

DOI: 10.18721/JE.11610

УДК 332.024 + 620.92

## УПРАВЛЕНИЕ СПРОСОМ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ КАК ЭЛЕМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО МАКРОРЕГИОНА

А.П. Дзюба<sup>1</sup>, И.А. Соловьева<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет), г. Челябинск, Российская Федерация

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО Южно-Уральский государственный университет (НИУ), г. Челябинск, Российская Федерация

Актуальность исследования обусловлена разработкой и реализацией государственных мер в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности на территории регионов, входящих в Дальневосточный федеральный округ России. Проведено исследование предпосылок разработки и внедрения политики в области управления спросом на электроэнергию на территории регионов ДФО, входящих в Объединенную энергетическую систему Востока. Выявлены и описаны территориально-технические, энергорыночные, системные, структурные и экономические особенности функционирования энергетической системы ДФО и ОЭС Востока. Приведены результаты анализа законодательных мер, направленных на совершенствование энергетической политики исследуемого макрорегиона по повышению инвестиционной привлекательности территориальных образований. На основе анализа структуры и особенностей параметров спроса на электропотребление на исследуемых территориях доказываем эффективность внедрения инструментов управления спросом на электроэнергию с целью повышения энергетической эффективности для территорий Дальнего Востока. Опираясь на проведенное исследование параметров спроса на электроэнергию ОЭС Востока в разрезе различных периодов и анализ технологических особенностей энергосистемы ОЭС Востока, в отличие от ЕЭС России, делается вывод о высоких затратах энергосистемы Дальневосточного макрорегиона на покрытие неравномерности спроса на электроэнергию, а также о наличии резервов сокращения энергетических затрат посредством применения инструментов управления спросом. Приводится обоснование целесообразности внедрения модели управления спросом на электроэнергию в России на базе отдельных пилотных регионов либо макрорегионов. На основе выявленных структурных характеристик энергетической системы ДФО предложено использование энергосистемы ОЭС Востока в качестве площадки для реализации пилотного проекта по исследованию, разработке и апробации механизмов управления спросом на электроэнергию в России, что позволит не только снизить затраты на отпуск электроэнергии для потребителей Дальневосточного макрорегиона, но и в дальнейшем распространить полученный положительный эффект от управления спросом на другие регионы России.

**Ключевые слова:** Дальневосточный макрорегион, Дальний Восток, ОЭС Востока, энергоэффективность, энергозатраты, электропотребление, энерготарифы, управление спросом на электроэнергию

**Ссылка при цитировании:** Дзюба А.П., Соловьева И.А. Управление спросом на электроэнергию как элемент повышения энергетической эффективности территорий Дальневосточного макрорегиона // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2018. Т. 11, № 6. С. 110–126. DOI: 10.18721/JE.11610

## MANAGING THE DEMAND FOR ELECTRICITY CONSUMPTION AS AN ELEMENT OF IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF TERRITORIES OF THE FAR EASTERN MACROREGION

D.A. Dzyuba<sup>1</sup>, I.A. Soloveva<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Federal State Educational Institution of Higher Professional Education «South – Ural State University» (National Research University) VPO «SUSU» (NIU), Chelyabinsk, Russian Federation

<sup>2</sup> FGAOU VO South Ural State University (NRU), Chelyabinsk, Russian Federation

The relevance of the study is due to development and implementation of state measures in the field of energy conservation and energy efficiency in the regions of the Far Eastern Federal District of Russia. The article is dedicated to study of prerequisites for the development and implementation of policies in the field of managing the demand for electricity in the regions of the Far Eastern Federal District, which are members of the United Energy System of the East. The article identifies and describes the specifics of the energy system of the Far Eastern Federal District and the OES of the East, covering such aspects as territories, technologies, the energy market, the systemic, structural and economic issues. We have analyzed the legislative measures aimed at improving the energy policy of the given macroregion, aimed at increasing the investment attractiveness of these territorial entities. Based on analysis of the structure and characteristics of the parameters of demand for electricity consumption in the given areas, we have proved the effectiveness of the tools introduced for managing the demand for electricity in order to improve the energy efficiency of the territories of the Far East. Based on the study of the parameters of electricity demand of the OES of the East in terms of different periods, and on analysis of the technological features of the power system of the OES of the East in contrast with the UES of Russia, we have concluded that the power system of the Far Eastern macroregion incurs high costs covering the uneven demand for electricity; the energy costs can be in fact reduced through using demand management tools. The article provides a rationale for introducing a model for managing the demand for electricity in Russia based on individual pilot regions or macroregions. Identifying the structural characteristics of the energy system of the Far Eastern Federal District, we have proposed using the power system of the OES of the East as a platform for implementing a pilot project to study, develop and test the mechanisms of demand management in Russia, which will not only reduce the cost of electricity supply for consumers of the Far Eastern macroregion, but also further extend the positive effect of demand management to other regions of Russia.

**Keywords:** Far Eastern Macro-region, Far East, East OES, energy efficiency, energy consumption, electricity consumption, energy tariffs, electricity demand management

**Citation:** D.A. Dzyuba, I.A. Soloveva, Managing the demand for electricity consumption as an element of improving the energy efficiency of territories of the far eastern macroregion, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 11 (6) (2018) 110–126. DOI: 10.18721/JE.11610

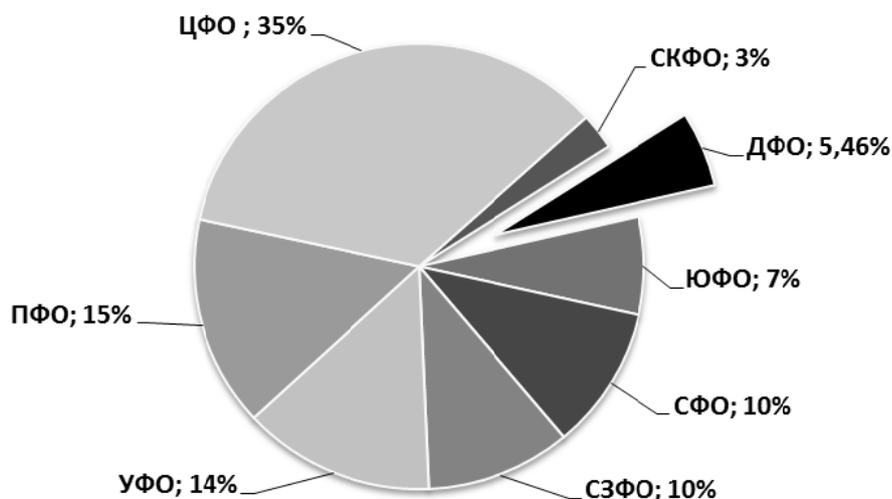
*Введение.* В современных экономических условиях одним из приоритетных направлений долгосрочной стратегической политики России является развитие территорий Дальневосточного макрорегиона. Он представляет собой самую восточную часть территории России, состоит из

девяти регионов, расположенных в четырех часовых поясах в принципиально разных климатических зонах [1, 2]. Дальневосточный макрорегион имеет выход к двум океанам: Тихому и Северному Ледовитому, граничит с четырьмя государствами (Китаем, Японией, США,

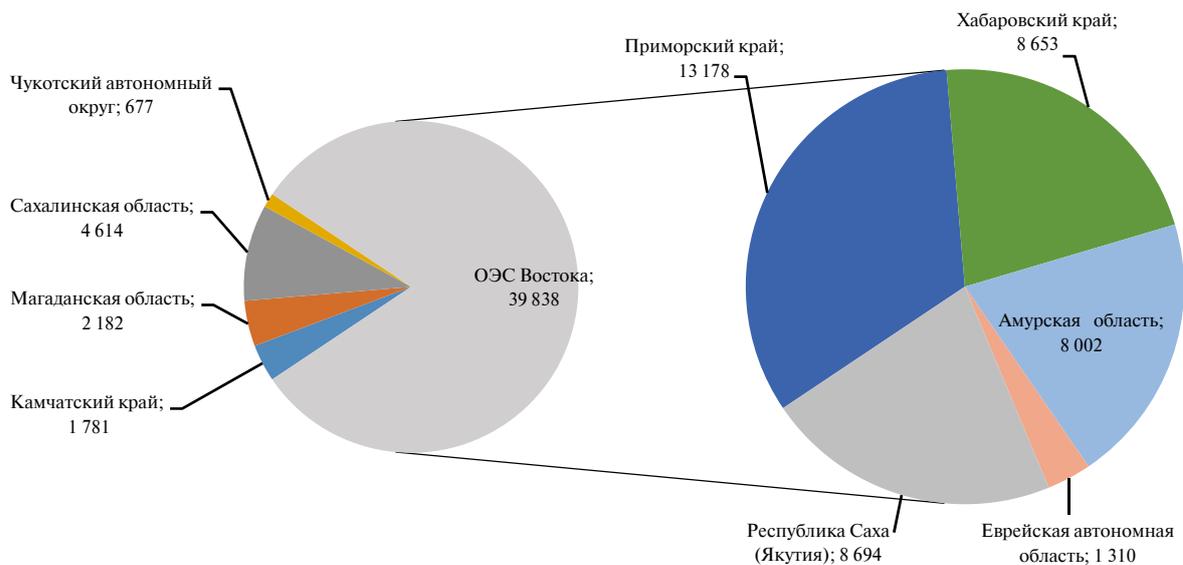
КНДР). Дальний Восток очень богат сырьевыми ресурсами. Там добывается 98 % российских алмазов, 80 % олова, 90 % борного сырья, 50 % золота, 14 % вольфрама, 40 % рыбы и морепродуктов. Здесь находится около 1/3 всех угольных запасов страны и гидротехнических ресурсов. Лесные массивы занимают около 30 % общих площадей лесов России [3, 4]. Значительная материально-сырьевая база и близость с передовыми экономиками Азии формируют для Дальневосточного макрорегиона существенный инвестиционный потенциал, который в настоящий момент является недооцененным [5, 6].

Дальний Восток занимает 36 % территории России, при этом на Дальнем Востоке проживает всего около 4,38 % населения страны или 6,26 млн чел., из которых 74,9 % городского и 25,1 % сельского населения. С начала 1990-х гг. наблюдается отток населения макрорегиона (по данным официальной переписи населения, в 1989 г. численность населения составляла 7,94 млн чел., а за последние 28 лет население сократилось на 1,68 млн чел., или на 21,9 %) [7, 8]. Также, несмотря на значительный экономический потенциал, объем валового регионального продукта макрорегиона составляет 5,46 % от общего ВРП России (рис. 1).

*Методика и результаты исследования.* Неоцененность ресурсного и инвестиционного потенциала макрорегиона очевидна и определяет необходимость поиска новой модели экономического развития. В последнее десятилетие на федеральном и региональных уровнях происходит активное внедрение новых механизмов экономической политики, направленных на развитие Дальневосточного макрорегиона [9]. Для реализации проектов поддержки развития инвестиционного климата на Дальнем Востоке была разработана и запущена Государственная программа РФ «Социально-экономическое развитие Дальнего Востока и Байкальского региона», создан механизм Территорий опережающего социально-экономического развития (ТОЭСР), запущен проект Свободного порта Владивосток, а также реализуются отдельные инвестиционные проекты, получающие инфраструктурную и налоговую поддержку со стороны государства. Новые механизмы позволили привлечь более 2,3 трлн р. инвестиций, подавляющее большинство из которых являются частными [10]. Указанный объем инвестиций формирует 611 новых инвестиционных проектов, позволяющих в период до 2025 г. создать в макрорегионе более 100 тыс. новых рабочих мест. Важно, что большая часть инвестиций не связана с добычей природных ресурсов, что позволит диверсифицировать существующую структуру экономики [11].



**Рис. 1.** Доля ВРП Дальневосточного федерального округа в общем ВРП России в 2015 г.  
**Fig. 1.** The share of GRP of the Far Eastern Federal District in the total GRP of Russia in 2015



**Рис. 2.** Структура потребления электроэнергии регионами ДФО в 2016 г.

**Fig. 2.** Structure of electricity consumption by the regions of the Far Eastern Federal District in 2016

Одним из значимых элементов экономической политики развития Дальневосточного макрорегиона является энергосбережение и повышение энергетической эффективности [12]. Доступность энергоресурсов и их стоимость в анализируемом макрорегионе является одним из значимых факторов для привлечения промышленных инвестиций. Стоимость энергоресурсов определяет себестоимость производства будущей продукции, а особенности климатогеографического положения Дальнего Востока с низкими температурами в зимний период увеличивают важность данного фактора [13].

Основным и универсальным энергетическим ресурсом, традиционно потребляемым промышленностью, является электрическая энергия. Особенность Дальневосточного региона, связанная с низким уровнем газификации, существенно ограничивает альтернативы выбора способа энергообеспечения со стороны потребителя и повышает актуальность вопросов повышения эффективности электропотребления [14, 15].

Энергосистема Дальневосточного макрорегиона имеет ряд особенностей, отличных от других объединенных энергосистем, входящих в ЕЭС России.

1. *Территориально-техническая особенность.* Энергосистема Дальнего Востока состоит из двух

составляющих – объединенной и изолированной частей. Объединенная энергосистема Дальнего Востока (ОЭС Востока) расположена на территории четырех субъектов Российской Федерации: Амурской области, Приморского и Хабаровского краев, Еврейской автономной области, а также южной части Республики Саха (Якутия). Энергосистемы остальных субъектов федерации, входящих в Дальневосточный макрорегион, по территориально-техническим причинам работают изолированно. В числе таких регионов: северная часть Республики Саха (Якутия), Камчатский край, Сахалинская область, Магаданская область и Чукотский автономный округ (рис. 2) [16].

На ОЭС Востока приходится 75,2 % от потребления макрорегиона, оставшаяся часть потребляется изолированными территориями. Суммарная установленная мощность ОЭС Востока составляет 9,1 ГВт. Общая протяженность линий электропередачи классом напряжения 110–500 кВ составляет 25 956,6 км.

2. *Энергорыночная особенность.* С 2005 г. в России начал функционировать оптовый рынок электроэнергии, основой которого является обращение всей вырабатываемой и покупаемой электроэнергии на основе конкурентного механизма ценообразования. При этом согласно пра-

вилам оптового рынка электроэнергии территории, входящие в ОЭС Востока, отнесены к неценовым зонам оптового рынка. Территории Дальнего Востока, не входящие в перечень неценовых зон оптового рынка, определены в качестве территорий, технологически не связанных с ЕЭС России и технологически изолированных. Согласно правилам оптового рынка электроэнергии на территориях неценовых зон оптового рынка, а также на территориях, относящихся к изолированным энергорайонам, применяется регулируемое ценообразование [17].

3. *Системная особенность.* ОЭС Востока имеет незначительные системные связи с ЕЭС России и соединена с ОЭС Сибири тремя высоковольтными линиями электропередачи 220 кВ. Из-за значительного расстояния между ОЭС Востока и ОЭС Сибири межсистемный переток связан со значительными потерями и является экономически нецелесообразным. Значительная часть ОЭС Востока граничит с энергосистемой Китая, с которой и происходит значительный переток электроэнергии [18].

4. *Структурная особенность.* Структурная особенность выражается как в структуре генерирующих мощностей, обеспечивающих макрорегион, так и в структуре потребителей электроэнергии. В структуре генерирующих мощностей преобладают тепловые электростанции (более 63 % от установленной мощности), имеющие ограниченный диапазон регулирования [19]. При этом, учитывая необходимость обеспечения тепловыми электростанциями нагрузок в отопительный период, территориальную удаленность ГЭС от центров нагрузок ОЭС Востока, а также зависимость работы ГЭС от уровней рек, основную долю электрической нагрузки несут тепловые электростанции. Также ОЭС Востока характеризуется одной из самых высоких долей коммунально-бытовой нагрузки в электропотреблении в ЕЭС России, величина которой в среднем по ОЭС составляет 25 % (рис. 3). Структура электропотребления в рамках регионов влияет как на конфигурацию графиков спроса на электроэнергию, так и на величину тарифов, действующих в рамках каждого региона [20].

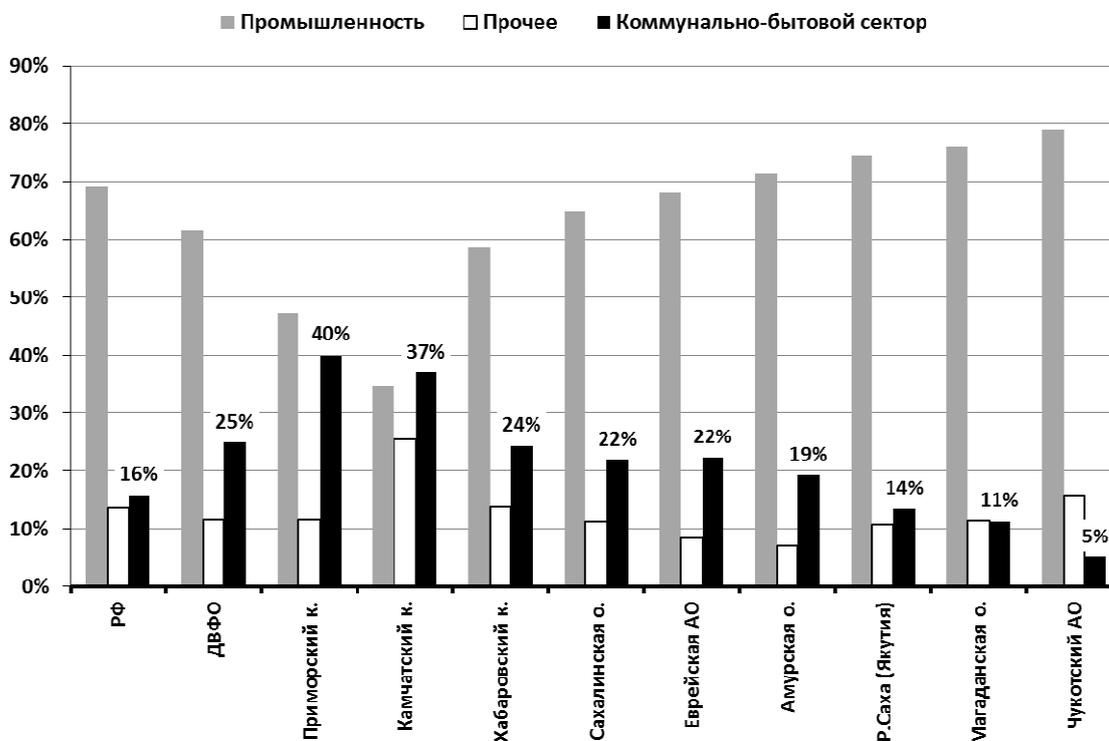
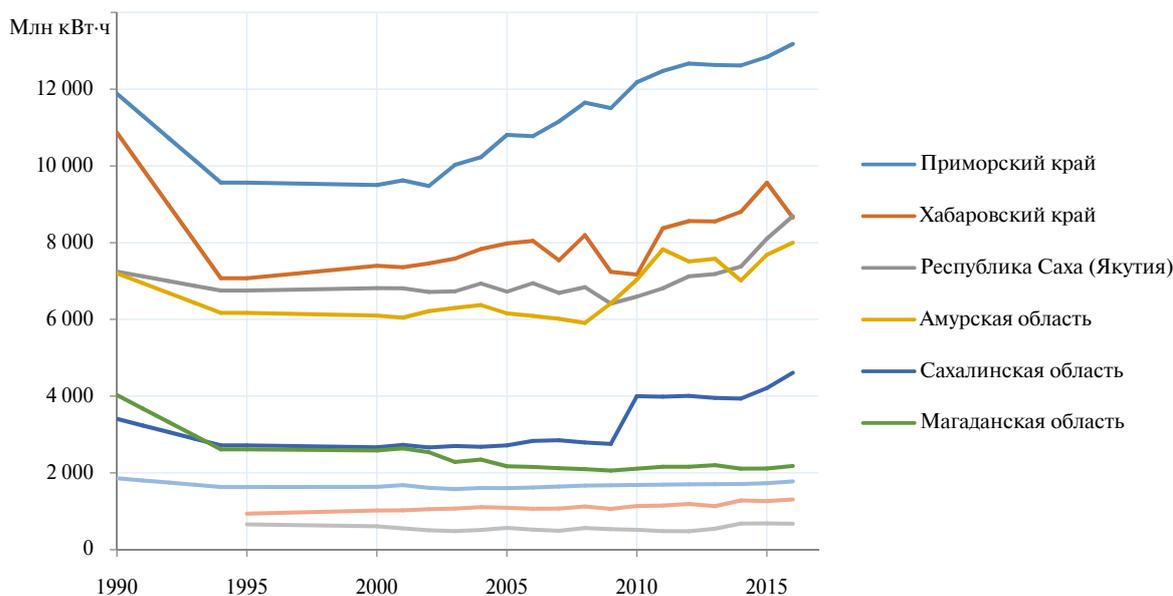


Рис. 3. Структура электропотребления в регионах ДФО округа в 2016 г.

Fig. 3. The structure of electricity consumption in the regions of the Far Eastern Federal District in 2016



**Рис. 4.** Динамика потребления электроэнергии регионами ДФО в период 1990–2016 гг.  
(Графики спроса представлены в порядке последовательности их перечисления)

**Fig. 4.** Dynamics of electricity consumption by the regions of the FEFD in the period 1990–2016  
(Graphs of demand are presented in the order of their listing)

5. *Экономическая особенность.* Энергосистема Дальневосточного макрорегиона, несмотря на значительную протяженность электросетевой инфраструктуры, обеспечивает электроэнергией сравнительно небольшой объем спроса на электроэнергию, основная масса которого сконцентрирована в нескольких агломерациях. Кроме того, электропотребление регионами Дальнего Востока из-за экономического спада 1990-х гг. характеризуется спадом и последующим незначительным ростом в период с 2005 г. (рис. 4) [21].

Учитывая выявленные особенности энергосистемы Дальневосточного макрорегиона, а также высокую зависимость инвестиций от конечных цен на поставляемую электроэнергию, со стороны государства был принят ряд законодательных мер, направленных на совершенствование энергетической политики в Дальневосточном макрорегионе в части балансирования тарифов на электроэнергию для конечных потребителей со среднероссийским уровнем.

В декабре 2016 г. были внесены изменения в Федеральный закон «Об электроэнергетике», которые устанавливают особенности функционирования субъектов розничных рынков электрической

энергии (мощности) на территориях ДФО в технологически изолированных территориальных электроэнергетических системах и на территориях, технологически не связанных с ЕЭС России, в целях достижения на данных территориях планируемых на следующий период регулирования базовых уровней цен (тарифов) на электрическую энергию (мощность). Распоряжением Правительства РФ был установлен базовый уровень цен на электрическую энергию для субъектов РФ, входящих в ДВФО, утвержден размер средств, учитываемых при определении надбавки к цене не мощность, поставляемую в ценовых зонах оптового рынка, и величины надбавок к ценам производителей электроэнергии. Указанные меры призваны выравнять уровень конечных тарифов на электроэнергию относительно среднероссийских показателей.

По нашему мнению, в Дальневосточном макрорегионе существуют серьезные резервы снижения затрат на закупку электроэнергии потребителями. Одним из интенсивно развивающихся методов повышения энергетической эффективности потребления электроэнергии в масштабах энергосистем является механизм управления спросом на электроэнергию.

Управление спросом на электроэнергию – инициативная форма экономического взаимодействия субъектов электроэнергетики с конечными потребителями электрической энергии, обеспечивающая взаимовыгодное экономически эффективное регулирование объемов и режимов электроэнергии [22]. В общемировой практике механизм управления спросом на электроэнергию носит название Demand side management [23]. Управление спросом на электроэнергию позволяет выравнивать графики электрических нагрузок конечных потребителей, тем самым сокращая затраты электроэнергетической системы на поддержание неравномерности спроса [15].

Особенностью электроэнергетических систем, обеспечивающих одновременное энергообеспечение потребителей отдельных территориальных образований или регионов, является неравномерность спроса на электроэнергию, которая проявляется как в посуточных, так и в сезонных периодах, и связана с неравномерным характером нагрузки электроэнергии отдельных потребителей электроэнергии, действующих в рамках региона [24]. Посуточная неравномерность спроса вызвана продолжительностью рабочих смен, режимами труда и отдыха, а также осветительной нагрузкой. В сезонном разрезе неравномерность спроса на электроэнергию связана с сезонностью производств, отопительной нагрузкой, изменением продолжительности светового дня [25].

Учитывая технологическую особенность процессов электроснабжения, связанную с необходимостью одновременного производства, передачи и распределения электроэнергии потребителям синхронно с графиком их потребления, электроэнергетическая система вынужденно подстраивается под график спроса на электроэнергию со стороны энергосистемы. Несовпадение объемов производства и потребления электроэнергии приводит к нарушению параметров качества электроэнергии, таких как частота и напряжение, что в свою очередь вызывает нарушения в работе оборудования у потребителей электроэнергии и срабатывание ав-

томатических защитных устройств в энергосистеме.

Неравномерность графика спроса на электроэнергию вынужденно формирует непостоянство режимов работы систем производства, передачи и распределения электроэнергии и ведет к завышению удельной стоимости отпуска электроэнергии, обусловленному рядом факторов, представленных в табл. 1. По нашему мнению, выравнивание графиков спроса на электроэнергию в рамках ОЭС Востока позволит значительно снизить стоимость электроэнергии, отпускаемой потребителям, функционирующим в масштабах всей ОЭС.

Диаграмма годового спроса на электроэнергию в ОЭС Востока представлена на рис. 5. Почасовой график спроса в ОЭС Востока характеризуется как почасовой, так и сезонной волатильностью, и годовой объем спроса на электроэнергию в ОЭС Востока в период сезонного максимума имеет двукратное завышение. При этом период минимума нагрузки длится почти 5 месяцев – с мая по сентябрь, а период максимума нагрузки – всего 2,5 месяца, с декабря по середину февраля.

График посуточной выработки и потребления электроэнергии в ОЭС Востока за 2017 г. представлен на рис. 6, из которого видно, что объем выработки электроэнергии ОЭС Востока выше объема электропотребления, что обусловлено отпуском электроэнергии по межгосударственным ЛЭП в Китай. Разница между выработкой и потреблением электроэнергии ОЭС Востока имеет постоянную величину, что подчеркивает факт влияния на волатильность графика нагрузки электростанций ОЭС Востока именно внутреннего потребления.

На рис. 7 представлены графики продолжительности годовых нагрузок энергосистем ЕЭС России и ОЭС Востока. Графики нагрузок имеют одинаковую форму, однако разница между максимумом и минимумом нагрузок в ОЭС Востока выше, чем в ЕЭС России, что еще раз подчеркивает актуальность выравнивания спроса на электроэнергию именно в этих регионах.

Таблица 1

**Факторы завышения затрат на отпуск электроэнергии, связанные с неравномерностью графиков спроса****Factors overstating the cost of electricity supply associated with uneven demand schedules**

Факторы завышения стоимости отпуска электроэнергии	Описание	Причины завышения затрат
1. Снижение коэффициента загрузки электростанций	Загрузка энергоблоков ниже номинального режима в периоды спада спроса на электроэнергию	Рост удельного расхода первичных энергоресурсов на выработку электроэнергии
2. Снижение срока службы энергоблоков	Регулярная коммутация оборудования в процессе регулирования режимов выработки под неравномерную нагрузку приводит к преждевременному выходу из строя оборудования	Расходы на ремонты и замену оборудования
3. Потребность в значительных холодных резервах на электростанциях	Для покрытия зимнего максимума нагрузки энергосистемы необходимо формирование мощностей, которые в период летнего спада нагрузки остаются невостребованными	Затраты на круглогодичную эксплуатацию и ремонт оборудования, используемого несколько месяцев в году
4. Потребность в значительных горячих резервах на электростанциях	Для покрытия суточного максимума нагрузки энергосистемы необходимо содержание в готовности энергетических мощностей, способных в любой момент к мгновенной выдаче мощности в сеть	Затраты на топливо, затрачиваемое на работу турбоагрегатов, работающих вхолостую
5. Завышенные запасы топлива	На электростанциях, работающих на твердом топливе, в период сезонного максимума нагрузок необходимо формирование большего запаса топлива	Отвлечение завышенного количества оборотных средств на закупку топлива, находящегося в резерве
6. Сверхлимитное потребление газа	Потребление газа сверх договорных объемов потребления в период сезонной либо суточной неравномерности потребления газа	Оплата сверхлимитных объемов потребления газа по тарифам с завышающими коэффициентами
7. Запасы в магистральной электросетевой инфраструктуре на этапе проектирования энергосистем	Заложение резерва мощностей в электросетевую инфраструктуру, учитывающую сезонную неравномерность спроса на электроэнергию	Завышение капитальных затрат на закупку оборудования, в процессе эксплуатации работающего в режиме ниже номинального
8. Запасы в магистральной электросетевой инфраструктуре на этапе управления электрическими режимами	Необходимость учета неравномерности спроса на электроэнергию в процессе расчета режимов энергосистемы, перетоков мощности по ключевым узлам энергосистемы, учет параметров надежности	Завышение капитальных затрат на закупку оборудования, в процессе эксплуатации работающего в режиме ниже номинального
9. Снижение срока службы электросетевого оборудования	Работа электросетевого оборудования в режимах кратковременной работы в периоды пиковых нагрузок приводит к преждевременным выходам из строя	Расходы на ремонты и замену оборудования
10. Завышенный штат ремонтного и эксплуатационного персонала	Для обеспечения работы оборудования энергосистемы, работающего в периоды сезонных пиковых нагрузок, энергокомпания вынуждена увеличивать круглогодичный штат оперативного и ремонтного персонала	Завышенные затраты на фонд оплаты труда

Рассмотрим динамику почасового спроса на электроэнергию ОЭС Востока за летнюю и зимнюю неделю 2017 г. (рис. 8) и за типовые летние и зимние сутки того же года (рис. 9). В рамках недели почасовые графики спроса характеризуются значительной волатильностью, спадом электрической нагрузки в ночное время

и возрастанием в период дневного и вечернего пиков. В июле нагрузка возрастает с 2295 до 3505 МВт (на 52 %). В декабре нагрузка растет с 4478 до 5506 МВт (на 23 %). В выходные дни почасовой график спроса значительно меньше и характеризуется снижением утреннего пика нагрузки.

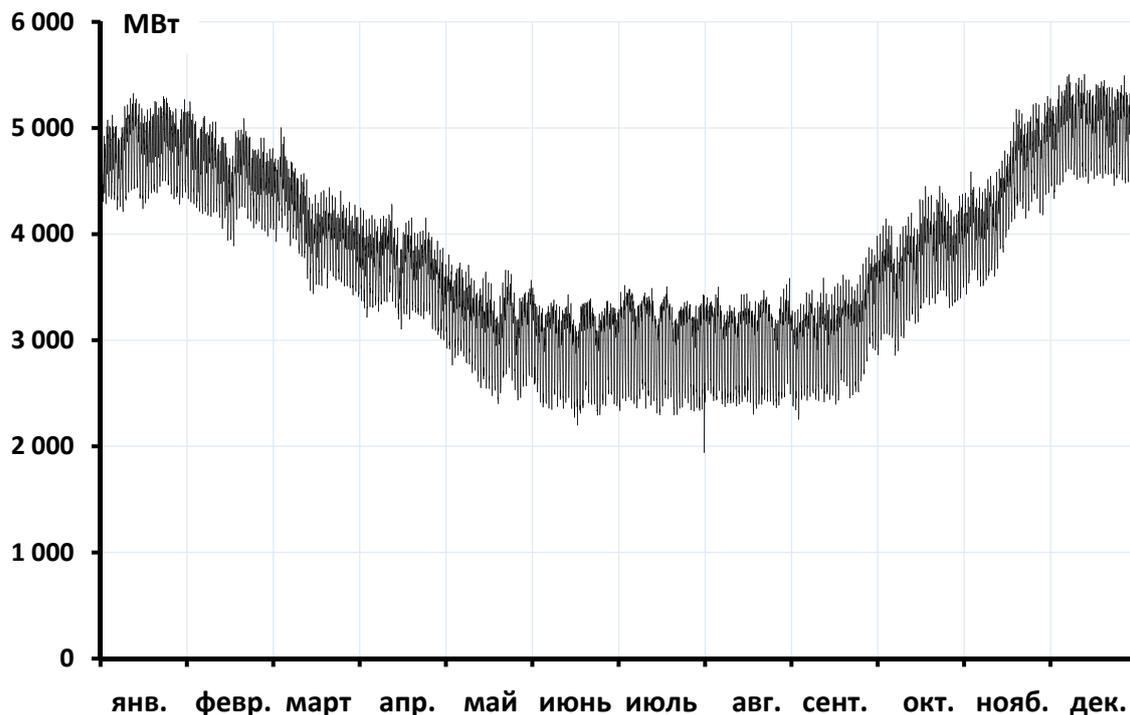


Рис. 5. График почасового электропотребления ОЭС Востока в 2017 г.  
Fig. 5. Hourly electricity consumption schedule of ECO East in 2017

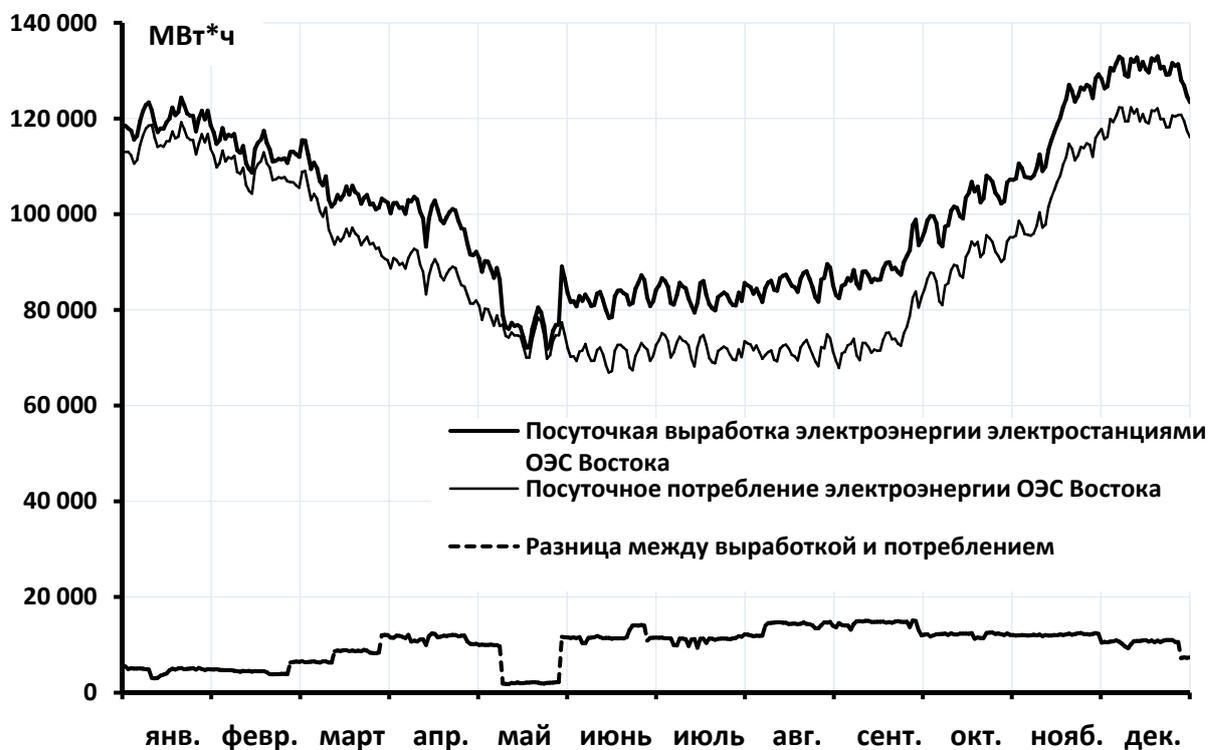
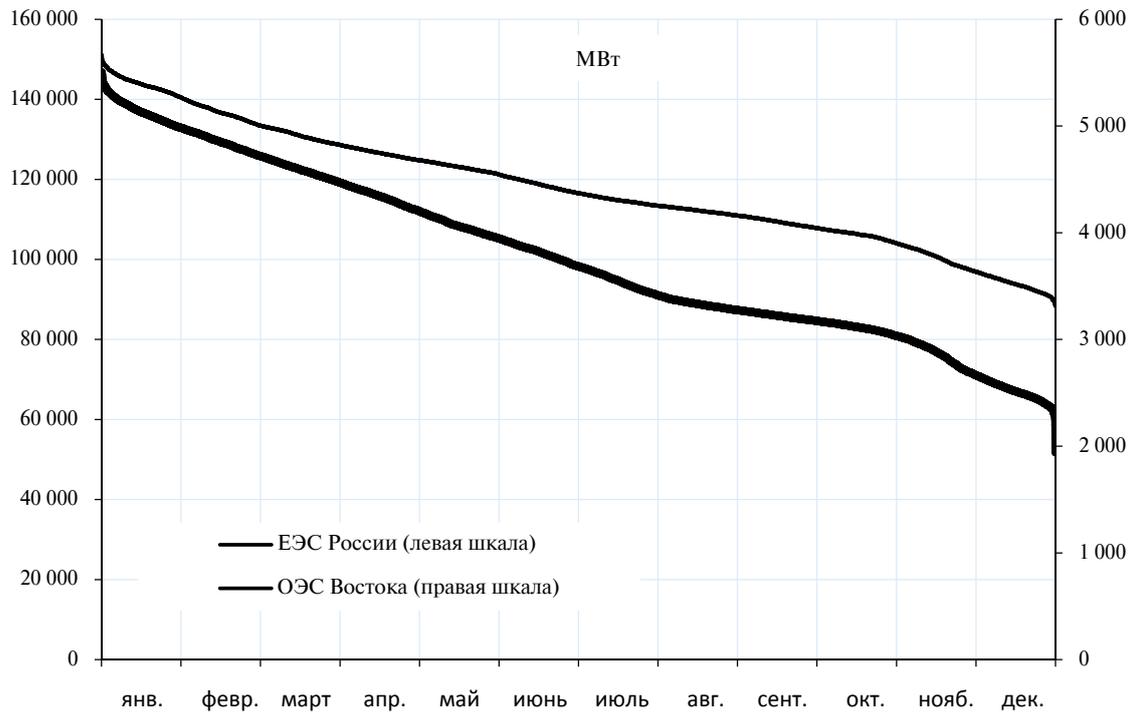
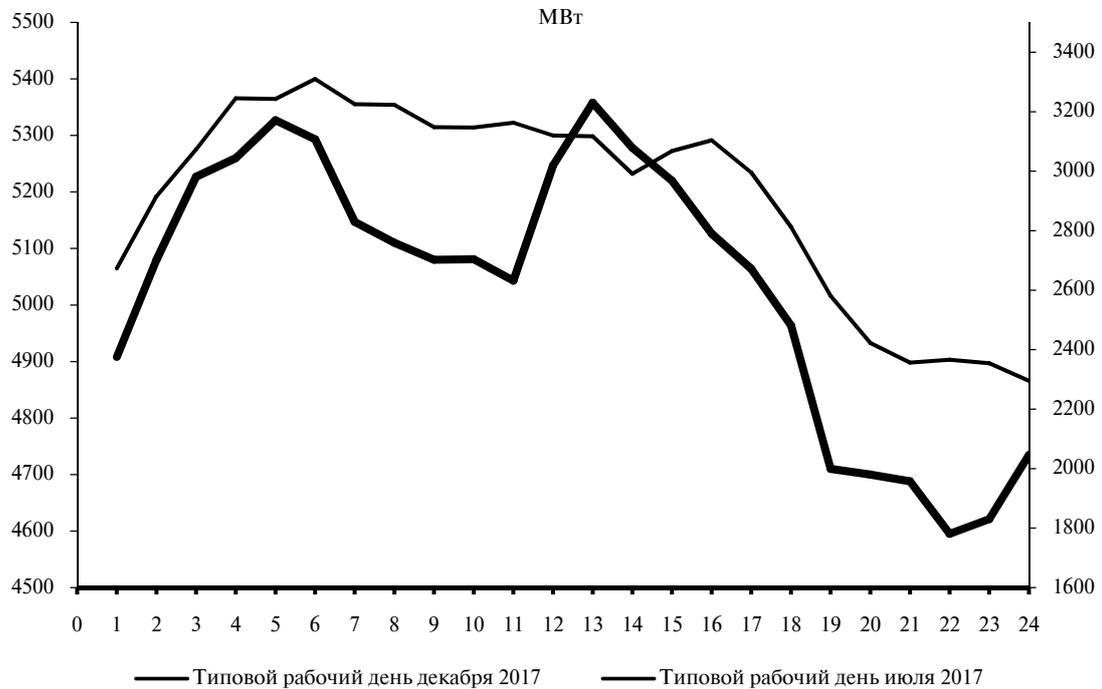


Рис. 6. График посуточной выработки и потребления электроэнергии в ОЭС Востока в 2017 г.  
Fig. 6. Daily production schedule and electricity consumption in OES East in 2017



**Рис. 7.** Диаграмма продолжительности потребления электроэнергии в ЕЭС России и ОЭС Востока в 2017 г.  
**Fig. 7.** Diagram of the duration of electricity consumption in the UES of Russia and the East OES in 2017



**Рис. 8.** График почасового электропотребления ОЭС Востока за летнюю и зимнюю неделю 2017 г.  
**Fig. 8.** Schedule of hourly electricity consumption of the East Energy System for the summer and winter week of 2017

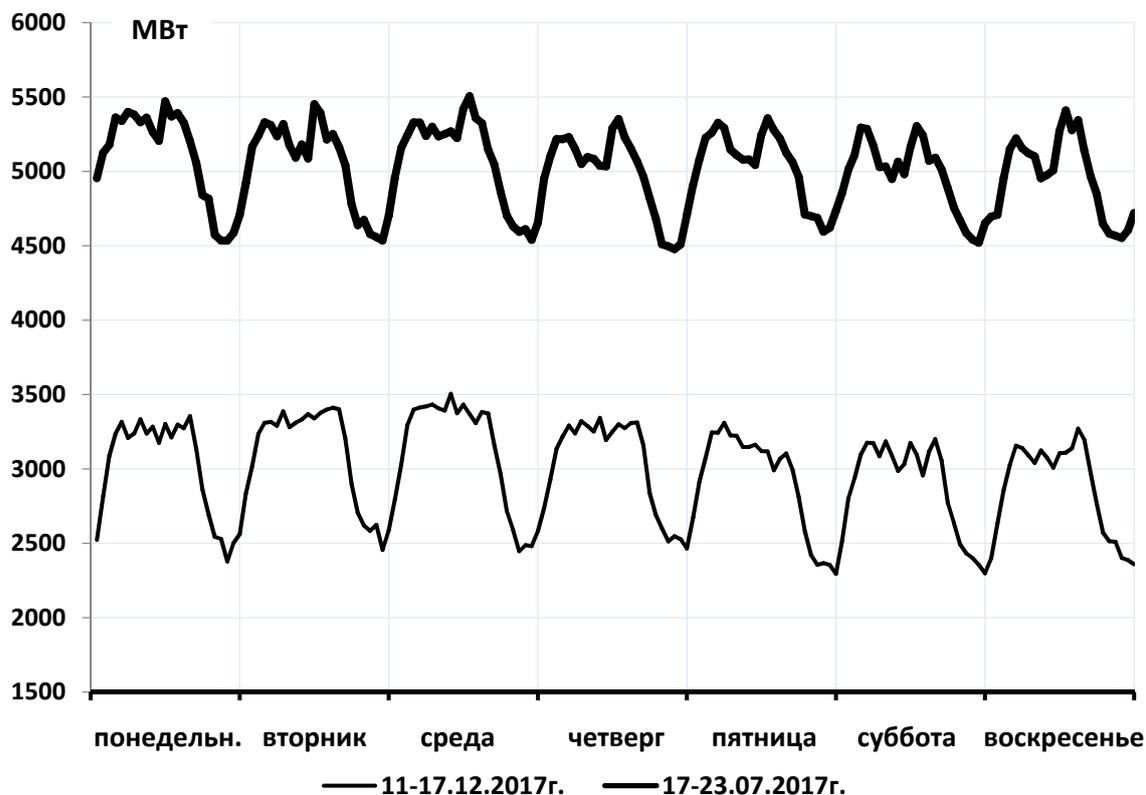


Рис. 9. Диаграммы почасового электропотребления ОЭС Востока за типовые летние и зимние сутки 2017 г.  
 Fig. 9. Charts of hourly electricity consumption of the UES of the East for typical summer and winter days of 2017

В зимний период посуточный спрос на электроэнергию ОЭС Востока характеризуется ярко выраженными утренними и вечерними пиками, а также глубоким дневным спадом нагрузки, что приводит к необходимости работы электростанций в режиме неравномерности выдачи мощности и проявляется в завышении удельных затрат на выработку электроэнергии.

Анализ характеристик выработки электроэнергии энергосистемой ОЭС Востока, представленный в табл. 2, показал, что ОЭС Востока имеет самую низкую долю установленной мощности в ЕЭС России (4 %). Также, как показано в табл. 2, показатель соотношения величин фактической нагрузки ОЭС Востока в периоды годового максимума энергосистемы и показателя располагаемой мощности электростанций также является самым низким в ЕЭС России и составляет 51 %, что на фоне высокой волатильности спроса на электроэнергию в ОЭС Востока свидетельствует о высокой степени недоиспользования потенциала энергосистемы Дальневосточного макрорегиона [26].

Сравнительный анализ коэффициентов использования установленной мощности электростанций ЕЭС России и ОЭС за 2016 и 2017 гг. представлен в табл. 3 и также подчеркивает недоиспользование существующего потенциала генерирующих мощностей [27].

Еще одной особенностью энергосистемы ОЭС Востока является структура выработки электроэнергии электростанциями. Как было отмечено, структура генерирующих мощностей ОЭС состоит из тепловых электростанций покрывающих 63 % нагрузки, и гидроэлектростанций, на которые приходится оставшиеся 37 %. Показатель доли нагрузки, покрываемой гидроэлектростанциями, которые имеют более широкие диапазоны маневренности, выше показателей других ОЭС России, что существенно расширяет возможности для регулирования параметров волатильности спроса обеспечении баланса в покрытии спроса в процессе начального этапа внедрения модели управления спросом, что очень важно в условиях параллельной работы ОЭС Востока с энергосистемой Китая (рис. 10).

Таблица 2

**Структура работы ОЭС и ЕЭС России в 2017 г.**  
**Structure of work of ECO and UES of Russia in 2017**

Показатель	ЕЭС России	В том числе						
		ОЭС Центра	ОЭС Средней Волги	ОЭС Урала	ОЭС Северо-Запада	ОЭС Юга	ОЭС Сибири	ОЭС Востока
Установленная мощность на 01.01.2018, МВт	239 812	53 077	27 204	52 715	23 865	21 539	51 911	9 502
Доля от установленной мощности ЕЭС России, %	100	22,1	11,3	22,0	10,0	9,0	21,6	4,0
Располагаемая мощность электростанций на годовой максимум потребления мощности 2017 г., МВт	220 781	52 265	25 679	50 315	22 371	20 002	41 013	9 136
Нагрузка электростанций на годовой максимум потребления мощности 2017 г., МВт	152 103	36 007	16 814	36 338	15 771	13 721	28 793	4 659
Соотношение величины фактической нагрузки энергосистемы в периоды годового максимума энергосистемы и показателя располагаемой мощности электростанций, %	69	69	65	72	70	69	70	51

Таблица 3

**Коэффициенты использования установленной мощности электростанций ЕЭС России и ОЭС в 2016 и 2017 гг., %**  
**Utilization rates of installed capacity of UES of Russia and OES power plants in 2016 and 2017, %**

ОЭС	2017					2016				
	ТЭС	ГЭС	АЭС	ВЭС	СЭС	ТЭС	ГЭС	АЭС	ВЭС	СЭС
ЕЭС России	46	42	83	15	15	47	42	81	5	13
Центра	39	28	84	–	–	40	22	79	–	–
Средней Волги	34	42	91	10	2	36	35	96	–	–
Урала	55	40	78	5	14	56	36	65	5	13
Северо-Запада	43	55	73	2	–	43	51	75	3	–
Юга	53	42	88	16	15	52	42	91	9	–
Сибири	46	42	–	–	14	46	45	–	–	14
Востока	48	40	–	–	–	45	46	–	–	–

Выявленные особенности волатильности спроса на электроэнергию со стороны потребителей энергосистемы ОЭС Востока и технологические особенности выработки электроэнергии энергосистемой ОЭС Востока объективно подчеркивают необходимость внедрения системы управления спросом на электроэнергию на территории ОЭС Востока.

Среди главных преимуществ для внедрения системы управления спросом на электроэнергию именно на базе ОЭС Востока можно выделить следующие:

– необходимость поиска новой модели для снижения тарифов на отпускаемую электроэнергию на территории Дальневосточного макрорегиона [28];

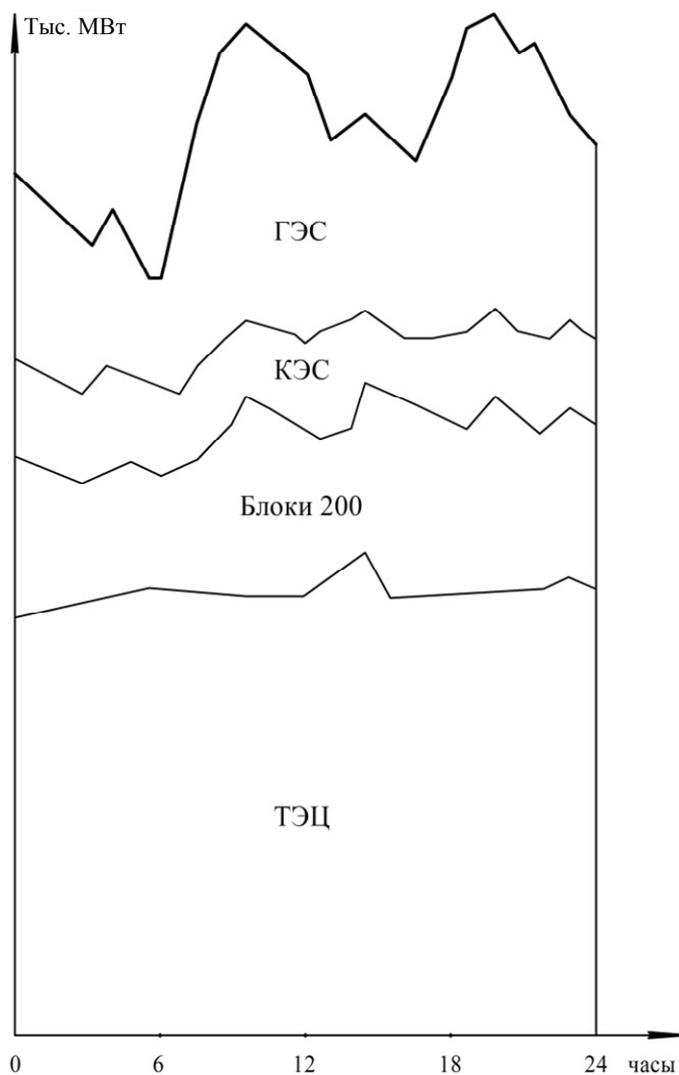


Рис. 10. Структура выработки электроэнергии в регионах ДФО в 2010 г.

Fig. 10. Structure of electricity generation in the DFO regions in 2010

- прогнозируемый рост спроса на электроэнергию за счет строительства новых производственных площадок на территории Дальневосточного макрорегиона;
- технологическую изолированность энергосистемы ОЭС Востока, позволяющую вносить изменения без влияния на работу смежных ОЭС;
- территориальную особенность ОЭС Востока, выраженная в концентрации спроса на электроэнергию в небольшом количестве территориальных образований, что обуславливает возможность гибкого управления поведением потребителей электроэнергии [29];
- изолированность модели регулирования рынка электроэнергии, позволяющую вносить

изменения в модель ценообразования без последствий для функционирования энергорынка остальной части ЕЭС России;

- структурную особенность потребления электроэнергии Дальневосточного макрорегиона, выраженную в небольшом количестве промышленных центров, способных управлять собственным спросом на электроэнергию, позволяющую учесть особенности каждого потребителя электроэнергии;

- режимную особенность ОЭС Востока, выраженную в значительной доле перетока с энергосистемой Китая;

- малую долю электропотребления ОЭС Востока в общем потреблении ЕЭС России, позво-

ляющую производить организационные изменения без влияния на основную часть энергосистемы;

– системную особенность ОЭС Востока, выраженную в сравнительно небольшом количестве магистральных линий электропередачи в масштабах макрорегиона, что дает возможность для более оперативного контроля и управления параметрами электропотребления в процессе внедрения модели управления спросом [30].

Таким образом, на Дальнем Востоке существует достаточное количество предпосылок к разработке и внедрению модели управления спросом на электроэнергию с целью повышения энергетической эффективности Дальневосточного макрорегиона и страны в целом.

#### *Выводы.*

1. Одним из основных элементов современной государственной энергетической политики России является разработка экономических механизмов для снижения тарифов на отпускаемую электроэнергию для территорий Дальневосточного макрорегиона России.

2. Энергосистема Дальневосточного макрорегиона имеет ряд особенностей: территориально-технические, энергорыночные, системные, структурные и экономические, которые определяют необходимость поиска новой модели для снижения тарифов для потребителей Дальнего Востока.

3. Введенные в 2016–2017 гг. законодательные меры, направленные на совершенствование энергетической политики в Дальневосточном макрорегионе, позволили выравнять стоимость электроэнергии на Дальнем Востоке относительно среднероссийского уровня. Однако потенциал снижения тарифов на отпускаемую электроэнергию не является исчерпанным.

4. Одним из интенсивно развивающихся методов повышения энергетической эффективности потребления электроэнергии в масштабах энергосистем является механизм управления спросом на электроэнергию, который в России находится на этапе разработки концепции.

5. Выявленные факторы завышения стоимости отпускаемой электроэнергии, связанные с неравномерностью графиков спроса, подчеркивают важность внедрения мер по выравниванию графиков спроса на электроэнергию на уровне энергосистемы Дальневосточного макрорегиона.

6. Исследование параметров спроса на электроэнергию ОЭС Востока в различные периоды позволило констатировать высокую волатильность как годового, так и недельного и суточного спроса на электроэнергию, что обуславливает значительные затраты ОЭС Востока на покрытие неравномерности графика нагрузки электроэнергии со стороны потребителей энергосистемы.

7. Исследование технологических особенностей энергосистемы ОЭС Востока, таких как низкие показатели использования установленной мощности в период годового максимума потребления, низкий показатель коэффициента использования установленной мощности энергосистемы, доказывает актуальность и возможность внедрения системы управления спросом в ОЭС Востока.

8. Внедрение модели управления спросом на базе ОЭС Востока позволит снизить затраты на отпуск электроэнергии для потребителей Дальневосточного макрорегиона, повысить инвестиционную привлекательность и укрепить экономическую устойчивость действующей экономики Дальнего Востока.

Статья выполнена при поддержке Правительства РФ (Постановление №211 от 16.03.2013 г.), соглашение № 02.A03.21.0011.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Григорьева М.С. «Восточный вектор» Российской энергетической стратегии // Известия Иркутской государственной экономической академии. 2012. № 5. С. 96–99.

[2] Галичанин Е.Н. О некоторых аспектах государственной политики по развитию Дальнего Востока // Власть и управление на Востоке России. 2017. № 4 (81). С. 8–14.

- [3] **Живора Л.И.** Экономика Дальнего Востока в ее стратегическом измерении // Вестник дипломатической академии МИД России. Россия и мир. 2016. № 4 (10). С. 116–130.
- [4] **Локшин Г.М.** АТЭС и саммит-2012: горизонты надежд для России // Проблемы Дальнего Востока. 2012. №1. С. 17–31.
- [5] **Vukovich G.G., Makuschenko L.V., Bateykin D.V., Titova O.V., Dobrosotskiy V.I.** Support of the territories of advanced economic development on human capital: Theory and practice // Quality – Access to Success. 2018. No. 2. P. 157–160.
- [6] **Izotov D.A.** The desire to speed up the Russian far eastern economy: Will the «new» institutional conditions help? // 2018. No. 2. P. 155–163.
- [7] **Belousova A.V., Isaev A.G.** Investment and economic growth: The case of the Russian far east // Zhurnal Novoi Ekonomicheskoi Associacii. 2018. No. 2. P. 164–170.
- [8] **Seliverstov V.E.** Strategic Planning and Strategic Errors: Russian Realities and Trends // Regional Research of Russia. 2018. No. 1. P. 110–120.
- [9] **Горбунов Н.М., Галичанин Е.Н.** Барьеры в социально-экономическом развитии Дальнего Востока // Власть и управление на Востоке России. 2016. № 3 (76). С. 8–13.
- [10] **Коломейцева Н.А.** Восточный экономический форум как механизм интеграции России в азиатско-тихоокеанский регион // Развитие политических институтов и процессов: зарубежный и отечественный опыт: матер. VIII Всерос. науч.-практ. конф. Омск, 2017. С. 87–89.
- [11] **Галкина М.Н.** Восточный экономический форум меняет приоритеты / М.Н. Галкина // Энергия: экономика, техника, экология. 2018. № 4. С. 63–66.
- [12] **Беляев В.И., Золотухина В.П.** Проблемы энергетики на Дальнем Востоке // Современные наукоемкие технологии. 2013. №7-1. С. 58а.
- [13] **Abramov R.A., Tronin S.A., Brovkin A.V., Pak K.C.** Regional features of energy resources extraction in eastern Siberia and the far east // International Journal of Energy Economics and Policy. 2018. No. 4. P. 280–287.
- [14] **Dzhurka N.G., Dyomina O.V.** Evaluating the Consequences of the Gas Processing Complex Creation in the Russian Far East // Economy of Region. 2018. No. 2. P. 450–462.
- [15] **Shakhovskaya L., Petrenko E., Dzhindzholia A., Timonina V.** Market peculiarities of natural gas: Case of the Pacific Region // Entrepreneurship and Sustainability Issues. 2018. No. 3. P. 555–564.
- [16] **Глотов А.В., Меркульева А.А.** Проблемы и перспективы развития изолированных энергосистем Дальнего Востока: на примере энергосистемы республики Саха (Якутия) // Вестник Московского финансово-юридического университета. 2017. №1. С. 55–64.
- [17] **Abramov R.A., Tronin S.A., A Brovkin.V., Pak K.C.** Regional features of energy resources extraction in eastern Siberia and the far east // International Journal of Energy Economics and Policy. 2018. No. 4. P. 280–287.
- [18] **Saneev B.G.** Energy sector of eastern Russia: Current state and prospects // Regional Research of Russia. 2014. No. 2. P. 115–120.
- [19] **Plakitkina L.S., Plakitkin Yu.A., Dyachenko K.I.** Prospects for coal production in the Far East Federal District up to 2035 Information about authors // Gornyi Zhurnal. No. 3. 2017. P. 10–14.
- [20] **Sidorova N.G., Novikova S.A.** Factors influencing efficient structure of fuel and energy complex // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference on Innovations and Prospects of Development of Mining Machinery and Electrical Engineering 2017. No. 3.
- [21] **Oleinik E.B., Sidorova N.G.** Analysis and estimation of electric power demand in Russian Far East // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference on Innovations and Prospects of Development of Mining Machinery and Electrical Engineering 2017, IPDME 2017. No. 3.
- [22] **Гительман Л.Д., Ратников Б.Е., Кожевников М.В., Шевелев Ю.П.** Управление спросом на энергию. Уникальная инновация для российской электроэнергетики : [моногр.]. Екатеринбург, 2013. 120 с.
- [23] **Chiu Wei-Yu, Sun Hongjian, Poor H.V.** Energy Imbalance Management Using a Robust Pricing Scheme // IEEE TransactionsonSmartGrid. 2013. No. 4 (2). P. 896–904.
- [24] **Соловьева И.А., Дзюба А.П.** Управление энергозатратами по показателям спроса на электропотребление производственных объектов с постоянным характером электрических нагрузок // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки. 2017. №1. С. 317–331.
- [25] **Дзюба А.П., Соловьева И.А.** Ценозависимое управление электропотреблением и энергозатратами на производственных объектах металлургического комплекса // Металлург. 2017. № 1. С. 8–15.
- [26] **Нефёдов А.С.** Энергетика ДФО: новые перспективы энергетики Дальнего Востока в рамках развития экономики региона (ТОСЭР) // Современные тенденции, перспективы развития экономики и управления в странах АТР: матер. III евраз. науч.-практ. конф. с междунар. участием. 2016.
- [27] **Соколов А.Д., Музыкачук С.Ю., Музыкачук Р.И.** Энергоэкономический анализ топливно-энергетиче-

ского комплекса Дальнего Востока // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2017. №1 (120). С. 141–155.

[28] **Захарченко Н.Г., Демина О.В.** Моделирование экономических взаимодействий в системе «Энергетика – экономика»: опыт Дальнего Востока // Пространственная экономика. 2015. №1. С. 62–90.

**ДЗЮБА Анатолий Петрович.** E-mail: dzyuba-a@yandex.ru

**СОЛОВЬЕВА Ирина Александровна.** E-mail: solovevaia@susu.ru

*Статья поступила в редакцию: 29.09.2018*

## REFERENCES

[1] **M.S. Grigor'eva,** «Vostochnyj vektor» Rossijskoj ehnergeticheskoy strategii, Izvestiya Irkutskoj gosudarstvennoj ehkonomicheskoy akademii, 5 (2012) 96–99.

[2] **E.N. Galichanin,** O nekotoryh aspektah gosudarstvennoj politiki po razvitiyu Dal'nego Vostoka, Vlast' i upravlenie na Vostoke Rossii, 4 (81) (2017) 8–14.

[3] **L.I. ZHivora,** EHkonomika Dal'nego Vostoka v ee strategicheskom izmerenii, Vestnik diplomaticheskoy akademii MID Rossii. Rossiya i mir, 4 (10) (2016) 116–130.

[4] **G.M. Lokshin,** АТЕHS i sammit-2012: gorizonty nadezhd dlya Rossii, Problemy Dal'nego Vostoka, 1 (2012) 17–31.

[5] **G.G. Vukovich, L.V. Makusshenko, D.V. Bateykin, O.V. Titova, V.I. Dobrosotskiy,** Support of the territories of advanced economic development on human capital: Theory and practice, Quality – Access to Success, 2 (2018) 157–160.

[6] **D.A. Izotov,** The desire to speed up the Russian far eastern economy: Will the «new» institutional conditions help? 2 (2018) 155–163.

[7] **A.V. Belousova, A.G. Isaev,** Investment and economic growth: The case of the Russian far east, Zhournal Novoi Ekonomicheskoi Associacii, 2 (2018) 164–170.

[8] **V.E. Seliverstov,** Strategic Planning and Strategic Errors: Russian Realities and Trends. Regional Research of Russia, 1 (2018) 110–120.

[9] **N.M. Gorbunov, E.N. Galichanin,** Bar'ery v social'no-ehkonomicheskom razvitii Dal'nego Vostoka, Vlast' i upravlenie na Vostoke Rossii, 3 (76) (2016) 8–13.

[10] **N.A. Kolomejceva,** Vostochnyj ehkonomicheskij forum kak mekhanizm integracii Rossii v aziatsko-tihookeanskij region, Razvitie politicheskikh institutov i processov: zarubezhnyj i otechestvennyj opyt. Materialy VIII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Omsk, (2017) 87–89.

[11] **M.N. Galkina,** Vostochnyj ehkonomicheskij forum menyaet priority, EHnergiya: ehkonomika, tekhnika, ehkologiya, 4 (2018) 63–66.

[29] **Навесов А.В.** Исследование перспективы развития солнечной энергетики на Дальнем Востоке // Гидроэлектростанции в XXI веке: сб. матер. V Всерос. науч.-практ. конф. 2018.

[30] **Motomura M.** Japan's need for Russian oil and gas: A shift in energy flows to the Far East // Energy Policy. 2014. No. 3. P. 68–79.

[12] **V.I. Belyaev, V.P. Zolotuhina,** Problemy ehnergetiki na Dal'nem Vostoke, Sovremennye naukoemkie tekhnologii, 7-1 (2013) 58.

[13] **R.A. Abramov, S.A. Tronin, A.V. Brovkin, K.C. Pak,** Regional features of energy resources extraction in eastern Siberia and the far east, International Journal of Energy Economics and Policy, 4. (2018) 280–287.

[14] **N.G. Dzhurka, O.V. Dyomina,** Evaluating the Consequences of the Gas Processing Complex Creation in the Russian Far East, Economy of Region, 2 (2018) 450–462.

[15] **L. Shakhovskaya, E. Petrenko, A. Dzhindzholia, V. Timonina,** Market peculiarities of natural gas: Case of the Pacific Region, Entrepreneurship and Sustainability Issues, 3 (2018) 555–564.

[16] **A.V. Glotov, A.A. Merkul'eva,** Problemy i perspektivy razvitiya izolirovannyh ehnergosistem Dal'nego Vostoka: na primere ehnergosistemy respubliky Saha (Yakutiya), Vestnik Moskovskogo finansovo-yuridicheskogo universiteta, 1 (2017) 55–64.

[17] **R.A. Abramov, S.A. Tronin, A.V. Brovkin, K.C. Pak,** Regional features of energy resources extraction in eastern Siberia and the far east, International Journal of Energy Economics and Policy, 4 (2018) 280–287.

[18] **B.G. Saneev,** Energy sector of eastern Russia: Current state and prospects, Regional Research of Russia, 2 (2014) 115–120.

[19] **L.S. Plakitkina, Yu.A. Plakitkin, K.I. Dyachenko,** Prospects for coal production in the Far East Federal District up to 2035 Information about authors, Gornyi Zhurnal, 3 (2017) 10–14.

[20] **N.G. Sidorova, S.A. Novikova,** Factors influencing efficient structure of fuel and energy complex, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference on Innovations and Prospects of Development of Mining Machinery and Electrical Engineering, 3 (2017).

- [21] **E.B. Oleinik, N.G. Sidorova**, Analysis and estimation of electric power demand in Russian Far East, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference on Innovations and Prospects of Development of Mining Machinery and Electrical Engineering 2017, IPDME 2017, 3 (2017).
- [22] **L.D. Gitel'man, B.E. Ratnikov, M.V. Kozhevnikov, Yu.P. Shevelev**, Upravlenie sprosom na ehnergiyu. Unikal'naya innovaciya dlya rossijskoj ehlektroehnergetiki : monografiya. Ekaterinburg, 2013.
- [23] **Wei-Yu Chiu, Hongjian Sun, H. Vincent Poor**, Energy Imbalance Management Using a Robust Pricing Scheme, IEEE Transactions on Smart Grid, 4 (2) (2013) 896–904.
- [24] **I.A. Solov'eva, A.P. Dzyuba** Upravlenie ehnergozatratami po pokazatelyam sprosa na ehlektropotreblenie proizvodstvennyh ob'ektov s postoyannym harakterom ehlektricheskikh nagruzok, Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Social'no-ehkonomicheskie nauki, 1 (2017) 317–331.
- [25] **A.P. Dzyuba, I.A. Solov'eva**, Cenozavisimoe upravlenie ehlektropotrebleniem i ehnergozatratami na proizvodstvennyh ob'ektah metallurgicheskogo kompleksa, Metallurg, 1 (2017) 8–15.
- [26] **A.S. Nefyodov**, Ehnergetika DFO: novye perspektivy ehnergetiki Dal'nego Vostoka v ramkah razvitii ehkonomiki regiona (TOSEHR), Sovremennye tendencii, perspektivy razvitiya ehkonomiki i upravleniya v stranah ATR. Materialy III evrazijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. 2016.
- [27] **A.D. Sokolov, S.Yu. Muzychuk, R.I. Muzychuk** EH-nergoehkonomicheskij analiz toplivno-ehnergeticheskogo kompleksa Dal'nego Vostoka, Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 1 (120) (2017) 141–155.
- [28] **N.G. Zaharchenko, O.V. Demina**, Modelirovanie ehkonomicheskikh vzaimodejstvij v sisteme «EHnergetika – ehkonomika»: opyt Dal'nego Vostoka, Prostranstvennaya ehkonomika, 1 (2015) 62–90.
- [29] **A.V. Navesov**, Issledovanie perspektivy razvitiya solnechnoj ehnergetiki na Dal'nem Vostoke, Gidroehtrostantsii v XXI veke. sbornik materialov V Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 2018.
- [30] **M. Motomura**, Japan's need for Russian oil and gas: A shift in energy flows to the Far East, Energy Policy, 3 (2014) 68–79.

**DZYUBA Anatolyy D.** E-mail: dzyuba-a@yandex.ru

**SOLOVEVA Irina A.** E-mail: solovevaia@susu.ru