

УДК 338.012

Концепция электротеплоснабжения в городах страны как механизм повышения их энергетической и экологической безопасности

В.Р. Огороков, Р.В. Огороков

ФГАОУВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация
E-mail: okorokov@igms.info, roman_okorokov@mail.ru

Авторское резюме

Состояние вопроса: Одной из устойчивых тенденций развития мирового электроэнергетического комплекса является переход от однообразия к многообразию его развития, характеризующийся широкой совокупностью стратегических задач, решаемых набором используемых энергетических ресурсов и меняющимся спектром возможных энергетических технологий. Однако в снабжении потребителей теплом в стране почти 100 лет существует практически единственная система водяного теплоснабжения, не соответствующая современным природно-экологическим, антропогенным, технологическим и социальным требованиям, что и обусловило проведение исследований альтернативных систем электротеплоснабжения.

Материалы и методы: Исследования двух систем теплоснабжения основаны на изучении фактических параметров альтернативных систем и последствий их проявления в технологической и экономической сферах, а также с учетом их влияния на экологическую обстановку, с применением системного подхода, путем анализа статистических данных и расчетных оценок авторов.

Результаты: Проведено сопоставление двух систем теплоснабжения – традиционной водяной и альтернативной системы электротеплоснабжения. Предложена классификация их положительных и отрицательных факторов на качественном и количественном уровнях оценки. Показаны преимущества новой системы электротеплоснабжения.

Выводы: Проведенное исследование показало существенные преимущества новой системы электротеплоснабжения, которая в большей степени отвечает требованиям устойчивого развития российских городов и сохранению здоровья их жителей.

Ключевые слова: электроэнергетический комплекс, энергетические ресурсы, электротеплоснабжение, энергетические технологии, энергетическая безопасность, экология, социальные требования.

Electricity and heat supply concept in cities across the country as a mechanism of improving their energy and environmental security

V.R. Okorokov, R.V. Okorokov

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russian Federation
E-mail: okorokov@igms.info, roman_okorokov@mail.ru

Abstract

Background: One of the steady trends of the world Electric Power Complex (EPC) development is the transition from uniformity to diversity of its evolution, characterized by a wide range of strategic goals achieved by a set of energy resources and a changing spectrum of possible energy technologies. However, for almost 100 years, the country has practically had only one system of customer water heat supply that does not meet modern environmental, anthropogenic, technological and social requirements, which has become the motivation for conducting a study of alternative electricity and heat supply systems.

Materials and methods: The actual parameters of the alternative systems and their impact on technological and economic spheres, as well as on the environment have been the materials for the study of two heat supply systems. The study methods included the systematic approach, the analysis of statistical data and the authors' estimates.

Results: Two heat supply systems – traditional hot water and alternative power supply systems – were compared. Positive and negative factors of the two alternative heat supply systems were classified at the qualitative and quantitative assessment levels. Advantages of the new power supply system were offered.

Conclusions: The study has shown significant benefits of the new electricity and heat supply system, which to a greater extent meets the requirements of sustainable development of Russian cities and health maintenance of their residents.

Key words: electric power complex, energy resources, electricity and heat supply, energy technologies, energy security, ecology, social requirements.

DOI: 10.17588/2072-2672.2015.6.072-078

В настоящее время в развитии мирового электроэнергетического комплекса (ЭЭК) наметилась новая устойчивая тенденция, которую можно определить как *стратегию пере-*

хода от однообразия к многообразию его развития не только в традиционном количественном, но и, прежде всего, в *качественном понимании* этого слова. Под *многообразием раз-*

вития ЭЭК при этом понимается, с одной стороны, растущая совокупность целевых стратегических задач, требующих реализации, а с другой – широкий набор возможных энергетических ресурсов и постоянно меняющийся спектр новых технологий их использования для удовлетворения потребностей человечества в энергии.

Объективными причинами перехода от однообразия к многообразию развития ЭЭК мира и отдельных стран являются изменения многих факторов, явно проявляющихся в мировой экономике в последние годы, в числе которых следует указать природно-экологические, антропогенные, технологические и социальные.

Природно-экологические изменения в явной форме проявляются в повышении температуры Земли, которая с 1990 г. по 2000 г., по данным Всемирной метеорологической организации (ВМО), увеличилась на 0,6 °С (такое повышение температуры наблюдалось за предыдущие 100 лет). По мнению экспертов, существенную роль в росте температуры Земли играют продукты сжигания на энергетических объектах традиционных первичных энергетических ресурсов (ПЭР) с содержанием углерода (СО, СО₂), метана (СН₄), а также закиси азота (N₂O), озона (O₃), галокарбонатов (СFC) и др., получившие название парниковых газов. Следствием продолжающегося повышения температуры Земли, глобального потепления, является изменение климата нашей планеты, сопровождающееся многочисленными экстремальными событиями природного (землетрясения, наводнения, ураганы и др.) и экологического (ливни, грозы, тайфуны и др.) характера с сопутствующими фатальными и экономическими потерями [1].

Антропогенные изменения обусловлены человеческой деятельностью по созданию промышленных и инфраструктурных объектов, включая жилые помещения и коммуникационные системы, определяющие взаимосвязи между ними. Основной формой современных поселений в настоящее время являются крупные агломерации, располагаемые на больших территориях.

В мире начиная с 2010 г. большая часть населения стала проживать в городах, на которые приходится 75 % мирового энергопотребления и 80 % выбросов СО₂ [2]. По данным экспертов [3], в следующие 40 лет в мире будет построено столько новых городов, сколько было возведено с начала истории человечества. В России, по данным Росстата [4], в городах в настоящее время проживает более 110 млн чел. из 144 млн всего населения, и число жителей городов ежегодно растет быстрыми темпами, что требует новых подходов к организации их энергообеспечения. Хотя в мире на города приходится только 2% поверхно-

сти Земли, тем не менее городские территории стремительно увеличиваются.

Наибольшие же изменения в последние годы происходят в *технологической сфере* мировой экономики, создающей средства производства и управления его процессами, в том числе и в энергетическом производстве, где постоянно появляются новые технологии производства, транспорта и потребления электрической и тепловой энергии или совершенствуются существующие. Если в XIX столетии инновационными являлись паровые технологии, в XX – электрические, то в XXI инновационными являются атомные технологии, а также технологии, использующие возобновляемые источники энергии (ВИЭ) и интеллектуальные («умные») технологии управления производственными процессами.

Существенную роль в технологическом развитии ЭЭК имеет и *социальный фактор – требования* потребителей энергии к повышению социальной безопасности предоставляемых энергетических услуг (исключение вреда здоровью, рост комфортности и домашнего уюта).

Совокупность меняющихся факторов определяет необходимость постоянной адаптации и развития технологий, повышение качества предоставления энергетических услуг отечественным ЭЭК, что действительно происходит в настоящее время, но, на наш взгляд, слишком медленно и не во всех функциональных сферах. Одной из важнейших таких сфер отечественного ЭЭК является *система теплоснабжения*, которая *практически в неизменном виде* существует в стране уже почти 100 лет. Традиционная система водяного теплоснабжения на основе комбинированного производства тепловой и электрической энергии на ТЭЦ, созданная в 30-е годы прошлого столетия, была экономически оправдана в стране вследствие технических преимуществ паровых технологий над электрическими и неучета затрат на изымаемые городские территории под инфраструктурные объекты производства и транспорта тепловой энергии, которые тогда не имели рыночной оценки. Однако сегодня в стране ситуация существенно изменилась и, соответственно, возникает другая концепция снабжения потребителей теплом на основе применения электрической энергии – концепция системы электротеплоснабжения [5, 6].

Причинами интереса к новой системе электротеплоснабжения являются, на наш взгляд, следующие объективные тенденции, происходящие в мире и в нашей стране:

1. В результате глобального потепления происходит повышение зимних и летних температур во многих регионах страны, что снижает потребность в тепловой энергии и, наоборот, увеличивает потребность в электроэнергии в летнее время для кондиционирова-

ния воздуха в офисных и жилых помещениях. Например, в последние годы в Санкт-Петербурге в зимнее время температура воздуха часто поднималась до +1,0–2,5 °С, а в летнее время доходила до 32–35 °С. Аналогичная ситуация наблюдается и в других регионах страны.

2. Снижение тепловых нагрузок в стране происходит и вследствие реализации программ энергосбережения и повышения энергоэффективности как результат принимаемых мер по предотвращению изменения климата планеты. Существующая система водяного теплоснабжения также является весьма энергоемким сектором экономики – в нем потребляется около 40 % используемых в стране энергоресурсов, соответственно, она имеет большой потенциал энергосбережения [5].

3. Происходит существенный рост стоимости земли в городах и увеличение плотности их застройки, что усложняет выделение площадок для создания соответствующих инфраструктурных объектов для развития традиционных систем теплоснабжения.

4. Существенно меняется и структура генерирующих мощностей: наибольшие ее приросты приходятся на электростанции, использующие экологически чистые (АЭС) и возобновляемые первичные энергоресурсы (ГЭС; станции, использующие ветровую и солнечную энергию; другие экологически чистые источники).

5. Увеличиваются требования потребителей энергии к качественным характеристикам систем энергоснабжения и энергетическим услугам – надежность и безопасность, гибкость, комфортность, по которым электрическая энергия имеет существенные преимущества перед тепловой энергией вследствие ее абсолютной делимости, мгновенной передачи на любые расстояния и эффективности использования.

6. Как следствие роста требований потребителей к качественным характеристикам энергетических услуг и преимуществ электроэнергии перед тепловой энергией быстрыми темпами растет рынок *новых технологий* производства и использования электроэнергии, среди которых следует назвать солнечные панели мягкого инфракрасного излучения, электрические накопители, электронагреватели, электромобили, количество которых в мире уже превысило 1 млн единиц (данные МЭА), интеллектуальные («умные») технологии управления производством и потреблением энергии и др.

7. Немаловажное значение в предпочтительности системы электротеплоснабжения перед традиционной системой водяного теплоснабжения имеет и возможность использования рыночных отношений, которые в существующей системе практически полностью исключены.

Рассмотренные объективные тенденции развития мировой и национальной экономики определяют возможность получения и многих других существенных преимуществ системы электротеплоснабжения перед традиционной водяной системой теплоснабжения (табл. 1). Анализ результатов (табл. 1) показывает, что существующая в стране система теплоснабжения имеет только одно существенное преимущество перед новой системой электротеплоснабжения – более высокую эффективность производства двух видов энергии на ТЭЦ, но оно нивелируется целой совокупностью ее недостатков, что в конечном итоге не позволяет считать традиционную систему теплоснабжения отвечающей современным требованиям энергоэффективности, энергетической и экологической безопасности, доступности и комфортности предоставляемых энергетических услуг за исключением теплоснабжения некоторых изолированных регионов [7].

Новая система электротеплоснабжения, напротив, имеет существенно большую совокупность технологических, экономических и социальных преимуществ, по сравнению с традиционной существующей, и только два недостатка – более высокие затраты первичной энергии на выработку электрической энергии на конденсационных электростанциях (КЭС) и неиспользование потерь тепловой энергии с уходящими газами и конденсатом. Однако первый ее недостаток может быть нивелирован указанными выше преимуществами новой системы теплоснабжения, а также использованием чистых технологий производства электроэнергии, а второй ее недостаток может быть исключен посредством использования уходящей тепловой энергии на агрофермах, выращивающих сельхозпродукты на собственных территориях станций, или на площадях располагающихся рядом коммерческих агроферм, что уже имеет место на практике. Поэтому предлагаемая новая система электротеплоснабжения в большей степени отвечает требованиям устойчивого развития – высокой энергоэффективности, энергетической и экологической безопасности, доступности и комфортности энергетических услуг.

Таблица 1. Сопоставление качественных технико-экономических характеристик традиционной водяной системы теплоснабжения и новой системы электротеплоснабжения

Традиционная система теплоснабжения		Новая система электротеплоснабжения	
Преимущества	Недостатки	Преимущества	Недостатки
1. Высокая эффективность выработки электрической и тепловой энергии при комбинированном их производстве на ТЭЦ 2. Практически единственный источник производства электрической и тепловой энергии для изолированных территорий	1. Несоответствие электрической и тепловой мощностей ТЭЦ соотношению тепловой и электрической нагрузки потребителей (для средней полосы России бытовые зимние тепловые и электрические нагрузки находятся в соотношении 3:1, а отношение их мощностей для ТЭЦ с ПГУ – 1:1) 2. Зависимость эффективности работы ТЭЦ от тепловой нагрузки 3. Несоответствие графиков спроса на электрическую и тепловую нагрузки 4. Избыточно высокая температура теплоносителя 5. Высокие потери при транспорте тепловой энергии 6. Низкая надежность систем транспорта тепловой энергии (зимние «фонтаны» горячей воды) 7. Высокие текущие затраты на содержание инфраструктуры системы теплоснабжения	1. Отпадает необходимость использования ТЭЦ и котельных (кроме изолированных территорий) 2. Возможность выравнивания графиков суточных и сезонных нагрузок 3. Уменьшается потребность в пиковых и резервных мощностях 4. Сокращаются инвестиции в транспортную инфраструктуру за счет использования тех же электросетей 5. Повышается надежность энергоснабжения и сокращаются потери энергии 6. Увеличиваются стимулы к многообразию использования других первичных энергоресурсов при производстве электроэнергии в энергосистемах 7. Снижаются инвестиции на вновь сооружаемых КЭС из-за упрощения их структуры 8. Повышается экологическая безопасность региона 9. Увеличивается возможность введения рыночных отношений (конкуренции и др.) 10. Повышается общая эффективность системы электротеплоснабжения за счет перечисленных ее преимуществ 11. Растет лояльность потребителей энергии как следствие более качественных энергетических услуг	1. Снижается эффективность выработки электроэнергии на КЭС 2. Потери тепловой энергии с уходящими газами и конденсатом

Таблица 2. Фактические и прогнозные значения потребления и выработки электрической и тепловой энергии города N при традиционной (числитель) и новой системе теплоснабжения (знаменатель)

Параметры	Факт		Прогноз			
	2013 г.	2014 г.	2020 г.	2025 г.	2030 г.	2035г.
1. Потребление электроэнергии, млрд кВт·ч	24,1	24,3	<u>27,9</u> 42,0	<u>31,4</u> 54,2	<u>36,1</u> 75,1	<u>40,6</u> 109,2
2. Выработка электроэнергии, млрд кВт·ч	25,7	25,4	<u>31,2</u> 47,0	<u>35,2</u> 60,7	<u>40,4</u> 84,1	<u>45,5</u> 122,3
3. Установленная электрическая мощность, млн кВт	5,7	5,7	<u>6,9</u> 8,5	<u>7,8</u> 11,1	<u>9,0</u> 15,3	<u>10,1</u> 22,2
4. Потребление тепловой энергии, млн Гкал	43,3	44,0	<u>50,6</u> 38,0	<u>56,8</u> 28,4	<u>64,0</u> 16,0	<u>72,0</u> 0
5. Выработка тепловой энергии, млн Гкал	44,7	44,9	<u>59,7</u> 44,8	<u>67,0</u> 33,5	<u>75,5</u> 18,9	<u>85,0</u> 0
6. Установленная тепловая мощность, тыс. Гкал/ч	12,3	12,3	<u>16,4</u> 12,3	<u>18,4</u> 9,2	<u>20,7</u> 5,2	<u>23,4</u> 0

Примечание. При оценке установленной электрической мощности принято, что число часов ее использования повышается с 4500 до 5500 ч/год за счет выравнивания графиков нагрузки в варианте электротеплоснабжения.

Постараемся количественно показать преимущества новой системы электротеплоснабжения над традиционной системой водяного теплоснабжения на примере развития крупного города N с параметрами его перспективного тепло- и электропотребления, приведенными в табл. 2. При расчетах принято, что в течение прогнозируемого периода 2016–2035 гг. в каждой последующей пятилетке прогнозируемый спрос на тепловую энергию будет на 25 % замещаться электроэнергией в соотношении 1 Гкал = 1,163 тыс. кВт·ч [6]. Также принято, что потери при транспортировке тепловой энергии вместе с собственными нуждами

составляют 18 %¹, а при транспорте электроэнергии – 12 %. Дополнительно будем полагать, что при новой системе электротеплоснабжения спрос на тепло будет уменьшаться на 30 % вследствие более эффективного регулирования температуры воздуха и исключения «эффекта открытых форточек» в жилых домах и офисах и зимних прорывов горячей воды.

Сравнение указанных в табл. 2 расчетных параметров традиционной и новой систем электропотребления показывает, что переход города на новую систему теплоснабжения в про-

¹ По данным [8], потери в тепловых сооружениях и сетях достигают 30 %.

гнозируемом периоде потребует дополнительно ввести 16 млн кВт новых электрических мощностей и отказаться от ввода 11,2 тыс. Гкал/ч тепловых мощностей на ТЭЦ или котельных, что означает необходимость дополнительно построить 4 новых КЭС с установленной мощностью 4 млн кВт каждой для покрытия прироста электрической нагрузки и отказаться от строительства 5–6 ТЭЦ мощностью от 2,0 до 2,5 тыс. Гкал/ч каждой² для покрытия прироста тепловых нагрузок.

Сопоставление технико-экономических показателей применения традиционной водяной системы теплоснабжения города N и формирования новой системы электротеплоснабжения в прогнозируемом периоде при указанных выше условиях приведено в табл. 3, анализ данных которой показывает, что суммарные текущие издержки при системе электротеплоснабжения оказываются меньше на 38,4 или 39,7 млрд руб/год (или на 10,5 %) соответственно при сжигании угля или газа даже без учета многих других преимуществ новой и недостатков традиционной систем теплоснабжения города, подробно указанных в табл. 1.

К числу существенных недостатков традиционной системы теплоснабжения относятся такие, как преимущественное размещение ТЭЦ непосредственно на или вблизи территории городов, последствиями чего являются его загрязнение твердыми и газообразными выбросами (табл. 4), а также высокая аварийность тепловых сетей с соответствующими огромными экономическими и даже фатальными потерями: по данным [8], на каждые 100 км тепловых сетей ежегодно регистрируется в среднем 70 повреждений.

Поэтому неслучайно, что в очередном рейтинге 2015 г. городов мира, наиболее пригодных для жизни, Санкт-Петербург занял 77, а Москва – 81 место из 140 возможных³. По данным исследовательской компании Economist Intelligence Unit (EIU), опубликовавшей данный рейтинг, Санкт-Петербург среди российских городов оказался выше других. Основными факторами, определяющими качество жизни городов, в рейтинге EIU учитывались такие, как система здравоохранения, экология, стабильность, культура, система образования и инфраструктура [11]. В аналогичном рейтинге по уровню жизни стран Россия в 2015 г. оказалась на 91 месте среди 142 стран (между Гватемалой и Лаосом), а Норвегия на 1 месте. Среди учитываемых факторов в данном рейтинге также фигурирует уровень экологии, по которому Россия оказалась на 73 месте; по качеству образова-

ния – на 35 месте; по экономическим показателям – на 95 месте, а по эффективности управления страной – на 99 месте [12].

В связи с продолжающимся изменением климата на Земле экологические показатели стран и их городов становятся не менее важными, чем политические проблемы [3]. Сегодня в мире перед человечеством существуют две стратегии в развитии городов: копировать существующие (с их проблемами – грязным воздухом и трудностями для жизни) или создавать новые города и новую низкоуглеродную инфраструктуру. По данным [3], новая инфраструктура «умных» городов на основе производства электроэнергии с использованием ВИЭ оказывается на 4 % дороже, но переплата окупается за 2–3 года. Концепция электротеплоснабжения из-за известных преимуществ электроэнергии перед тепловой энергией (абсолютной делимости, экологичности и др.) больше подходит для строительства «умных» городов, а также для создания современной экономики, основанной на устойчивом развитии, основными параметрами которого являются энергетическая и экологическая безопасность. Представляется, что новая концепция электротеплоснабжения будет весьма эффективной для большинства российских городов, а ее реализацию, по нашему мнению, следует начинать с крупных городов, размер территорий которых увеличивается довольно высокими темпами.

² Для справки: самая передовая в ОАО «ТГК-1» Южная ТЭЦ с применением парогазовых технологий имеет тепловую мощность 2480 Гкал/час и электрическую 1175 МВт.

³ Для справки: первое и второе места заняли Мельбурн и Вена соответственно.

Таблица 3. Сопоставление технико-экономических показателей применения традиционной водяной системы теплоснабжения города N и формирования новой системы электротеплоснабжения

№ п/п	Показатели	Традиционная система теплоснабжения	Новая система электротеплоснабжения
1	Прирост новых мощностей	11,2 тыс. Гкал/час тепловой нагрузки	16 млн кВт электрической нагрузки
2	Потребность в новых мощностях и станциях	5 ТЭЦ с тепловой мощностью 2,5 тыс. Гкал/час каждая	4 КЭС установленной мощностью 4 млн кВт каждая
3	Потребность в инвестициях с учетом транспортной инфраструктуры, млрд руб.	1200	800
4	Расход топлива на производство энергии, млн т у.т/год	20,1*	26,4
5	Стоимость израсходованного топлива, млрд руб/год	120,5	158,4
6	Эмиссии CO ₂ , млн т/год	<u>4,62</u> 2,82	<u>6,07</u> 3,56
7	Стоимость эмиссий CO ₂ , млрд руб/год	<u>11,55**</u> 7,05	<u>15,2</u> 8,9
8	Постоянные издержки на производство энергии, млрд руб/год	240	160
9	Суммарные текущие издержки, млрд руб/год	<u>372,0</u> 367,5	<u>333,6</u> 327,3

*С учетом работы ТЭЦ в конденсационном режиме в течение 6 месяцев в году с коэффициентом использования электрической мощности 1200 МВт каждая, равно 0,57.

**При сжигании угля (числитель) и природного газа (знаменатель).

Таблица 4. Потребление ресурсов разных видов и выделение вредных отходов при производстве электрической и тепловой энергии на тепловых электростанциях (КЭС и ТЭЦ)

№ п/п	Вид ресурса или отходов	При производстве 1 МВт·ч электроэнергии	При производстве 1 тыс. Гкал тепловой энергии
1	Топливо, т у.т.	0,28±0,34	12±30
2	Свежая вода, м ³	100±125	130±160
3	Отчуждение земель, га	0,4±1,0	0,8±2,5
4	Твердые отходы, т	0,2±0,5	0,18±0,40
5	Сброс загрязненных сточных вод, м ³	0,5	0,7
6	Эмиссии CO ₂ при сжигании угля, т природного газа, т	0,21±0,25 0,11±0,16	0,24±0,29 0,13±0,19

Примечание. Таблица составлена по данным [1, 9, 10].

Список литературы

1. Федоров М.П., Огороков В.Р., Огороков Р.В. Энергетические технологии и мировое экономическое развитие: прошлое, настоящее, будущее. – СПб.: Наука, 2010. – 412 с.

2. Интеллектуальный подход и перспективы устойчивого развития городов // *Intelligent Energy* – СНГ, июнь 2012. – С. 2–8.

3. Трикуар Ж.П. Мы готовы обсуждать вопросы господдержки наших заводов, но это не самое главное // *Ведомости*. – 30.07.2015. – № 3884. – С. 8–9.

4. Российский статистический ежегодник 2014 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gks.ru/bgd/regl/b14_13/Main.htm

5. Джангиров В., Лелюшкин Н., Маслов В. Перспективы электротеплоснабжения // *Энергорынок*. Профессиональный журнал. – 2010. – №1(73). – С. 29–32.

6. Джангиров В., Лелюшкин Н., Маслов В. Перспективы электротеплоснабжения // *Энергорынок*. Профессиональный журнал. – 2010. – № 2(74). – С. 27–32.

7. Огороков В.Р., Огороков Р.В. Энергетическая безопасность страны: сущность, индикаторы и механизмы ее обеспечения // *Академия энергетики*. – 2014. – № 6(62). – С. 4–13.

8. Концепция теплоснабжения в России, включая коммунальную энергетику, на среднесрочную перспективу. – М.: Минэнерго РФ, 2002. – 91 с.

9. Федоров М.П., Масликов В.И. Развитие электроэнергетики и охрана окружающей среды // Теоретические и практические проблемы развития электроэнергетики России: сб. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2002. – С. 75–85.

10. Клименко А.В., Клименко В.В., Теретин А.Г., Безносова Д.С. Энергетика России и Киотский протокол: проблемы и перспективы // Теоретические и практические проблемы развития электроэнергетики России: сб. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2002. – С. 65–72.

11. A Summary of the Liveability Ranking and Overview. The Economist Intelligence Unit Limited 2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eiu.com/>

12. Уровень жизни населения России и стран мира в 2015 году. Деловая жизнь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bs-life.ru/makroekonomika/uroven-zizny2012.htm>

References

1. Fedorov, M.P., Okorokov, V.R., Okorokov, R.V. *Energeticheskie tekhnologii i mirovoe ekonomicheskoe razvitiye: proshloe, nastoyashchee, budushchee* [Energy technologies and world economic development: past, present, future]. Saint-Petersburg, Nauka, 2010. 412 p.

2. Intellektual'nyy podkhod i perspektivy ustoychivogo razvitiya gorodov [The intellectual approach to and the prospects for sustainable urban development]. *Intelligent Energy – CIS*, June 2012, pp. 2–8.

3. Trikuar, Zh.P. My gotovy obsuzhdat' voprosy gospodderzhki nashikh zavodov, no eto ne самое главное [We are ready to discuss the issues of state support of our factories, but it is not the most important problem]. *Vedomosti*, July 2015, no. 3884, pp. 8–9.

4. Rossiyskiy statisticheskiy ezhegodnik 2014 [Russian statistical yearbook 2014]. Available at: http://www.gks.ru/bgd/regl/b14_13/Main.htm

5. Dzhangirov, V., Lelyushkin, N., Maslov, V. Perspektivy elektroplosnabzheniya [Prospects of Electricity and Heat Supply]. *Energorynok. Professional'nyy zhurnal*, 2010, no. 1(73), pp. 29–32.

6. Dzhangirov, V., Lelyushkin, N., Maslov, V. Perspektivy elektroplosnabzheniya [Prospects of Electricity and Heat Supply]. *Energorynok. Professional'nyy zhurnal*, 2010, no. 2(74), pp. 27–32.

7. Okorokov, V.R., Okorokov, R.V. Energeticheskaya bezopasnost' strany: sushchnost', indikatory i mekhnizmy ee obespecheniya [The country's energy security: essence, indicators and mechanisms of its provision]. *Akademiya energetiki*, 2014, no. 6(62), pp. 4–13.

8. *Kontseptsiya teplosnabzheniya v Rossii, vlyuchaya kommunal'nyuyu energetiku, na srednesrochnuyu perspektivu* [The concept of heat supply in Russia, including public utility companies, in the medium term]. Moscow, Minenergo RF, 2002. 91 p.

9. Fedorov, M.P., Maslikov, V.I. Razvitie elektroenergetiki i okhrana okruzhayushchey sredy [Development of power

industry and environmental protection]. *Sbornik «Teoreticheskie i prakticheskie problemy razvitiya elektroenergetiki Rossii»* [Theoretical and practical problems of development of the Russian power industry]. Saint-Petersburg, Izdatel'stvo SPbGPU, 2002, pp. 75–85.

10. Klimenko, A.V., Klimenko, V.V., Teretin, A.G., Beznosova, D.S. Energetika Rossii i Kiotskiy protokol: problemy i perspektivy [Russian power industry and the Kyoto Protocol: problems and prospects]. *Sbornik «Teoreticheskie i prakticheskie problemy razvitiya elektroenergetiki Rossii»* [Theoretical and practical problems of development of the Russian power industry]. Saint-Petersburg, Izdatel'stvo SPbGPU, 2002, pp. 65–72.

11. A Summary of the Liveability Ranking and Overview. The Economist Intelligence Unit Limited 2015. Available at: <http://www.eiu.com/>

12. *Uroven' zhizni naseleniya Rossii i stran mira v 2015 godu* [The standard of living of the population of Russia and countries of the world in 2015]. Available at: <http://bs-life.ru/makro-ekonomika/uroven-zizny2012.htm>

Окороков Василий Романович,

ФГАОУВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», научный руководитель, профессор Международной высшей школы управления Инженерно-экономического института, доктор экономических наук, кандидат технических наук, e-mail: okorokov@igms.info

Окороков Роман Васильевич,

ФГАОУВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», профессор кафедры экономики и менеджмента в энергетике Инженерно-экономического института, доктор экономических наук, кандидат технических наук, e-mail: roman_okorokov@mail.ru