 114 ГВт, или 38% вводимой их мощности в мире, что превышает установленную мощность АЭС США в настоящее время. 28% планируемого прироста мощности АЭС Китая уже находится в стадии строительства, а решение о строительстве нескольких других станций будет принято до 2015 г. Россия занимает второе место по вводимой мощности АЭС – 33 ГВт (по прогнозу МЭА), за ней следует Южная Корея, с приростом 27 ГВт мощности АЭС в прогнозируемом периоде 2012–2035 гг. (рис. 7). Существенный прирост мощностей АЭС будет иметь место и в Индии (26 ГВт), а также

Таблица 7

**Суммарная вводимая мощность новых электростанций по видам используемых энергоресурсов и регионам мира в новой стратегии прогноза МЭА за 2013–2035 г. [9]**

Регион, страна	Мощность, ГВт						
	Уголь	Газ	Нефть	Ядерная энергия	Гидроэнергия	Другие ВИЭ	Всего
ОЭСР	117	525	21	83	147	1152	2046
Северная Америка	34	266	8	23	60	411	802
США	27	206	6	19	32	321	611
Европа	52	156	5	31	66	561	870
Азия/Океания	32	102	8	29	21	182	374
Япония	9	77	7	3	15	121	232
Вне ОЭСР	1065	850	63	219	593	1218	4007
Восточная Европа/Евразия	84	177	1	51	29	41	384
<i>Россия</i>	38	116	0	33	18	16	222
Азия	902	353	11	150	370	960	2745
Китай	454	142	1	114	188	633	1533
Индия	288	100	2	26	82	218	717
Средний Восток	1	153	31	7	12	76	281
Африка	70	87	11	5	61	67	302
Латинская Америка	8	79	9	5	120	85	295
Бразилия	4	32	5	3	72	51	166
Мир	1182	1374	84	302	740	2370	6052
ЕС	49	129	5	29	48	541	800
Экономический срок службы, годы	30	25	25	35	50	20	—

в некоторых других странах мира (Объединенных Арабских Эмиратах, Турции и Вьетнаме), ранее не имевших АЭС в своей электроэнергетике, но планирующих ввести в эксплуатацию несколько своих первых атомных реакторов в течение прогнозируемого периода.

Несмотря на существенный рост прогнозируемого производства электроэнергии на АЭС, их доля в глобальном ее производстве в стратегии НС прогноза МЭА в мире остается практически неизменной, на уровне 12 %, а в стратегии 450 она увеличивается до 18 %. Однако в случае необходимости 50 % снижения эмиссий CO<sub>2</sub> для сохранения климата планеты возможно увеличение мощности АЭС до 1000 ГВт к 2050 г. с выработкой электроэнергии до 24 % от ее гло-

бального производства [17]. Необходимые технологические предпосылки для такого развития АЭС в мире уже созданы, а конкретные производственные и экономические программы реализации этой стратегии будут определяться политикой отдельных государств.

Основную часть электрической энергии, потребляемой человечеством в течение 2012–2035 гг., прогнозируется по-прежнему производить посредством использования экологически «грязных» угольных и газовых электростанций и на чрезмерно капиталоемких установках, использующих возобновляемые источники энергии, имеющих непостоянный режим работы, резервирование которых также потребует весьма существенных затрат капитального и текущего характера.

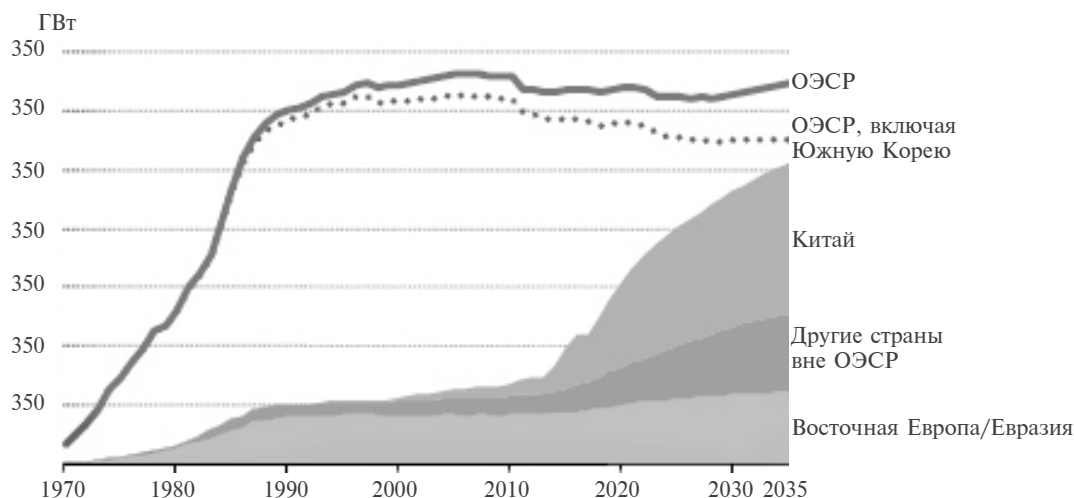


Рис. 7. Динамика роста установленной мощности АЭС по регионам мира в 1970–2035 гг. [9]

**6. Транспорт и распределение электроэнергии.**

В новой стратегии прогноза МЭА потребуется увеличить протяженность транспортных и распределительных электрических сетей с 69 млн км в 2012 г. до 94 млн км в 2035 г., из которых 85 % будут составлять распределительные сети. Наибольший прирост сетевой инфраструктуры будет иметь место в Китае (7 млн км), в Индии (3,5 млн км), а также в странах ЕС, США и в России, где существующая инфраструктура транспорта и распределения электроэнергии имеет высокую степень износа (60 % и более) и требует существенной модернизации или замены ее основных элементов.

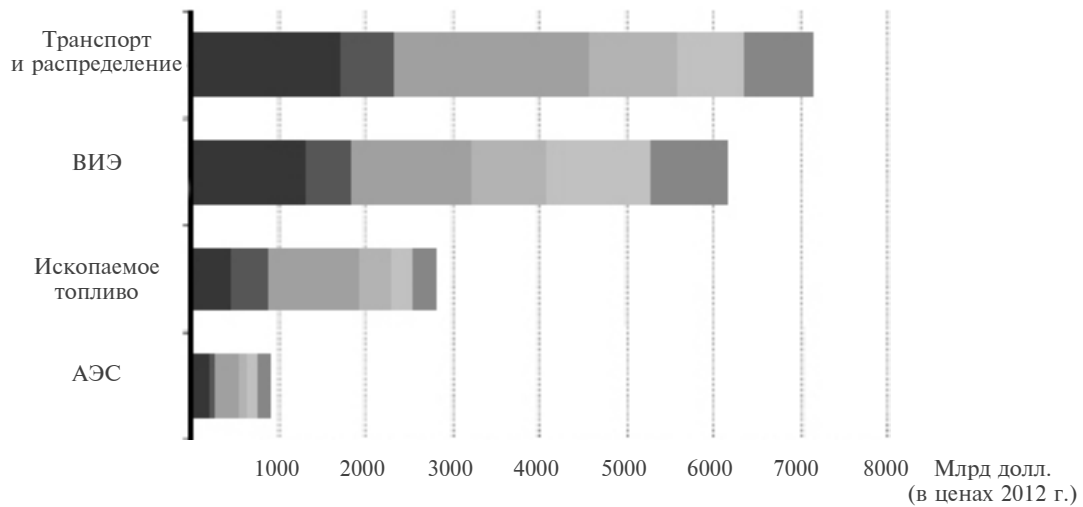
**7. Динамика эмиссий CO<sub>2</sub>.** В новой стратегии прогноза МЭА предполагается, что эмиссии CO<sub>2</sub> будут расти с темпами 0,9 и 0,5 % в год соответственно в периоды до 2020 и 2035 г. и достигнут 15,2 Гт в 2035 г., по сравнению с 13 Гт в 2011 г., включая 1,3 Гт, обусловленных производством тепла на ТЭЦ, несмотря на более высокие темпы производства электроэнергии в соответствующих временных периодах. Глобальная интенсивность эмиссий производства электроэнергии также снижается с 532 г CO<sub>2</sub> на 1 кВт·ч в 2011 г. до 374 г CO<sub>2</sub> на 1 кВт·ч в 2035 г., т. е. уменьшается на 30 %. В странах ЕС в настоящее время интенсивность эмиссий CO<sub>2</sub> составляет 345 г на 1 кВт·ч, благодаря большому удельному весу АЭС в производстве электроэнергии, особенно в Бельгии и Франции, где он превышает 70 %, а в 2035 г. она снизится на 45 % и составит в среднем 160 г на 1 кВт·ч вследствие роста генерации электроэнергии с использованием экологически

чистых энергоресурсов [9]. Однако наибольшая интенсивность эмиссии CO<sub>2</sub> в прогнозируемом периоде будет иметь место в странах, в которых существенная доля генерации электроэнергии будет осуществляться на угольных электростанциях (Индии, Китае, США и др.).

**8. Инвестиции в развитие мировой электроэнергетики.**

Для удовлетворения растущего спроса на электроэнергию и замены или модернизации устаревшего энергетического оборудования в течение прогнозируемого периода в новой стратегии прогноза МЭА потребуется вложить в мировую электроэнергетику 17 трлн долл. (в ценах 2012 г.), или, в среднем, 740 млрд долл. ежегодно (рис. 8). 58 % требуемых инвестиций прогнозируется вложить в развитие генерирующего оборудования, а 42 % (7,1 трлн долл.) — в развитие транспортной и распределительной сетевой инфраструктуры.

Большую часть (62 %) инвестиций на развитие генерирующего оборудования прогнозируется затратить на строительство новых электростанций, использующих ВИЭ, хотя доля прироста их дополнительной мощности в течение 2013–2035 гг. будет почти в 2 раза меньше вследствие более высоких затрат на строительство установок ВИЭ, по сравнению с электростанциями, использующими ископаемое топливо. В целом 2/3 суммарных инвестиций прогнозируется использовать в развивающихся странах вне зоны ОЭСР вследствие более высоких темпов спроса на электроэнергию, из которых 68 % составят инвестиции в развитие транспортной и распределительной сетевой инфраструктуры этих стран.



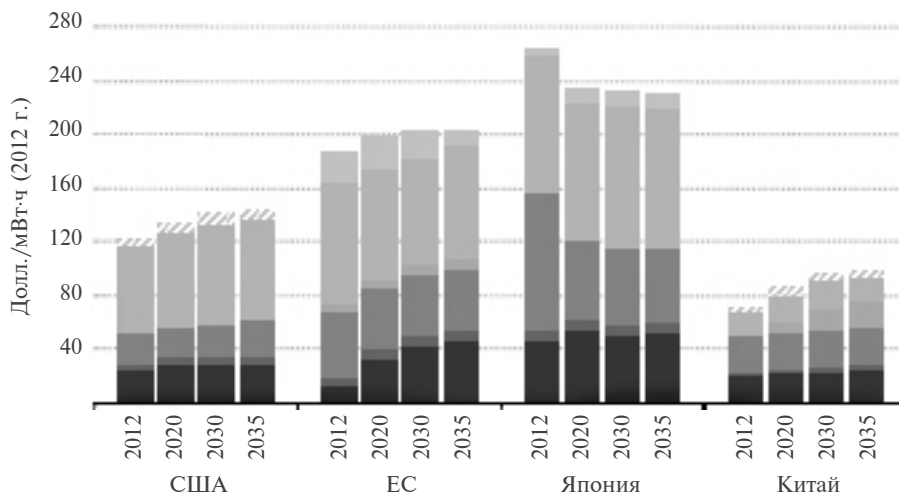
**Рис. 8.** Суммарные инвестиции в развитие мировой электроэнергетики по видам оборудования и по регионам в 2013–2035 гг., млрд долл. [9]  
 (■) – Китай; (■) – Индия; (■) – др. страны вне ОЭСР; (■) – США;  
 (■) – ЕС; (■) – др. страны ОЭСР

**9. Прогнозируемые цены продажи электроэнергии ее потребителям.** Конечные цены на электроэнергию для ее потребителей имеют важное значение для оценки ее спроса и, в конечном счете, оказывают влияние на выбор структуры генерирующих технологий производства электроэнергии. В международной практике ценообразования конечные цены на электроэнергию ее потребителям формируются посредством учета всех затрат, включая затраты на производство электроэнергии на электростанциях, на ее транспорт, распределение и продажу потребителям, а также на налоги и субсидии, направляемые на поддержку приоритетных технологий ее производства или транспорта.

Из-за разных условий, определяющих составляющие цены в отдельных регионах и странах (на топливо, стоимость капитала и др.), оптовые цены производства электроэнергии будут меняться в довольно широких пределах по регионам мира и отдельным странам. Волатильность оптовых цен на электроэнергию во времени осложняет финансирование строительства новых электростанций, особенно капиталоемких, ограничивая их мощность или способствуя дальнейшему росту их затрат. В прогнозе МЭА принят уровень оптовых цен, обеспечивающий полное покрытие как переменных, так

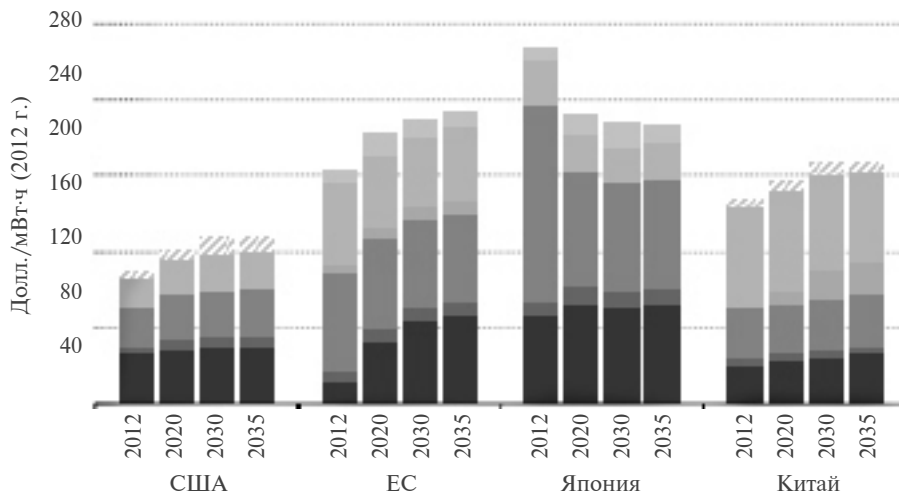
и постоянных затрат строительства и эксплуатации новых электростанций в соответствующих регионах мира. Розничные цены на электроэнергию дополнительно к оптовым ценам включают затраты по транспорту и распределению энергии, торговые наценки ее продавцов, а также в некоторых странах и субсидии на поддержку использования ВИЭ. Представление об уровнях прогнозируемых оптовых и розничных цен на электроэнергию по отдельным странам демонстрируют рис. 9 и 10, из которых следует, что низкие розничные цены для населения прогнозируются в Китае, а для промышленных потребителей – в США. В странах Европейского союза существующие розничные цены на электроэнергию для населения колеблются от 240 до 120 долл./МВт.ч во Франции, несмотря на высокую долю в производстве электроэнергии капиталоемких АЭС (76 % в 2009 г.) в стране.

Из рис. 9 и 10 также видим, что в прогнозируемом периоде розничные цены на электроэнергию в мире увеличиваются незначительно, в отличие от России, где за последние годы они выросли в несколько раз, превысив европейские. Например, в Санкт-Петербурге розничная цена электроэнергии для его жителей составила 142 долл./МВт.ч при курсе рубля 56,0 к доллару.



**Рис. 9.** Динамика средних розничных цен на электроэнергию для населения и составляющих ее оптовой цены в некоторых странах в новой стратегии прогноза МЭА (исключая налоги) [9]

(■) – субсидии на ВИЭ; (■) – сетевые затраты. Составляющие оптовой цены: (■) – затраты на CO<sub>2</sub>; (■) – топливо; (■) – обслуживание; (■) – инвестиции и амортизация



**Рис. 10.** Динамика средних цен на электроэнергию для промышленных потребителей и составляющих ее оптовой цены в некоторых странах в новой стратегии прогноза МЭА (исключая налоги) [9]

(■) – субсидии на ВИЭ; (■) – сетевые затраты. Составляющие оптовой цены: (■) – затраты на CO<sub>2</sub>; (■) – топливо; (■) – обслуживание; (■) – инвестиции и амортизация

**Выводы.**

1. Исторический опыт показывает, что существует прямая зависимость между уровнем энергопотребления, в частности, электропотребления, и уровнем производительности труда в экономике, что определяет необходимость продолжающегося устойчивого роста электропотребления в обозримом будущем по отдельным странам и в мире в целом.

2. Спрос на электроэнергию в мире в период до 2035 г. будет расти более высокими темпами (2,2 % в год), чем на другие виды конечных энергоносителей, и в абсолютном выражении к 2035 г. может составить 32150 млрд кВт·ч в наиболее вероятном сценарии развития мировой экономики.

3. Основным потребителем электроэнергии в мировой экономике является ее промышлен-

ленный сектор, доля которого в 2035 г. может составить 41 % ее глобального спроса, что увеличит долю потребления электроэнергии этим сектором в балансе потребления первичной энергии с 26 % в 2011 г. до 32 % в 2035 г.

4. В региональном измерении наибольший рост спроса на электроэнергию прогнозируется в развивающихся странах вне зоны ОЭСР, среди которых доминирует Китай (36 % прироста), Индия (13 %) и др.

5. В наиболее вероятной инновационной стратегии будущего развития мировой экономики производство электроэнергии к 2035 г. может вырасти на 2/3 и составить 37100 млрд кВт·ч. При этом доля ископаемых видов энергоресурсов (угля, нефти и природного газа) в общем их балансе может уменьшиться с 68 % в 2011 г. до 57 % в 2035 г., а доля экологически чистых энергоресурсов (гидро- и ядерной энергии и ВИЭ), наоборот, может увеличиться, соответственно с 32 до 43 %.

6. Суммарные инвестиции в развитие мировой электроэнергетики в наиболее вероятной стратегии ее развития оцениваются в 17,0 трлн долл. (в ценах 2012 г.), из которых 58 % пойдут на развитие генерирующих электростанций, а 42 % (7,1 трлн долл.) – на развитие транспортной и распределительной сетевой инфраструктуры.

7. Не намечается существенный рост оптовых и розничных цен на электроэнергию для основных ее потребителей по регионам и странам мира, в Японии они могут даже снижаться, в отличие от России, где они необоснованно растут высокими темпами.

8. Глобальная интенсивность эмиссий будет снижаться с 532 г CO<sub>2</sub> на 1 кВт·ч до 374 г CO<sub>2</sub> на 1 кВт·ч (на 30 %) с 2011 по 2035 гг., что позволит существенно улучшить экологическую составляющую социально-экономической обстановки в мире.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. План электрификации РСФСР. Доклад VIII съезду Советов Государственной комиссии по электрификации России. М.: Госполитиздат, 1955.
2. Крижановский Г.М. Избранное, 1957.
3. Вейц В.И. Электрификация народного хозяйства СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1948.
4. Мелентьев Л.А., Штейнгауз Е.О. Экономика энергетики СССР. М.; Л.: Второе гос. энергет. изд-во, 1963.
5. Бесчинский А.А., Коган Ю.М. Экономические проблемы электрификации. М.: Энергия, 1976.
6. Шер О., Нечерт Б. Энергетика в экономике США. М.: Экономиздат, 1963.
7. Федоров М.П., О कोरोков В.Р., О कोरोков Р.В. Энергетические технологии и мировое экономическое развитие: прошлое, настоящее, будущее. СПб.: Наука, 2010.
8. Global Energy Assessment (GEA) – Toward a Sustainable Future, Cambridge University Press, Cambridge UK and New York, NY, USA and International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg Austria, 2012.
9. World Energy Outlook 2013. OECD / IEA, Paris, 2013. 688 p.
10. Прогноз развития энергетики мира и России до 2040 года / ИНЭИ РАН и АЦ при Правительстве РФ. М., 2014.
11. Annual Energy Outlook 2014 with projections to 2014. US Energy Information Administration. WIDC 20585. URL: <http://www.eia.gov/forecasts/aeo>
12. BP Energy Outlook 2035. January 2014. URL: <http://bp.com/energyoutlook/BPstats>
13. О कोरोков В.Р., О कोरोков Р.В. Современные энергетические технологии и социально-экономические последствия их использования // Академия энергетики. 2008. № 5(25). С. 16–24.
14. Точка невозврата: износ электроэнергетического оборудования достиг критического максимума (Обзор INFOline) // Академия энергетики. 2014. № 1(57). С. 32–38.
15. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. URL: <http://www.minenergo.ru/activity/energostrategy>
16. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года (основные положения). URL: <http://www.minenergo.ru/documents/razrabotka/17481.html>
17. Technology Roadmap. Nuclear Energy. OECD / IEA and OECD / IEA, 2010. URL: <http://www.iea.org/roadmaps>

## REFERENCES

1. Plan elektrifikatsii RSFSR. Doklad VIII s"ezdu Sovetov Gosudarstvennoi ko-missii po elektrifikatsii Rossii. M.: Gospolitizdat, 1955. (rus)
2. Krizhanovskii G.M. Izbrannoe, 1957. (rus)
3. Veits V.I. Elektrifikatsiia narodnogo khoziaistva SSSR. M.: Izd-vo AN SSSR, 1948. (rus)
4. Melent'ev L.A., Shteingauz E.O. Ekonomika energetiki SSSR. M.; L.: Vtoroe gos. energet. izd-vo,



1963. (rus)
5. **Beschinskii A.A., Kogan Iu.M.** Ekonomicheskie problemy elektrifikatsii. M.: Energiia, 1976. (rus)
6. **Sher O., Netchert B.** Energetika v ekonomike SShA. M.: Ekonomizdat, 1963. (rus)
7. **Fedorov M.P., Okorokov V.R., Okorokov R.V.** Energeticheskie tekhnologii i mirovye ekonomicheskoe razvitiie: proshloe, nastoiashchee, budushchee. SPb.: Nauka, 2010. (rus)
8. Global Energy Assessment (GEA) – Toward a Sustainable Future, Cambridge University Press, Cambridge UK and New York, NY, USA and International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg Austria, 2012.
9. World Energy Outlook 2013. OECD. IEA, Paris, 2013. 688 p.
10. Prognoz razvitiia energetiki mira i Rossii do 2040 goda. INEI RAN i ATs pri Pravitel'stve RF. M., 2014. (rus)
11. Annual Energy Outlook 2014 with projections to 2014. US Energy Information Administration. WiDC 20585. URL: <http://www.eia.gov/forecasts/aeo>
12. BP Energy Outlook 2035. January 2014. URL: <http://bp.com/energyoutlook/BPstats>
13. **Okorokov V.R., Okorokov R.V.** Sovremennye energeticheskie tekhnologii i sotsial'no-ekonomicheskie posledstviia ikh ispol'zovaniia. *Akademiia energetiki*. 2008. № 5(25). S. 16–24. (rus)
14. Tochka nevozvrata: iznos elektroenergeticheskogo oborudovaniia dostig kriticheskogo maksimuma (Obzor INFOLine). *Akademiia energetiki*. 2014. № 1(57). S. 32–38. (rus)
15. Energeticheskaiia strategiia Rossii na period do 2030 goda. URL: <http://www.minenergo.ru/activity/energostrategy> (rus)
16. Energeticheskaiia strategiia Rossii na period do 2035 goda (osnovnye polozheniia). URL: <http://www.minenergo.ru/documents/razrabotka/17481.html> (rus)
17. Technology Roadmap. Nuclear Energy. OECD. IEA and OECD / IEA, 2010. URL: <http://www.iea.org/roadmaps>

---

**ЯДЫКИН Владимир Константинович** – старший преподаватель, Международная высшая школа управления, Санкт-Петербургский государственный университет Петра Великого.

195251, ул. Политехническая, д. 29, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: [v.yadikin@gmail.com](mailto:v.yadikin@gmail.com)

**IADYKIN Vladimir K.** – Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University.

195251. Politechnicheskaya str. 29. St. Petersburg. Russia. E-mail: [v.yadikin@gmail.com](mailto:v.yadikin@gmail.com)

---