

УДК 621.311

Т.М. Бугаева, Л.Д. Хабачев

**КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ПЛАНИРОВАНИЮ  
РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА МЕГАПОЛИСА  
(НА ПРИМЕРЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА)**

Т.М. Bugaeva, L.D. Khabachev

**THE PRINCIPLES FOR DECISION SUPPORT SYSTEM FORMATION  
FOR ST.PETERSBURG' ENERGY SECTOR EXPANSION  
(AN EXAMPLE ST. PETERSBURG)**

Рассмотрены условия функционирования и развития энергетического комплекса Санкт-Петербурга. Изложены основные принципы формирования системы поддержки принятия решений по развитию энергетического комплекса города.

УПРАВЛЕНИЕ. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС. ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ.

The authors consider the conditions of functioning and the development of energy sector of St. Petersburg. The paper presents the basic principles for decision support system formation for St. Petersburg's energy sector expansion.

MANAGEMENT. STABILITY. ENERGY SECTOR. DECISION SUPPORT SYSTEM. SIMULATION.

Сегодня все больше внимания уделяется комплексному планированию социально-экономического развития городов. Особенно это относится к крупным городам – мегаполисам, что связано как с их большим размером, так и их ведущей ролью – делового, политического, финансового и культурного центра национального и мирового уровня.

Одним из наиболее жизненно важных элементов среды мегаполиса является система его энергообеспечения. Она включает системы электроснабжения, теплоснабжения, газоснабжения и тесно связана со многими другими городскими системами, например системой водоснабжения, строительства, землепользования, транспорта, связи (см. рис. 1). Энергетические системы, входящие в структуру системы энергообеспечения города, называют энергетическим комплексом (ЭК) города. Стратегической целью энергетической политики является создание устойчивой и способной к саморегулированию системы обеспечения энергетической безопасности с учетом оптимизации территориальной структуры производства и потребления топливно-энергетических ресурсов.

Органы власти мегаполиса нуждаются в методологической и методической поддержке для принятия обоснованных управленческих решений по развитию ЭК.

К мегаполисам относится и Санкт-Петербург – город с многофункциональной, диверсифицированной экономикой и обширной социальной сферой. Численность населения Санкт-Петербурга на 01.01.2012 г. составила 4 млн 952 тыс. чел., это третий город в Европе по численности населения после Москвы и Лондона. Санкт-Петербург – самый северный в мире мегаполис.

Энергетический комплекс Санкт-Петербурга – один из крупнейших в России. В таблице перечислены крупнейшие предприятия энергетики, сгруппированные по виду основной деятельности.

*Электроснабжение.* Общая установленная мощность 17 станций, находящихся на территории Санкт-Петербурга, составила 3989,43 МВт. Крупнейшим субъектом электроэнергетики, осуществляющим производство электрической энергии, является ОАО «Территориальная генерирующая компания № 1» (далее –

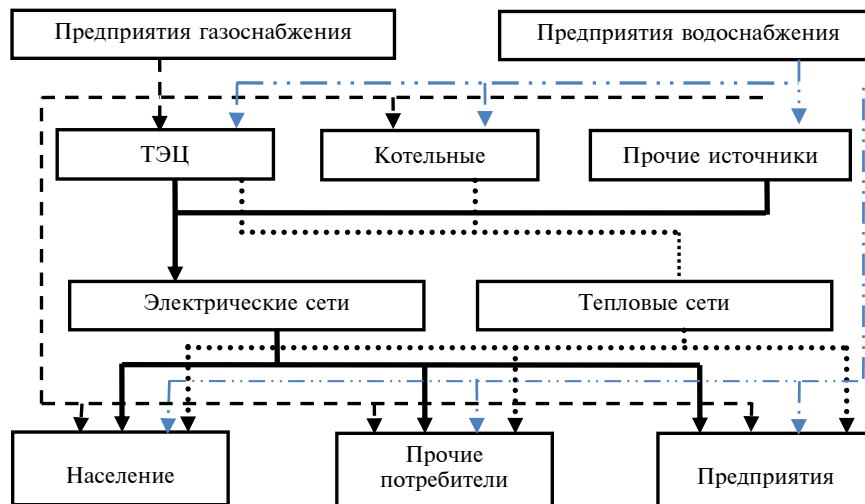


Рис. 1. Схема технологических связей между предприятиями в системе энергообеспечения города (—) – электрическая энергия; (•••••) – тепловая энергия; (- · - · -) – вода; (- - -) – газ

**Крупнейшие организации энергетического комплекса Санкт-Петербурга**

Вид деятельности	Компании
Производство электрической и тепловой энергии	ОАО «ТГК-1» ОАО «Северо-Западная ТЭЦ» ОАО «Юго-Западная ТЭЦ» Ведомственные ТЭЦ
Сбыт, поставки электроэнергии	ОАО «Петербургская сбытовая компания» ООО «Балтийская сбытовая компания» ООО «Русэнергосбыт» ООО «Энергия-Холдинг» ООО «ЭСК «Энергосервис»
Производство тепловой энергии	ГУП «ТЭК Санкт-Петербурга» ЗАО «Лентеплоснаб» ООО «Петербургтеплоэнерго» ОАО «Петербургэнерго» Ведомственные котельные
Передача и распределение электрической энергии	Филиал ОАО «ФСК-ЕЭС» МЭС Северо-Запада ОАО «МРСК Северо-Запад» ОАО «Ленэнерго» ОАО «Санкт-Петербургские электрические сети» ОАО «Петродворцовая электросеть» ЗАО «Царскосельская энергетическая компания»
Транспорт тепла	ГУП «ТЭК Санкт-Петербурга» ОАО «Теплосеть Санкт-Петербурга»
Поставки газа	ЗАО «Газпром межрегионгаз Санкт-Петербург»
Транспорт и распределение газа	ООО «Газпром трансгаз Санкт-Петербург» ГРО «ПетербургГаз»

ОАО «ТГК-1»). Она реализует произведенную продукцию на оптовом рынке электроэнергии и мощности. Передача и распределение электрической энергии на территории Санкт-Петербурга осуществляются 21 сетевой организацией. Поставки электрической энергии конечным потребителям осуществляются сбытовыми компаниями – субъектами розничного рынка Санкт-Петербурга.

*Теплоснабжение.* Суммарная установленная мощность всех источников теплоснабжения составляет около 34,6 тыс. Гкал/ч, подключенная мощность – 24,8 тыс. Гкал/ч. Основные производители тепловой энергии ТЭЦ ОАО «ТГК-1» и котельные ГУП «ТЭК Санкт-Петербурга», между которыми существует конкуренция в некоторых технологических зонах системы теплоснабжения.

Теплосетевое хозяйство Санкт-Петербурга характеризуется крайней степенью износа и аварийности, высоким уровнем потерь. Общая протяженность тепловых сетей – 7874 км (в однострубно́м исчислении), из них 4129 км – на балансе ГУП «ТЭК СПб», 2452 км – на балансе ОАО «Теплосеть Санкт-Петербурга», 981 км – на балансе «Петербургтеплоэнерго».

*Газоснабжение.* Доля газа в топливном балансе города составляет 95 %. Основными потребителями природного газа являются теплоэлектроцентрали, на долю которых приходится более 50 % от общего объема потребления газа в городе, отопительные котельные и производственные предприятия, на долю которых приходится по 20 %; 6 % от общего газопотребления используется населением на коммунально-бытовые нужды.

Подача газа в Санкт-Петербург осуществляется через 16 газораспределительных станций. Распределение газа по городу осуществляется по многоступенчатой системе газопроводов высокого, среднего и низкого давления. В Санкт-Петербурге и пригородах эксплуатируется около 6000 км газопроводов и 526 газорегуляторных пункта.

Управление развитием и функционированием энергетических комплексов крупных городов-мегаполисов осуществляется, как показано на рис. 2, в условиях функционирования совокупности специализированных взаимосвязанных рынков энергии и топлива, степень интеграции которых определяется особенностями топливно-энергетического

баланса (ТЭБ) мегаполиса, существующей технологической базой. Так, для Санкт-Петербурга характерны теплофикационная основа энергоснабжения и высочайший уровень централизации и концентрации производства тепла.

На указанных энергетических рынках энергии и топлива действует большое число хозяйствующих субъектов с разными формами собственности. При управлении и развитием ЭК мегаполиса необходимо учитывать, что целевые интересы субъектов ЭК мегаполиса противоречивы, зачастую противоположны. Антагонистический характер носят отношения производителей и потребителей топлива и энергии, причем интересы тех и других могут не совпадать с интересами органов власти города. Многие решения не могут быть приняты без согласования интересов всех заинтересованных сторон и достижения нужного компромисса.

Процесс такого согласования требует ясного и явного определения целевых установок всех групп субъектов отношений и критериев принимаемых ими решений. Основные цели (и соответственно критерии достижения этих целей) энергетических компаний и инвесторов связаны с получением максимальной прибыли от их деятельности. Потребители заинтересованы в минимальных тарифах на энергию, обеспечении надежности и качества энергоснабжения. Органы власти стремятся к максимальным поступлениям в соответствующие бюджеты, минимуму экологического влияния энергетических объектов, обеспечению энергетической безопасности города и др.

В настоящее время *отсутствует методология и механизмы согласования интересов различных хозяйствующих субъектов и федеральных и региональных органов власти при обосновании и принятии решений по развитию электро-, тепло- и газоснабжения мегаполисов*, в увязке с развитием их экономики и социальной сферы и с учетом связей региональных рынков с федеральными рынками энергии и топлива.

Исходная основа системы управления развитием ЭК мегаполиса – стратегическое планирование развития города, т. е. многоуровневая иерархическая система взаимосвязанных документов.

В этом плане в Санкт-Петербурге ведется значительная работа. Существует определенная

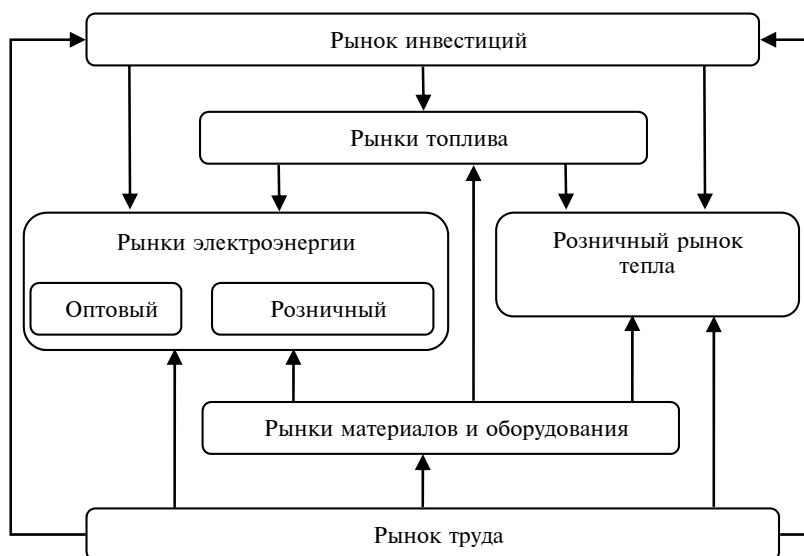


Рис. 2. Структура энергетического рынка мегаполиса

глобальная идея развития, представленная «Концепцией социально-экономического развития Санкт-Петербурга до 2020 года» [1], рассчитанная на долгосрочную перспективу. Территориальный аспект развития города отражен в «Генеральном плане Санкт-Петербурга» [2]. В состав Генерального плана входят материалы, устанавливающие цели и задачи территориального планирования Санкт-Петербурга, основные параметры развития города, виды функциональных зон на территории Санкт-Петербурга и материалы, устанавливающие очередность размещения и развития основных объектов инженерно-транспортной инфраструктуры и основных функциональных зон. Из Генерального плана следует, что будущие условия развития и функционирования ЭК города будут в значительной степени изменяться. Причины для этого следующие:

- увеличение объемов жилищного строительства на свободных территориях, увеличение резервных территорий для промышленного строительства и рост показателей обеспеченности жильем (к 2025 г. средняя норма обеспеченности жильем должна составить 35 м<sup>2</sup> на 1 чел. при существующем показателе 21 м<sup>2</sup>);
- под общественно-деловую сферу, связанную с развитием науки, высшего образования, обслуживания населения, банковской деятельности, учреждений отдыха и т. д. заложены значительные территории, в 1,8–2 раза превышающие современные объемы;

- развитие промышленности осуществляется за счет предоставления территорий под новые производства во внешнем промышленном поясе (около 1,5 тыс. га на 2025 г.);

- увеличение протяженности внутригородской инфраструктуры (железные дороги, метрополитен, скоростной трамвай, наземный экспресс) с 350,5 до 481,8 км в 2015 г. и до 630,7 км к 2025 г.

Реализация Генерального плана будет неизбежно связана с изменением объемов и структуры потребления энергии как по мегаполису в целом, так и в территориальных разрезах в границах города. Так прирост электрической нагрузки за 2012–2025 гг. составит 3995,5 МВт [3]. Суммарный прирост тепловой нагрузки за 2010–2025 гг. – более 115 00 Гкал/ч [4]. Наибольший прирост нагрузки ожидается в Пушкинском, Красносельском, Московском, Приморском районах. Основными причинами роста газопотребления являются: увеличение выработки тепловой и электрической энергии для развития Санкт-Петербурга за счет строительства и реконструкции ТЭЦ и котельных; развитие промышленного производства, использующего природный газ как для технологических нужд, так и для теплоснабжения предприятий; газификация территории малоэтажной застройки пригородов Санкт-Петербурга – населенных пунктов Курортного, Пушкинского, Выборгского, Красносельского, Приморского, Колпинского и Петродворцового районов.

В настоящее время на основании Генерального плана Правительством Санкт-Петербурга ведется разработка и мониторинг Генеральных схем электроснабжения, теплоснабжения и газоснабжения на перспективу до 15 лет. При всей значимости указанных работ на этапе подготовки и принятия стратегических решений по развитию ЭК возникает необходимость комплексного анализа условий развития ЭК и возможных решений по развитию отдельных отраслей с учетом интересов хозяйствующих субъектов и органов власти, условий функционирования энергетических рынков.

Очевидно, что новые рыночные условия функционирования и развития ЭК требуют существенного пересмотра методических подходов к управлению развитием ЭК мегаполиса и набора используемых для этих целей вычислительных инструментов.

Это прежде всего касается выбора решений в условиях неопределенности и учета многокритериальности [5].

При этом можно назвать следующие направления деятельности:

- для моделирования перспективных сценариев потребления энергии разработка системно-динамической модели энергетического комплекса Санкт-Петербурга, которая даст возможность оценить не только темпы роста потребления и факторы, непосредственно влияющие на них, но и обратные связи, вызванные ростом эф-

фективности потребления. Принципы построения такой модели сформулированы нами в [6].

- принятие решения по согласованному развитию систем газо-, тепло- и электроснабжения с учетом влияния как экономических, так и неэкономических внешних факторов, требующее сочетания оптимизационных подходов и экспертно-ориентированной системы имитации. Создаваемый инструмент, иллюстрируемый рис. 3, должен позволить органам власти анализировать то, как различные целевые установки и ограничения влияют на структуру и размещение объектов энергетики и как та или иная структура влияет на жизнедеятельность города.

Оптимизационная модель – инструмент решения задач выбора структуры и размещения объектов электро- и теплогенерации на территории мегаполиса в увязке с развитием магистральных электрических, тепловых и газовых сетей, возможностями получения мощности и электроэнергии в границах зональной ОЭС, наличием ограничений по ресурсам газа. Основная функция оптимизационной модели – поиск допустимого и эффективного варианта развития энергоснабжения Санкт-Петербурга при заданных значениях внешних экономических факторов (цен и ресурсов топлива, капиталовложений, уровня спроса и др.) и заданных критериях оптимизации. С помощью этого инструмента производится выбор рациональной производственной структуры ЭК.

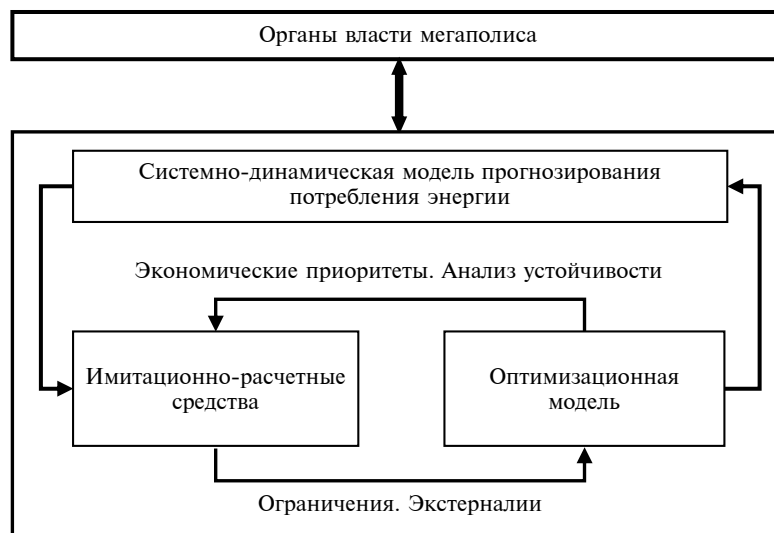


Рис. 3. Модельный комплекс для исследования и обоснования развития ЭК мегаполиса

Имитационные средства [7] позволяют исследовать изменения приоритетов развития энергоснабжающих систем Санкт-Петербурга следующим образом:

- при широком диапазоне варьирования экономических и неэкономических факторов многократно задавать сценарии (сочетания факторов и условий), выявляя границы возможных изменений исследуемых показателей;
- реализовать принцип многокритериальности оптимизационной задачи;
- проводить анализ «что, если», выявляющий, что может произойти в рамках системы при наступлении конкретного события;

– координировать прогнозы и сценарные условия по различным энергоресурсам в рамках единой структуры энергетического комплекса мегаполиса.

Очевидно, что создание и практическое использование указанного модельного комплекса связано со сложной проблемой его «встраивания» в общую систему управления ЭК города, организации информационного и содержательного взаимодействия с проектными организациями и хозяйствующими субъектами, участвующими в подготовке и обосновании решений по развитию ЭК.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О Концепции социально-экономического развития Санкт-Петербурга до 2020 года [Электронный ресурс] : Постановление Правительства Санкт-Петербурга № 275 от 28.03.2012 г. – Режим доступа: [http://www.cedipt.spb.ru/economics/strategic\\_planning/](http://www.cedipt.spb.ru/economics/strategic_planning/)

2. О Генеральном плане Санкт-Петербурга и границах зон охраны объектов культурного наследия на территории Санкт-Петербурга [Электронный ресурс] : Закон Санкт-Петербурга № 728-99 от 22.12.2005 г. – Режим доступа: <http://www.kgainfo.spb.ru>

3. Об отраслевой схеме электроснабжения Санкт-Петербурга на период до 2015 года с учетом перспективы до 2025 года [Электронный ресурс] : Постановление Правительства Санкт-Петербурга № 734 от 03.07.2007 г. – Режим доступа: <http://gov.spb.ru/gov/otrasl/ingen/documents/>

4. Об отраслевой схеме теплоснабжения Санкт-

Петербурга на период до 2015 года с учетом перспективы до 2025 года [Электронный ресурс] : Постановление Правительства Санкт-Петербурга № 1661 от 25.12.2007 г. – Режим доступа: <http://gov.spb.ru/gov/otrasl/ingen/documents/>

5. Системные исследования в энергетике: Ретроспектива научных направлений СЭИ–ИСЭМ [Текст] / отв. ред. Н.И. Воропай. – Новосибирск: Наука, 2010. – 686 с.

6. Бугаева, Т.М. Принципы построения имитационно-динамической модели прогнозирования потребления электроэнергии [Текст] / Т.М. Бугаева, Л.Д. Хабачев // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. – 2008. – № 2 (54). – С. 126–131.

7. Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука [Текст] : пер. с англ. / Р. Шеннон. – М.: Мир, 1978.

---

**БУГАЕВА Татьяна Михайловна** – ассистент экономики и менеджмента в энергетике и природопользовании Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.

195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, тел. (812)297-09-72. E-mail: bug\_tatiana@bk.ru

**BUGAEVA, Tat'jana M.** – St. Petersburg State Polytechnical University.

195251, Politekhnikeskaya str. 29. St. Petersburg. Russia. E-mail: bug\_tatiana@bk.ru

**ХАБАЧЕВ Лев Давидович** – профессор кафедры экономики и менеджмента в энергетике и природопользовании Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, доктор экономических наук, профессор.

195251 Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, тел. (812)297-09-72. E-mail: khabatchev@loesk.ru

**KNABATCHEV, Lev D.** – St. Petersburg State Polytechnical University.

195251, Politekhnikeskaya str. 29. St. Petersburg. Russia. E-mail: khabatchev@loesk.ru

---