

Пространственная поляризация энергосистем: Центральный экономический район России (географический аспект)

Предложен вариант территориальной организации локальной энергетики, основанный на принципе комбинирования различных источников энергии. При этом локальная и централизованная энергетика рассматриваются как территориальное сочетание, что определяет многовариантность композиционного построения систем энергоснабжения. Автором рассматривается идея географической концепции территориальной организации локальных систем энергоснабжения.

Ключевые слова: электроэнергетика, централизованная и локальная энергосистема, поляризация энергетического пространства, модель разномасштабной энергосистемы.

Постановка научной проблемы и ее значение. В современной России далеко зашли процессы социально-экономической поляризации регионов, обуславливающие резкие различия энергетических проблем «полюсов роста» и депрессивных зон. В результате существуют разные уровни энергетического пространства, которые вызывают необходимость принятия мер по усилению надежности энергоснабжения на локальном уровне. Географический анализ энергетических проблем именно на локальном уровне конкретной местности позволяет объективно оценить эффективность вариантов территориальной организации энергетического снабжения. *Отсюда, ключевая идея данной работы:* одним из эффективных способов повышения надежности снабжения на разных уровнях энергетического пространства является сопряжение вертикальной интеграции централизованных с горизонтальной интеграцией локальных систем.

Научная новизна исследования состоит в географическом обосновании концепции возрождения локальной энергетики, предложена модель организации более многоуровневого энергетического пространства, способная ослабить каскадный характер негативных последствий в случае сбоев в энергосистеме.

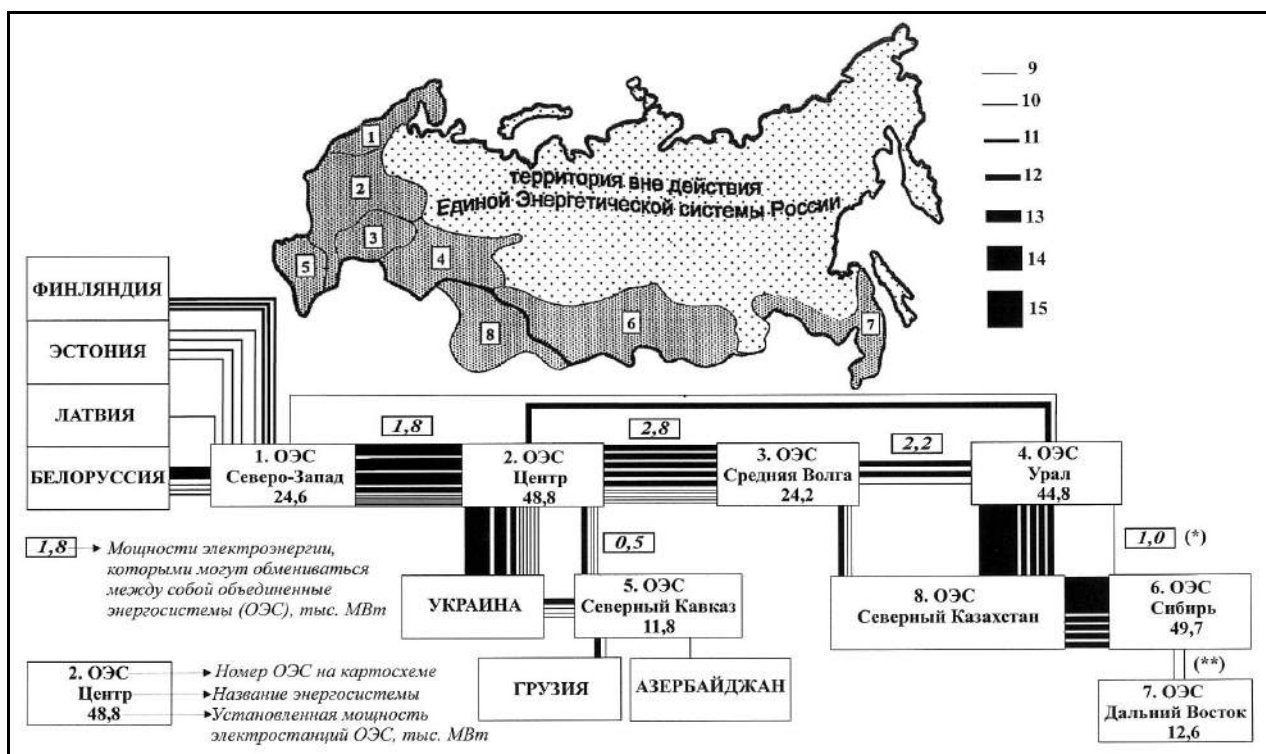
Практическая значимость работы связана с возможностью существенного повышения надежности энергоснабжения потребителей в энергетически поляризованных регионах различного масштаба за счет сопряженного развития централизованных и локальных энергосистем. Материалы работы могут быть использованы в любом регионе СНГ для широкого спектра академических и прикладных исследований по развитию энергетики, хозяйства и расселения.

Анализ последних исследований этой проблемы. Многокритериальный подход в исследовании позволяет отнести идею развития разномасштабных энергосистем к категории проблемных исследований сложных систем и определяет необходимость использования научных положений теории долгосрочного технико-экономического развития и закономерностей смены технологического уклада общества, конкретизированной к взаимосвязи экономики и энергетики, что в целом базируется на концепции «энергетических порогов». Эти концепции в пространственном выражении «накладываются» на научные положения «районной школы» экономической географии. Среди последних публикаций по этой проблеме выделяются работы В. С. Дубинина [4], Л. А. Мелентьева [7], а также автора этой статьи [1–3]. В целом существует немного публикаций по исследуемой тематике, поэтому в теоретическом усилении «территориально-энергетической связки» необходимо искать новые научные подходы, более полно и комплексно учитывающие связь энергетики с конкретными и усложнившимися условиями территории.

Цель работы – выявление территориальных закономерностей формирования локальных энергосистем Центрального экономического района (ЦЭР) России. Для достижения цели поставлены следующие **задачи:** анализ территориальной организации электроэнергетики ЦЭР России с учетом соотношения основных тенденций развития отрасли – централизации (централизованные энергосистемы) и децентрализации; выявление противоречий между вертикальной интеграцией централизованных энергосистем и горизонтальной дифференциацией социально-энергетических потребностей на локальном уровне территории; разработка многоуровневой и разномасштабной модели энергетического пространства, более устойчивой по надежности функционирования на локальном уровне поляризации общественного пространства.

Изложение основного материала и обоснование полученных результатов исследования. Масштаб организации общества и адекватный ему ранг энергосистемы определяют выбор разного географического подхода к анализу задач моделирования в энергетике: в отраслевом разрезе чаще всего используется универсализм, а в региональном разрезе – уникализм. Такой подход реализован на примере следующего масштабного ряда: ЦЭР России, регион (область), локалитет (поселение, сельский округ, административный район). Универсализм и уникализм – это «две стороны одной медали» [12], как и тенденции централизации – децентрализации в энергетике.

Тенденция централизации и децентрализации в электроэнергетике России. Современные процессы глобализации способствуют росту уровня централизации электроэнергетики вплоть до объединения национальных рынков. Появляется перспектива формирования глобальной энергосистемы, где место России будет оцениваться не только богатством ее топливных ресурсов, но и уникальной ролью континентального моста «Запад – Восток» (рис. 1). Анализ европейского и азиатского сегмента ЕЭС России подтверждает перспективность поляризованного развития интеграционных процессов.



Условные обозначения:

Электрические сети: 9 – 220 кВ; 10 – 330 кВ; 11 – 400 кВ; 12 – 500 кВ; 13 – 750 кВ; 14 – 800 кВ; 15 – 1150 кВ.

Значком (*) отмечено наличие технологической связи между ОЭС Урала и Сибири только через ОЭС «Северный Казахстан», а (**) – наличие связи между ОЭС Сибири и Дальнего Востока только по двум отпайкам ЛЭП-220 кВ

Рис. 1. Установленные мощности электростанций ОЭС России, структура и пропускная способность электрических связей между ОЭС (2005 г.) [2, с. 23]

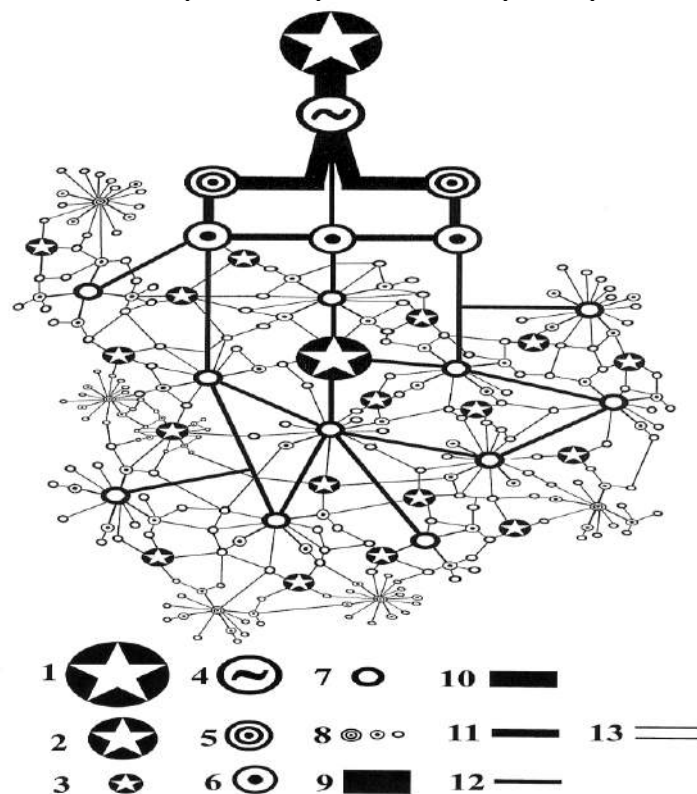
Но сетевая связь между европейским и восточным сегментом ЕЭС России слабая, осложнена структурными диспропорциями в форме наличия разнополюсных энергосистем (избыточных – дефицитных), что определяет несбалансированность систем (по мощности, напряжению, объему) и, как следствие, рост числа сбоев, аварий, отключений и т. д.

Одновременно географическое разнообразие России и специфика ее расселения (высокая мозаичность, дисперсность, распыленность) определяют наличие ниши для развития местных систем – децентрализации энергетики, что позволит увеличить многообразие форм и вариантов территориальной организации обслуживания локалитета и расширяет разнообразие выполняемых ею функций. Такой подход повышает системную надежность энергообеспечения а, учитывая отечественную специфику расселения по принципу «ни село, ни город», речь идет почти о 4/5 населения страны [8, с. 8].

Но чем более отдаленно расположен потребитель, тем выше должна быть надежность его энергоснабжения [7]. Это аксиоматическое правило энергоэкономики игнорируется, поскольку такие меры коммерчески не выгодны в зонах социально-экономической депрессии. Тем самым игнорируется и социальная сущность энергетики. В таких условиях ярко проявляется роль локальных энергосистем, способствующая решению важной экономико-географической задачи «каркасной экономии расстояний в море периферии» [12, с. 32].

Между тем, территория является субстратом не только возникновения какой-либо проблемы, но и поиска путей ее решения по принципу «хозяйствование есть постоянное пространственное моделирование» [10, с. 22].

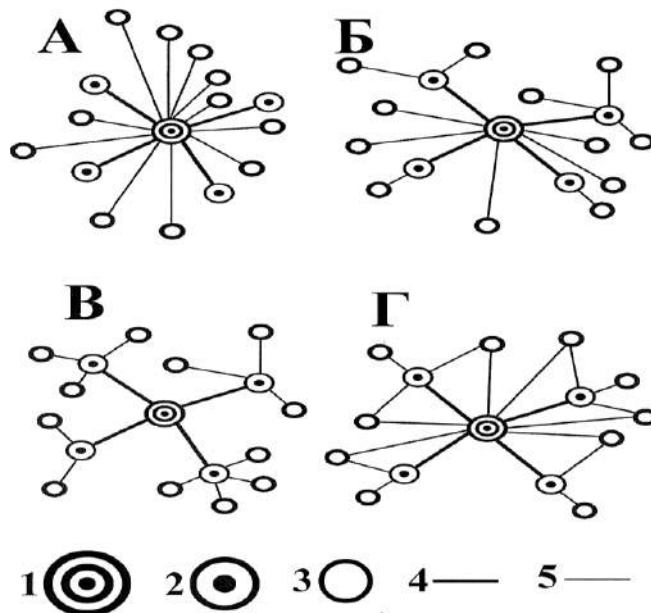
Модель территориальной организации разномасштабных энергосистем представляется в форме поляризованного энергетического пространства (рис. 2), где по вертикали доминируют универсальные связи централизованных систем, а по горизонтали – связи локальных энергосистем с уникализмом содержания конкретных локалитетов («месторазвитий»). Основу первого уровня энергетического пространства составляют замкнутые циклы централизованной сети. Второй уровень – это территориальное сочетание локальных энергосистем, ориентированных на энергоносители разной природы и имеющие связь с общей системой через распределительные электросети. В случае выхода из строя сети или электростанции первого уровня, малая электростанция второго уровня замыкает потребителей на локальный цикл обслуживания. Таким образом, можно предпринять попытку моделирования устойчивого энергетического пространства разного таксономического масштаба и функционального назначения. С этой целью морфология электросети рассматривается на основе научных положений математической теории графов [9], а для структурирования всего многообразия сетевых образований использована методика описания топологического строения сетей сухопутного транспорта и их морфологического расчленения на циклические ярусы [11, с. 47–53]. Методика адаптирована автором статьи к специфике электронного вида транспорта.



Электростанции: 1 – тепловая станция мощностью ≥ 1 тыс. МВт; 2 – тепловая станция региональной энергосистемы (до 1 тыс. МВт); 3 – малая электростанция в составе локальной энергосистемы (до 30 МВт). Подстанции: 4 – системообразующие 750 кВ; 5 – системообразующие 500 кВ; 6 – питающие 220 кВ; 7 – питающие 35–110 кВ; 8 – распределительные 10–6–0,4 кВ. Линии электрических передач: 9 – системообразующие 750 кВ; 10 – системообразующие 500 кВ; 11 – питающие 220 кВ; 12 – питающие электросети 35–110 кВ; 13 – распределительные электрические сети напряжением 10–0,4 кВ

Рис. 2. Модель разномасштабной (двухурвневой) организации энергетического пространства (сопряжения централизованной и локальной энергетической системы) [2, с. 31]

Для оценки уровня надежности энергоснабжения использована методика выбора морфологического типа управляющей структуры энергосистемы [5; 7; 13] (рис. 3). Последующий геосетевой анализ (рис. 3–4) выявляет характерную для сетей любого класса пространственную закономерность: от фокуса системы к периферии зоны обслуживания растет распыленность размещения потребителей, упрощается «рисунок» управляющей структуры, снижается уровень надежности энергоснабжения (при снижении мощности нагрузки).



1–3 – энергетические узлы разной мощности и назначения (электростанция-подстанция); 4–5 – линии электрических передач разного класса и назначения

Рис. 3. Графы, отражающие морфологические типы и свойства управляющей структуры энергосистемы

Характеристика морфологических типов и свойств управляющей структуры энергосистемы (к рис. 3):

А – строго централизованный тип. Очень низкая потребность в автоматизированных каналах передачи информации. Очень низкие технологические возможности для поэтапного ввода разных сегментов энергосистемы в эксплуатацию в случае аварий или иных сбоев. **Очень высокая уязвимость энергосистемы** и снабжения потребителей в зоне обслуживания в случае аварий.

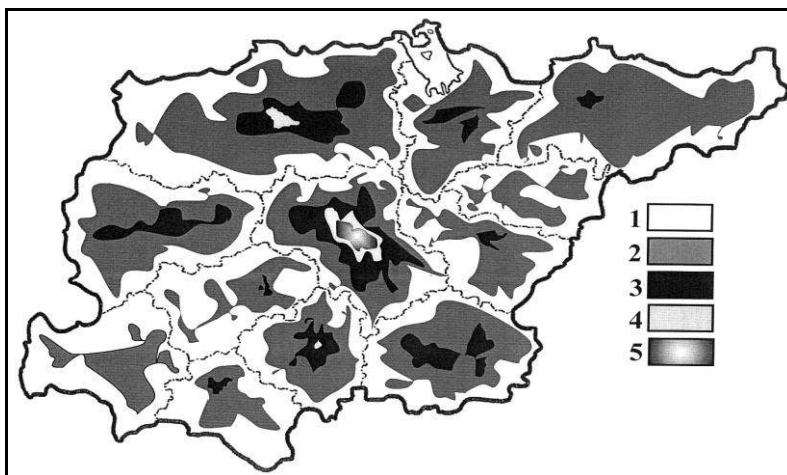
Б – централизованный тип. Низкая потребность в автоматизированных каналах передачи информации. Средние технологические возможности для поэтапного ввода сегментов энергосистемы в эксплуатацию в случае аварий и сбоев. **Высокая уязвимость системы** и потребителей в случае аварий и сбоев.

В – иерархический тип. Очень высокая потребность в автоматизированных каналах передачи информации. Низкие технологические возможности для поэтапного ввода сегментов энергосистемы в эксплуатацию в случае аварий и сбоев. **Низкая уязвимость системы** и потребителей в случае аварий и сбоев.

Г – смешанный тип. Низкая потребность в автоматизированных каналах передачи информации. Очень высокие возможности для поэтапного ввода сегментов системы в эксплуатацию в случае аварий. **Очень низкая уязвимость энергосистемы** и потребителей в зоне обслуживания в случае аварий и сбоев.

Использованы данные и схема [13, с. 14].

Периферийные, приграничные и глубинные части регионов – это зоны, наиболее подверженные обострению энергетических проблем (рис. 4). Последующее использование методики описания топологического строения электросетей и их морфологического расчленения на циклические ярусы свидетельствует, что питающие сети в ЦЭР России формируют 722 замкнутых цикла и образуют в регионах от одного до четырех топологических ярусов, что свидетельствует о достаточно высоком уровне иерархии вертикальной централизации энергосистем.

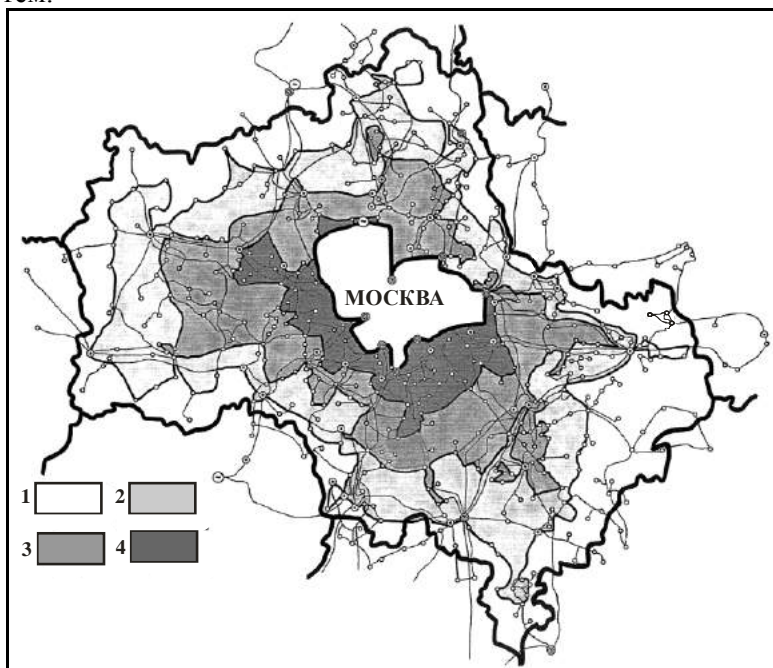


1 – зона развития древовидных электросетей; 2 – первый топологический ярус; 3 – второй ярус; 4 – третий ярус; 5 – четвертый топологический ярус

Рис. 4. Морфология топологических ярусов питающей электрической сети регионов ЦЭР России
[2, с. 36; 3, с. 35]

Вместе с тем контрастность, мозаичность и полицентричность морфологии циклов питающей сети свидетельствует о невысоком уровне горизонтальной интеграции. В региональном разрезе вне ярусов циклических сетей доминирует строго-централизованный морфологический тип управления системой ($\frac{1}{2}$ площади), а с внутренней стороны первого топоряруса (20–70 % площади областей) централизованный тип. Следовательно, почти $\frac{4}{5}$ площади ЦЭР является проблемной в случае возникновения системной аварии в энергосистеме.

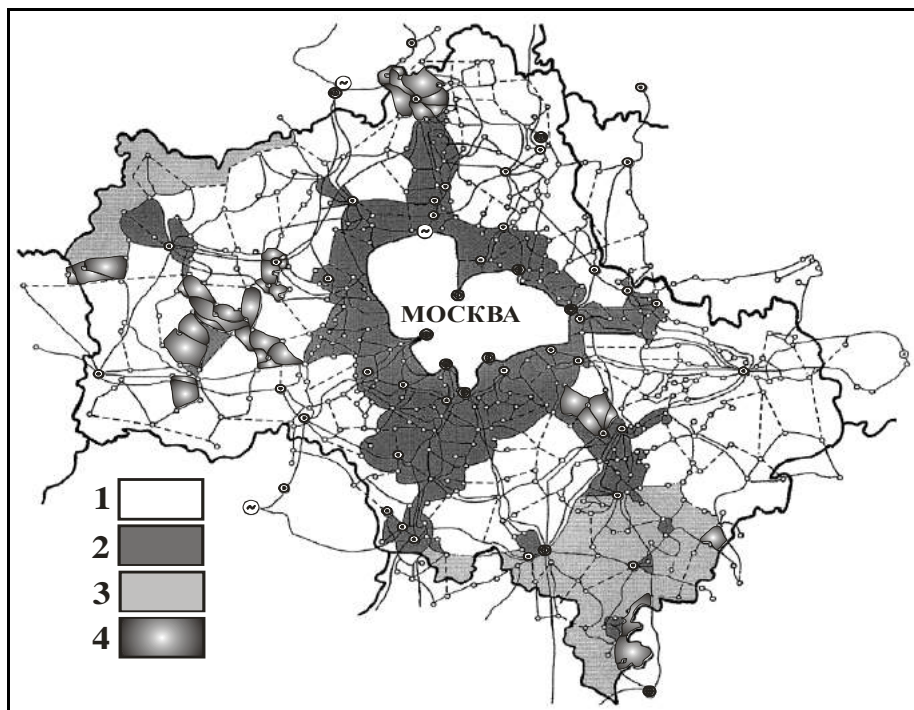
Эти вопросы рассмотрены на примере Московской области, где насчитывается 300 циклов в составе четырёх ярусов питающей сети. Сопряженный анализ морфологии циклов по ярусам с признаками типа управляющей структуры свидетельствует (рис. 3, 5), что, с точки зрения надежности функционирования циклической сети, почти $\frac{1}{2}$ области может быть признана проблемной в случае возникновения системной аварии. Региональный уровень анализа также позволяет выявить самые разреженные зоны и уязвимые питающие сетевые циклы, перспективные для развития разномасштабных энергосистем.



1 – первый ярус; 2 – второй ярус; 3 – третий ярус; 4 – четвертый ярус

Рис. 5. Топологические яруса циклов питающей электросети Московской области [2, с. 42]

Выбор вариантов взаимного дополнения будет зависеть от специфики содержания конкретного «месторазвития», т. е. на основе пространственного моделирования может быть решена задача повышения надежности системы за счет роста сложности морфологического типа управляющей структуры сетевыми комплексами (рис. 6). Так, в Московской области за счет усложнения сетевой морфологии может быть сформировано 450 циклов. Возрастает и число ярусов циклической сети – от трех до пяти (без учета кольца ЛЭП-500 кВ Москвы). В результате, главный остов электроснабжения смыкается с сетевыми циклами соседних регионов, а энергетическое пространство приобретает двухуровневое построение. Первый уровень составляют циклы централизованной сети, а второй уровень представлен многообразием энергосистем локального значения.



Основа генерации и зона обслуживания локальных энергосистем в пределах циклов питающей сети централизованной системы: 1 – малые дизельные станции, газо-поршневые генераторы, малые ГАЭС, микро-ГЭС (до 0,1 МВт), ветроэнергетические установки (до 1 кВт); 2 – то же, плюс малые газотурбинные ТЭЦ (1–30 МВт); 3 – то же, плюс ветроэнергетические установки единичной мощностью 1–10 кВт (среднегодовая скорость ветра в районе в диапазоне 4–5 м/с); 4 – то же, плюс малые-ГЭС (1–30 МВт)

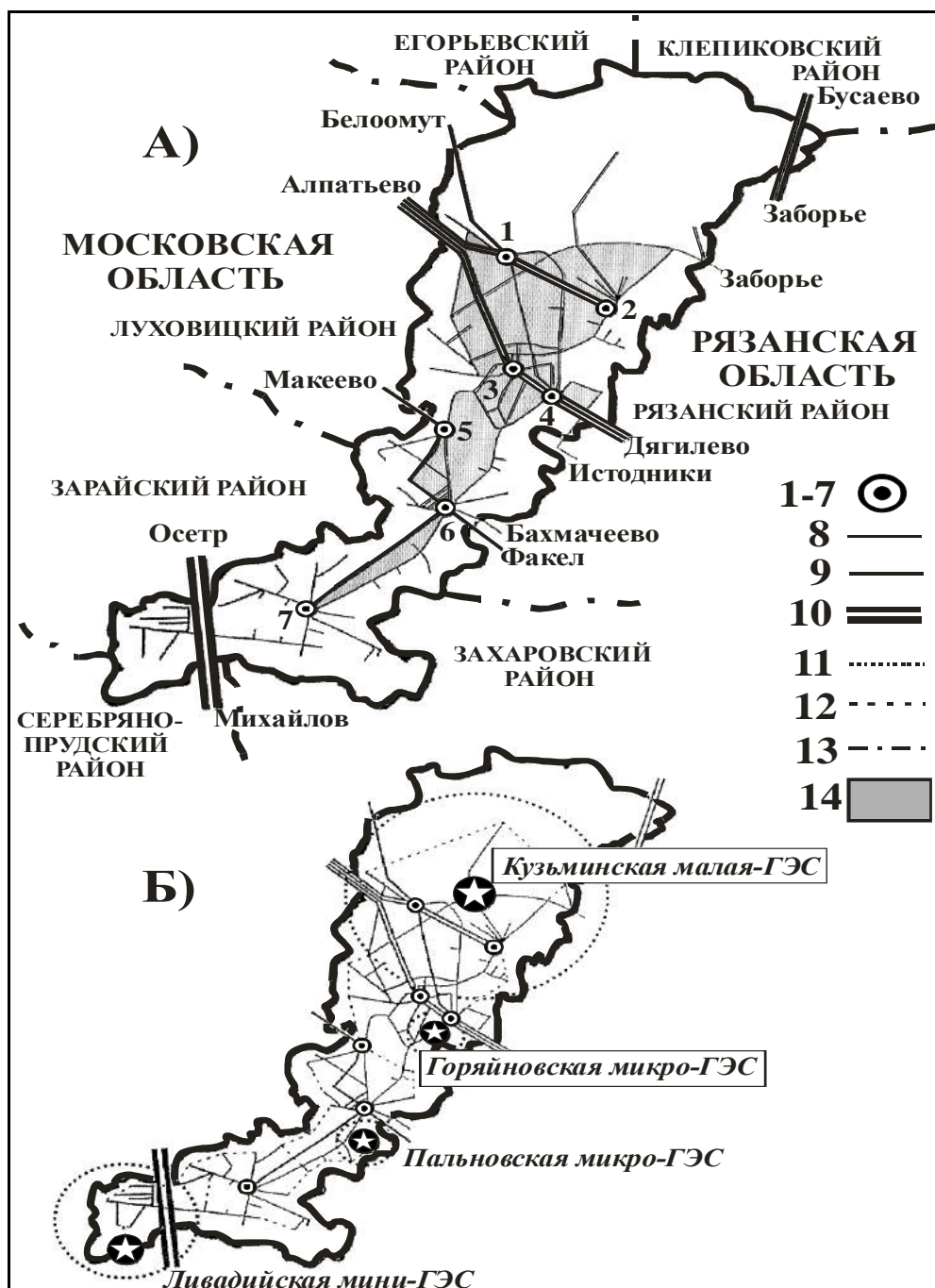
Рис. 6. Морфология (модель) двухуровневой организации энергетического пространства Московской области (зоны сопряжения централизованных и локальных энергосистем) [2, с. 49]

В такой модели необходимо определить стратегию выбора типа малых электростанций в качестве основы локальных систем. В столичном регионе особые надежды возлагаются на газотурбинные технологии [4], но их эффективность ограничена сетевыми циклами прохождения магистральных газопроводов (*линейно-узловой локационный тип энергосистем*). Еще более перспективен вариант развития локальных энергосистем на основе газопоршневых двигателей, широко адаптированных для работы от газопроводов коммунально-бытового стандарта. Но сетевым вариантом газоснабжением в регионе охвачено всего до 45 % сельских поселений (в ЦЭР России от 10 до 45 %), что выступает жестко лимитирующим фактором (*ареально-узловой локационный тип*).

Но при любом сценарии развития тепловой энергетики остается неизменной ее зависимость от истощаемых ресурсов и варьирования ценового коридора на топливо, поэтому перспективны программы использования возобновляемых источников энергии – ВИЭ (*ареальный тип*), что рассмотрено на примере Рыбновского района Рязанской области (рис. 7).

Геосетевой анализ схемы энергоснабжения Рыбновского района (рис. 7) свидетельствует, что преимущественно в центральной части района функционирует 15 циклов распределительной электросети. На остальной территории (70 % площади) характерны разомкнутые сети с очень низкой надежностью снабжения (рис. 7 А), что требует вставок ЛЭП для «кольцевания» конечных участков (рис. 7 Б). Однако в условиях дисперсного расселения эти меры экономически не оправданы. Отсюда проблема

снижения надежности энергоснабжения маломощных и «распыленных» потребителей при одновременном росте уровня социально-экономической деградации территории. Возможный путь решения таких комплексных проблем – это внедрение и развитие разномасштабных систем (рис. 7 Б).



А. Современная система электроснабжения. Питающие подстанции 110/10 кВ: 1 – «Есенино»; 2 – «Костино»; 3 – «Источники»; 4 – «Ока»; 5 – «Житово»; 6 – «Вожа»; 7 – «Пионерская». Линии электрических передач: 8 – 10/0,4 кВ; 9 – 110 кВ; 10 – 220 кВ (двухцепная, функционально транзитная ЛЭП-220: Михайлов – Осетр);

Б. Модель реконструкции существующей системы электроснабжения: 11 – радиус обслуживания локальной системы на основе объектов малой гидроэнергетики; 12 – дополнительные вставки ЛЭП 10/0,4 кВ, позволяющие замкнуть концевые участки сети в циклы; 13 – границы сопредельных административных районов; 14 – современные циклы распределительной электрической сети

Рис. 7. Территориальная организация электроснабжения Рыбновского района Рязанской области [2, с. 63]

Так, на севере в Мещере (0,3 чел./км²) решение энергетических проблем перспективно по пути «кольцевания» ЛЭП с локальной системой на основе возрождения Кузьминской малой ГЭС (р. Ока,

2 МВт). Центральна частина (33 чел./км²) представляє собою «полюс росту», де вирішують проблеми цілеспрямовано шляхом сопряження централізованої і локальної системи на основі міні-ГЕС. Південна частина (6–14 чел./км²) – це ареал соціально-економічної депресії: газифікація поселень мінімальна, а розтягнуті і зношені мережі обрізають ареал на загострення енергетичних проблем. Можливий варіант рішення проблеми – відродження Ливадійської міні-ГЕС (р. Осетр, 0,5 МВт), що дозволить зм'якшити ситуацію не тільки в Рибновському районі, але і в прикордонних і периферійних районах Московської області.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Географічний аналіз енергетичних проблем на локальному рівні масштабу дозволяє об'єктивно оцінити ефективність варіантів територіальної організації енергопостачання. Модель різномасштабних енергосистем представляється в формі поляризованого енергетичного простору різного таксономічного масштабу і функціонального призначення.

Соціально-енергетичне районування територій різного масштабу представляється перспективним напрямком економіко-географічних досліджень.

Джерела і література

1. Атаєв З. А. Економіко-географічні передумови використання відновлюваних джерел енергії в сільській місцевості Центрального економічного району Росії (на прикладі Рязанської і сусідніх областей) : дис. ... канд. геогр. наук (додаток) / З. А. Атаєв ; Моск. гос. ун-т землеустроєвства. – М., 1998. – 103 с.
2. Атаєв З. А. Географічні основи локальної енергетики Центрального економічного району Росії : монографія / З. А. Атаєв. – Рязань : Рязан. гос. ун-т ім. С. А. Есенина, 2008. – 284 с.
3. Атаєв З. А. Територіальна організація локальної енергетики ЦЭР Росії : монографія / З. А. Атаєв ; Рязан. гос. ун-т ім. С. А. Есенина. – Москва ; Рязань : Изд-во МПСИ, 2006. – 344 с., 15 с. ил.
4. Дубинин В. С. Сопоставление систем централизованного и децентрализованного энергоснабжения в современных условиях России (ч. 1) / В. С. Дубинин // Промышленная энергетика. – 2005. – № 9. – С. 7–12.
5. Ильинский Н. Ф. Приложение теории графов к задачам электромеханики / Н. Ф. Ильинский, В. К. Цацекин. – М. : Энергия, 1968. – 200 с.
6. Кочуров Б. И. Методика научных исследований : опыт картографирования экологических ситуаций староосвоенного региона (на примере центра европейской части России) / Б. И. Кочуров, Л. Л. Розанов, Г. Т. Митяева, А. И. Аксенов // Известия РАН. Сер. геогр. – 1995. – № 5. – С. 108–117.
7. Мелентьев Л. А. Оптимизация развития и управления больших систем энергетики / Л. А. Мелентьев. – М. : Высш. шк., 1982. – 319 с.
8. Нефедова Т. Г. Сельская Россия на перепутье : географические очерки / Т. Г. Нефедова. – М. : Новое изд-во, 2003. – 408 с. – (Новая история).
9. Оре О. Теория графов / О. Оре. – 2-е изд. – М. : Наука, 1980. – 356 с.
10. Приваловская Г. А. Эколого-географические противоречия природопользования / Г. А. Приваловская, И. Н. Волкова // Известия РАН. Серия географическая. – 1997. – № 1. – С. 19–28.
11. Тархов С. А. Эволюционная морфология транспортных сетей / С. А. Тархов. – Смоленск ; Москва : Универсум, 2005. – 384 с.
12. Трейвиш А. И. Географическая полимасштабность развития России (город, район, страна и мир) : автореф. дис. ... д-ра геогр. наук / А. И. Трейвиш ; Ин-т географии РАН. – М., 2006. – 50 с.
13. Чебан В. М. Управление режимами электроэнергетических систем в аварийных ситуациях / В. М. Чебан, А. К. Ландман, А. Г. Фишов. – М. : Высш. шк., 1990. – 144 с.

Атаєв Заїрбег. Просторова поляризація енергосистем: Центральний економічний район Росії (географічний аспект). Запропоновано варіант територіальної організації локальної енергетики, заснованої на принципі комбінування різних джерел енергії. При цьому локальна і централізована енергетика розглядаються як територіальне поєднання, що визначає багатоваріантність композиційної побудови систем енергопостачання. Розглянуто ідею географічної концепції територіальної організації локальних систем енергопостачання.

Ключові слова: електроенергетика, централізована і локальна енергосистема, поляризація енергетичного простору, модель різномасштабної енергосистеми.

Ataev Zairbeg. Spatial Polarization of Power Supply Systems: Central Economic Region of Russia (Geographical Aspect). In this article the author offers an option of the territorial organization of the local power system based on the principle of a combination of various power sources. Thus the local and central power systems are seen as a territorial combination that defines the multivariate composite construction of power supply systems. The author explores the idea of the geographical concept of territorial organization of local power systems.

Key words: power production system, local and central power systems, polarization of power space, model of the multiscale power supply system.

Статья поступила в редколлегию
05.04.2013 г.