

УДК 911.3:33

РОЛЬ ЛОКАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОМ РАЗВИТИИ КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2015 г. З.А. Атаев

Чеченский государственный университет (ЧГУ), Россия;

*Гжельский государственный
художественно-промышленный институт (ГТХПИ), Россия; ataev-rzn@ya.ru*

Поступила в редакцию 19.07.2013 г.

Во “Введении” рассматривается понятийный аппарат статьи. Раздел “Кострома электрическая” посвящен историко-географическому обзору эволюции электроэнергетики. Топоморфологический анализ энергетического пространства области свидетельствует, что $\frac{3}{4}$ площади региона проблемно в случае системной аварии в энергосистеме. Поэтому модель комбинирования разных схем энергоснабжения – это “давно забытое старое”. Развитие газотурбинных технологий определяют возможность формирования линейно-узловой и ареально-узловой типа локальных энергосистем, а использование возобновляемых источников энергии – ареального типа. Видовое многообразие генерации и энергоресурсов определяет рост надежности энергоснабжения. Основные направления комбинирования энергосистем могут быть представлены в качестве выводов к статье. Мало-заселенность большинства сельских районов Костромской области (до 1.5 чел./км²) препятствует дальнейшей централизации ее энергетики. Локальная система дает возможность решения энергетических и социальных проблем населения. В районах с высокой долей малолюдных поселений (от 1.5 до 3.0 чел./км²) по причине износа сетей резко снижается надежность энергообеспечения. Проблема может быть решена путем комбинирования локальной и централизованной энергосистемы. В рекреационных и природоохранных зонах также применимы схемы комбинирования локальных и централизованных энергосистем. Четвертое направление перспективно для районов, выполняющих функции “полюсов роста” (в Приволжской зоне). Схема локальной энергосистемы предусматривает эксплуатацию модуля малой генерации как неотъемлемой части централизованной системы. Это приводит к росту синергетических эффектов (эффект “домино”).

Ключевые слова: энергетическое пространство, тенденция централизации и децентрализации в электроэнергетике, централизованная энергосистема, локальные энергосистемы, местная энергосистема, малая энергетика, малая гидроэнергетика, системообразующие, питающие и распределительные электрические сети, циклические сети, ациклическая зона энергоснабжения, линейно-узловой, ареально-узловой и ареальный тип развития локальных энергосистем.

Введение. Цель любой энергосистемы – обеспечение надежности энергоснабжения, то есть бесперебойно и качественно обеспечивать электрической энергией всех потребителей в своей зоне ответственности.

Географический аспект этой актуальной в России проблемы вытекает из структуры отрасли (электростанции и сетевое хозяйство) и специфики электроэнергии, так как время ее производства и потребления должно синхронно совпадать, что находит отражение в необходимости постоянного анализа и модернизации организации энергетического пространства.

Под “энергетическим пространством” автор подразумевает структурные и функциональные особенности энергоснабжения, их отношения и связи, формирующие топологию и “пространственный каркас” зоны обслуживания энергосистемы.

Централизованная энергосистема: “Совокупность электростанций, электрических и тепловых сетей, связанных между собой общностью режимов в непрерывном процессе производства, преобразования, передачи и распределения электрической и тепловой энергии при общем управлении этим режимом” [18, с. 14].

Понятие “*локальные энергосистемы*” имеет множество синонимов. Часто их объединяют в условную группу децентрализованных энергосистем, для которых характерны слабые связи с крупными системами (или налицо полное отсутствие таких связей – автономная энергосистема), а зона обслуживания охватывает: административный район, сельский округ, отдаленное поселение, крестьянско-фермерское хозяйство, дачу и т.д. Таким образом, локальные энергосистемы занимают нижнюю ступень в пространственной иерархии энергетического пространства и обеспечивают нужды наиболее маломощных потребителей, что позволяет выделить отличительные признаки децентрализованных энергосистем:

1. *Полная* или *частичная автономия*, наличие своей распределительной сети, что придает ей качество децентрализации и автономности, синоним: *распределенные энергосистемы* (distributed-generation plants).

2. *Малая энергетика* объединяет (в России) гидроэлектростанции мощностью 0.1–30 тыс. кВт. К ее объектам относят: микро ГЭС (до 100 кВт), мини ГЭС (от 100 до 1000 кВт), малые ГЭС (1000–30 000 кВт) [6, с. 240].

3. Ограниченность в силу маломощности пределов зоны обслуживания (отсюда правомерность дефиниции – *местная энергосистема*).

4. Относительная независимость местных энергосистем от ценовой политики мощных компаний (отсюда оправданность синонима: *экономически независимая энергосистема*, independent power producers).

Централизованные и децентрализованные энергосистемы формируются и функционируют в разных пространственных масштабах, при разной площади охвата зоны обслуживания, уровне потребности в энергии, условиях развития и т.д. При реализации стратегии развития электроэнергетики необходима установка на взаимодополнение централизации и децентрализации. Альтернативный подход при оценке выгод и преимуществ каждой из них неприемлем, так как нужно учитывать правила энергоэкономики [15]:

1. В электроэнергетике, как в любой другой отрасли хозяйства, существует опасность сверхконцентрации. Взаимное дополнение централизации и децентрализации систем – это возможность увеличить реальное многообразие и надежность энергоснабжения [1, с. 24].

2. Чем более дискретно расположен потребитель и чем меньше его потребности, тем выше должна быть степень надежности снабжения. Это

правило часто игнорируется, поскольку при технической возможности укрепления надежности энергоснабжения в зонах социально-экономической депрессии такие меры экономически не выгодны и не реализуются.

В данной статье вопросы надежности энергоснабжения рассматриваются на примере Костромской области; анализируются территориальные формы организации локальных энергосистем, обосновываются перспективные схемы (направления) их развития. Начнем обзор с историко-географического экскурса.

Кострома электрическая. Первая электростанция в Костромской губернии начала действовать в 1898 г. при Костромском промышленном училище им. Ф.В. Чижова (33 кВт) [11]. Учебное заведение с 1894 г. имело целью готовить техников, помощников инженеров и других руководителей фабрично-заводских предприятий, механических и электротехнических специальностей [12].

Развитие электроэнергетики началось с создания в губернском центре “домовых электростанций”, то есть функционально предназначенных для электрификации нужд отдельных зданий и учреждений: Народного дома (1904 г.), Дворянского собрания (1907–1908 гг.), синематографа “Палэ-театр” (1912 г.) и др. Позднее получили развитие “блок-станции”, предназначенные для электрификации отдельных промышленных предприятий. Уже к 1914 г. на заводах “Товарищества Большой Костромской льняной мануфактуры” действовали электростанции суммарной мощностью 2.14 тыс. кВт [4, 13]. Формирование городской электроэнергетической системы связано с пуском Костромской городской электростанции в 1912 г. (405 кВт) и ЛЭП длиной почти 50 верст [17].

Еще в 1917 г. инженером Л.Р. Феддером¹ в Костроме была выдвинута идея “районного энергетического комбината”, необходимости связи территориально-экономического и пространственно-энергетического планирования в рамках единого хозяйства. Предполагалось строительство районных электростанций в губернии с использованием местного топлива – торфа [22, с. 23, 24].

С учетом объективных хозяйственных трудностей региона, приоритет отдавался сооружению малых электростанций (развитию децентрализованной энергетики).

К началу 1920-х гг. уже были введены в эксплуатацию ряд объектов малой энергетики:

¹ Именно инженер Л.Р. Феддер был назначен начальником электроотдела Костромского губсовнархоза (1918 г.).

Николо-Боршинская, Черно-Заводская, Больше-сольская, Пепелино-Палкинская, Никольская, Спас-Вежевская, Куниковская, Царевская ГЭС и др. [19]. Курс на всемерное строительство сети средних и малых электростанций был поддержан и в плане ГОЭЛРО (с 1921 г.).

В 1922 г. под Костромой была введена в эксплуатацию Шунгенская тепловая электростанция мощностью 500 л.с. (380 кВт). Начался новый этап развития электроэнергетики региона, в котором стала формироваться энергосистема местного значения (кооперация 43 сел, больше 3.5 тыс. дворов) [9]. К 1923 г. Шунгенская волость была полностью электрифицирована. В конце 1920-х гг. реализовываются планы работы в единой энергосистеме (Шунгенская ТЭС, блок-станции, госмельницы и Костромская городская электростанция); речь идет о начале централизации региональной энергосистемы. К этому периоду суммарная мощность электростанций в губернии составляла 4.18 тыс. кВт, в том числе: фабрично-заводских блок-станций – 2.61 тыс. кВт, общественных электростанций – 1.57 тыс. кВт [20, с. 133].

Рост потребностей в электроэнергии стимулировали строительство в Костроме ТЭЦ-1 на базе Сухоноговского и Космынинского месторождений торфа (1930 г., 7 тыс. кВт); были разработаны планы кольцевания систем Костромской, Ивановской и Ярославской областей. Началась эра централизации электроэнергетики, но Великая Отечественная война задержала реализацию этого процесса.

После окончания войны строительство объектов малой энергетики получило новый импульс, особенно в сельской местности. Наступил второй условный (переходный) период развития децентрализованной энергетики, в течение которого тенденции централизации и децентрализации электроэнергетики в регионе шли параллельно. Последующее широкое сетевое строительство позволило в 1961 г. создать Костромское районное энергетическое управление. Электрификация региона вступила в новую техническую фазу – развития промышленной энергетики.

Расширился охват региона электросетевыми предприятиями, сельскохозяйственные организации массово стали подключаться к централизованной энергосистеме. К началу 1970-х гг. местные электростанции были выведены из эксплуатации как нерентабельные. Таким образом, эволюционный цикл развития электрификации территории по принципу взаимного дополнения централизованной и децентрализованной электроэнергетики в регионе не был завершен.

Между тем в условиях большой по территории и малозаселенной области такой подход востребован и сегодня. Последующие успехи в развитии энергетики закрепили курс на укрупнение и централизацию в отрасли: в 1965 г. была пущена Шарьинская ТЭЦ, в 1967 г. – первая очередь Костромской ГЭС, в 1976 г. – ТЭЦ-2 (г. Кострома).

Последующее строительство сетевых комплексов открыло широкую возможность массово поставлять электроэнергию Костромской ГРЭС соседним областям – Московской, Горьковской, Ярославской, Ивановской, Вологодской, Владимирской. С 1986 г. энергия Костромской ГРЭС стала передаваться в Уральскую энергосистему.

Современное социально-экономическое и энергетическое пространство Костромской области. Это самая северная и лесистая область Нечерноземного центра Европейской России, наименее заселенная, необеспеченная дорожной сетью, с низкими социально-экономическими показателями развития. Внутренние социально-экономические различия позволяют разделить регион на две неравнозначные зоны (рис. 1): небольшой Приволжский район с Костромой и огромное Лесное Заволжье, тяготеющее к железной дороге Буй – Котельнич.

В Приволжской части области сконцентрировано основное население и наиболее значимые города (Кострома, Волгореченск, Нерехта), тогда как Лесное Заволжье отличается высокой лесистостью (более 73% площади), густой речной сетью и редким населением (в среднем 3.6 чел./км²) [10].

Расселение в Лесном Заволжье имеет очаговый характер, относительно густо заселены лишь окрестности озерных котловин Галичского и Чухломского озер (древние очаги русского заселения). Исторически цепочки небольших населенных пунктов сложились вдоль рек: позднее появились лесопромышленные поселки и началось строительство железных дорог. В примыкающей полосе локализованы и относительно молодые (за исключением Галича) города и значимые центры Заволжья: Буй, Галич, Нея, Мантурово, Шарья. Еще четыре малых города Лесного Заволжья (Кологрив, Макарьев, Солигалич, Чухлома) расположены в самой “глубинке” региона и не связаны с железнодорожной магистралью (за исключением г. Солигалич).

Костромская область – одна из крупнейших по потенциалу электроэнергетики в центральном экономическом районе (ЦЭР) России (рис. 1, табл.). По установленной мощности электростанций (3.8 млн кВт) и объему среднегодового

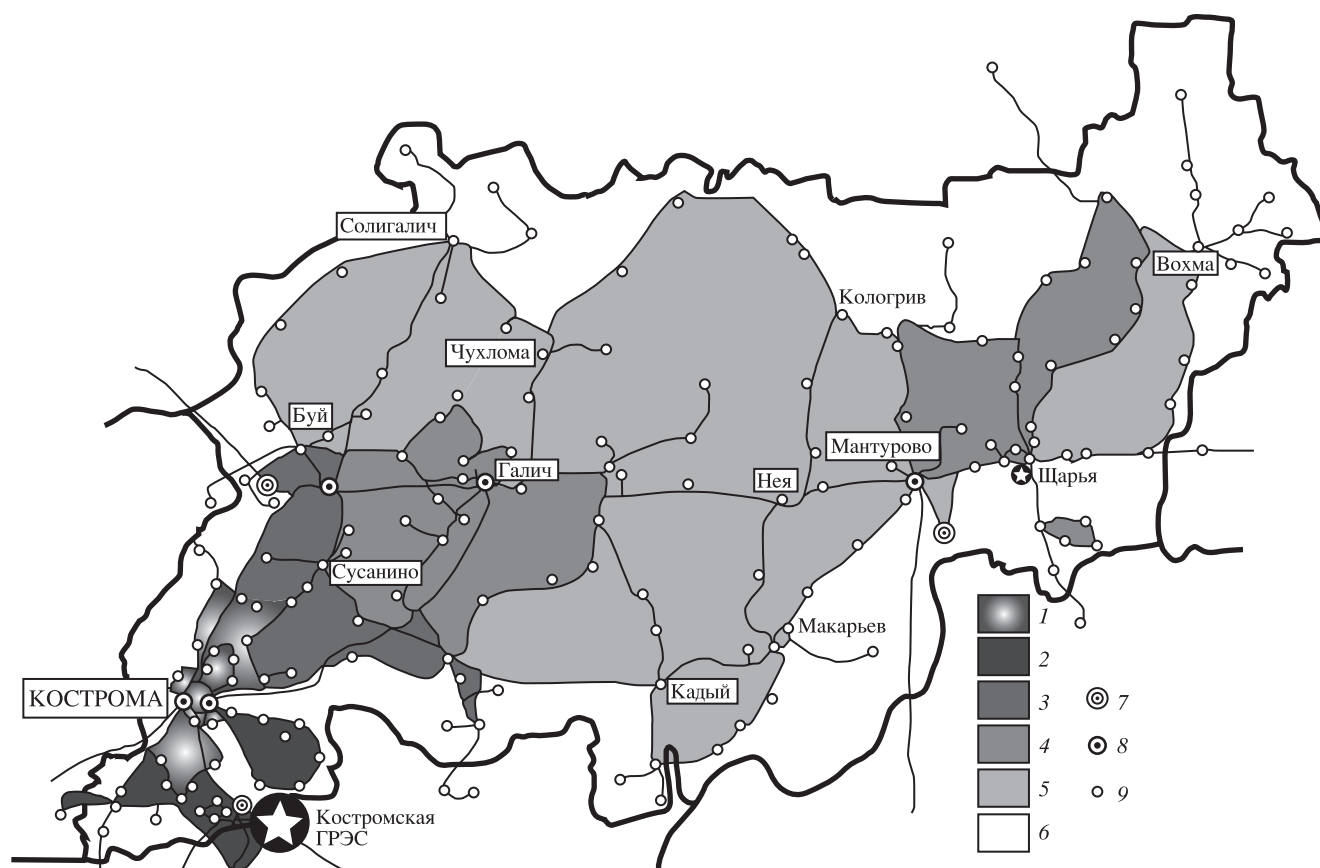


Рис. 1. Электроэнергетика и плотность сельского населения по циклам питающей электросети Костромской области [1].
 Плотность сельского населения по циклам: 1 – от 21,4 чел./км² и более; 2 – от 10 до 12 чел./км²; 3 – от 5 до 9 чел./км²; 4 – от 3 до 5 чел./км²; 5 – от 1,5 до 3 чел./км²; 6 – до 1,5 чел./км². Электрические подстанции: 7 – 500 кВ; 8 – 220 кВ; 9 – 35–110 кВ.
 Примечание. Плотность населения рассчитана без учета доли горожан [10].

производства электроэнергии (до 14 млрд кВт · ч), Костромская область в ЦЭР уступает только Московской, Тверской, Смоленской областям и г. Москва.

Таблица. Потенциал электростанций Костромской области (31.12.2011 г.)

Электростанция	Мощность, МВт
1. Костромская ГРЭС* (г. Волгоре-ченск)	3600
2. Костромская ТЭЦ-1 (г. Кострома)	33
3. Костромская ТЭЦ-2 (г. Кострома)	170
4. Шарьинская ТЭЦ (г. Шарья)	24
Всего в Костромской области:	3824

Примечание: Значком (*) отмечено, что Костромская ГРЭС принадлежит ФГК №3.

Использован фрагмент таблицы 30: [25].

Значим и региональный потенциал сети ЛЭП, составляющий по всем классам напряжения почти 30 тыс. км, 4 сетевых предприятия, эксплуатирующих сети напряжением 0,4/10–110 кВ. Показатели плотности сетевых комплексов коррелируют с плотностью расселения: Центральные электросети (1,2 км ЛЭП/кв. км), Галичские (0,43 км/кв. км), Шарьинские (0,39 км/кв. км) и Нейские электросети (0,29 км/кв. км) [1].

Системообразующие сети в регионе включают стандартные сети и 3 подстанции (ПС) сверхвысокого напряжения 500 кВ (ПС “Костромская АЭС”, ПС “Костромская ГРЭС” и ПС “Звезда”) и являются федеральной собственностью.

Питающие сети имеют в своем составе стандартные сети и подстанции высокого напряжения (110–220 кВ) для передачи электроэнергии от системообразующей сети или электростанций к центрам питания распределительных сетей – районным подстанциям. Всего насчитывается 55 ПС напряжением 110 кВ и еще 5 ПС – 220 кВ



Рис. 2. Топоморфологические части питающих электросетей Костромской области [1, с. 266].

Зона циклических сетей: 1 – первый топологический ярус; 2 – второй ярус; 3 – зона ациклических (древовидных, незамкнутых) сетей; 4 – питающие ЛЭП 35–110–220 кВ.

(2 ПС в Костроме и 3 ПС в области). С учетом еще 108 подстанций напряжением 35 кВ, в области суммарно насчитывается 168 ПС напряжением 35–220 кВ и сетью длиной до 5.3 тыс. км.

Распределительные сети используют низкое напряжение (0.4–6–10 кВ), предназначены для транспортировки электроэнергии от районных подстанций на небольшое расстояние к бытовым потребителям. В ОАО «Костромаэнерго» длина сети напряжением 6–10 кВ составляет более 12.5 тыс. км. И это без учета потенциала сетей самого низкого напряжения – 0.4 кВ (до 10 тыс. км.). Эти сети – низший класс в иерархии сетевых комплексов и одновременно наиболее уязвимое звено электроснабжения (износ более 90%, потери в таких сетях – до $\frac{2}{3}$ от объема отпуска электроэнергии).

Для изучения проблемы надежности энергоснабжения в Костромской области рассмотрим морфологию питающей электросети напряжением 35–220 кВ на основе математической теории графов [16]. Анализ рис. 1 свидетельствует, что незамкнутые формы питающих сетей чаще встречаются на периферии Костромской области. Тип «циклические (замкнутые) питающие сети» в области представлен 31 образованием с учетом 3 связанных циклов с соседними регионами. Для структурирования таких сложных по составу территориальных образований использована предложенная С.А. Тарховым методика описания топологического строения транспортных сетей и их морфологического расчленения на циклические

ярусы [21, с. 47–53]. В питающих сетях региона сначала выделен первый топологический ярус (рис. 2) круговым обходом вдоль внешней периферии всех циклов (28 циклов). Второй ярус также выделен путем обхода вкруговую, но уже вдоль внутренней границы первого яруса (2 цикла).

Анализ каркаса электроэнергетики необходимо провести сопряженно с показателем плотности населения в пределах сетевых циклов (рис. 1, 2).

Главный остов питающей сети оконтуривает зону наиболее плотного заселения и освоения территории области, а метрика циклов по ярусам позволяет выделить зоны гарантированного энергообеспечения (сгущение циклов в Приволжской части региона, 10–25 чел./км²). Можно выделить и зоны незамкнутых сетей, или большие по площади растянутые циклы, которые приходятся на депрессивные ареалы с низким уровнем надежности энергообеспечения (циклы Лесного Заволжья, от 1 до 5 чел./км²).

Дифференциация энергетического пространства региона отражает ее главные полосы, приуроченные к многофункциональным транспортным жгутам. ЛЭП напряжением 220 кВ расходятся лучами от основных энергоузлов области (Костромы и Костромской ГРЭС). Западное и южное простираение сети связывает регион с энергоузлами Ярославской и Ивановской областей вдоль Северной железной дороги и ответвлений федеральной автодороги М8 – Архангельск – Москва (А113 Ярославль – Кострома, Кострома – Ива-

ново – Владимир – Москва). ЛЭП напряжением 220 кВ, отходящие в северо-восточном направлении, также приурочены к ориентации железной и автомобильной дорог, образуя циклы, связывающие ПС напряжением 220 кВ по линии Кострома – Борок – Галич.

Наиболее показательно значение субширотной полимагистралей, пересекающей регион почти посередине и состоящей из автомобильной дороги Буй – Шарья, железнодорожной магистрали Вологда – Киров, системообразующей сети напряжением 500 кВ “Костромская АЭС – Вятка”. Этот транспортный жгут является стержневой основой формирования и развития всех сетевых циклов в Лесном Заволжье.

Для оценки зависимости между связностью сетевых комплексов и надежностью энергоснабжения использована методика выбора типа управляющей структуры энергосистемы по В.М. Чебану и др. [24, с. 14].

Сопряженный анализ морфологии циклов сети (рис. 1) в топологических ярусах (рис. 2) с признаками типа управляющей структуры по В.М. Чебану позволяет высказать следующие суждения. Первый топологический ярус не охватывает полностью территорию области.

С условно внешней стороны этого яруса остается 30–35% площади региона, где при всех вариантах формирования конфигурации распределительной сети сложившаяся морфология питающей сети определяет развитие *строго централизованного* типа управляющей структуры, что означает очень низкую надежность энергоснабжения. Анализ конфигурации 28 циклов с условно внутренней стороны первого топологического яруса (60% площади региона) свидетельствует о закреплении *централизованного* типа управления питающими сетями, с низкой надежностью энергоснабжения. Только во втором ярусе морфология циклов сети указывает на наличие *иерархического* типа управляющей структуры, что свидетельствует о низкой уязвимости потребителей в зоне обслуживания. Таким образом, с точки зрения связности электросети до $\frac{3}{4}$ площади Костромской области в случае возникновения системной аварии в энергосистеме может быть признано проблемной.

Между тем, чем меньше плотность насыщения территории питающей электросетью и проще топологическая связь образуемых циклов, тем ниже связность и надежность энергетического пространства. На основе модельных построений решается задача повышения каркасной надежности сети за счет роста сложности морфологического типа управляющей структуры [1, с. 31].

Модель комбинирования разных схем энергоснабжения – это “давно забытое старое” в исторической практике Центральной России. Варианты сочетания централизации и децентрализации представляют взаимное дополнение путей развития энергетики региона. В этих условиях необходимо определить выбор типа малых электростанций в качестве генерирующей основы локальных энергосистем.

Перспективно строительство малых газотурбинных теплоэлектроцентралей (ГТУ ТЭЦ). Но для функционирования малых ГТУ ТЭЦ отечественного производства требуется наличие газопровода с высоким внутренним давлением – минимум 2.5 МПа. Следовательно, развитие газотурбинных технологий возможно лишь в тех сетевых циклах, по территории которых непосредственно проходят магистральные газопроводы, что определяет *линейно-узловой тип развития локальной энергетики*. В Костромской области к таковым может быть отнесен только участок отклонения от газопровода межрайонного значения “Нижний Новгород – Иваново – Череповец” к Костромской ГРЭС и областному центру.

В газовой сети более низкого давления эксплуатация малых ГТУ ТЭЦ требует строительства дожимных компрессорных станций, что значительно удорожает весь проект [7, с. 9]. Поэтому специалисты считают, что более перспективен вариант развития малой энергетики на основе газо-поршневых двигателей, лучше адаптированных для работы от газопроводов более распространенного стандарта городской и сельской сети (0.3–1.2 МПа). Следовательно, с географической точки зрения развитие малых ТЭЦ на основе газо-поршневых двигателей условно возможно повсеместно.

Современный уровень газификации жилищного фонда Костромской области близок к степени полной обеспеченности [25]. Но по сетевому виду газифицировано не более 15–20% жилищного фонда. Остальная доля, и прежде всего в сельской местности, приходится на баллонный вариант газификации. Как следствие, в регионе развитие малых ТЭЦ на основе газо-поршневых двигателей возможно только в районах, где реализован сетевой вариант газификации: в Костромском, Нерехтинском, Красносельском и, частично, в Сусанинском районах, что определяет *ареально-узловой тип развития локальных энергосистем*.

Однако при любом сценарии развития тепловой энергетики неизменна ее зависимость от истощаемых ресурсов. Цены на энергоносители в России будут расти, а ставка на развитие исклю-

чительно газовых технологий резко повышает зависимость энергетики от динамики и диапазона ценового коридора. В этой связи возрождаются идеи вовлечения возобновляемых источников энергии в местный энергобаланс, что определяет возможность развития *ареального типа локальных энергосистем*.

Ветроэнергетика. Еще в конце 1920-х гг. Костромской завод “Рабочий металлист” был единственным производителем ветроэнергостановок в СССР [20, с. 179]. Технический потенциал энергии ветра в области был оценен по мощности почти в 944 МВт, а по объему годового возобновления до 2.8 млрд кВт · ч [3, с. 50, 53]. Из-за объективных ограничений (ресурсных, экологических, технических и т.д.) экономическим ресурсом энергии ветра может быть признано не более 10% от показателей расчетной оценки технологического потенциала, или до 95 МВт по мощности и 280 млн кВт · ч, по объему годового возобновления.

По параметру среднегодовой скорости ветра (3 м/с в год) регион не может быть признан перспективным для развития ветроэнергетики. Вместе с тем отдельные части области могут быть признаны эффективными для эксплуатации ветроэнергостановок мощностью 1–10 кВт.

К таким зонам могут быть отнесены побережья крупных водоемов (Горьковское водохранилище, Галичское и Чухломское озера), где широкая водная поверхность, отсутствие сплошных лесных массивов, возвышенный рельеф (Галичская и Чухломская возвышенности) предопределяют высокий ветроэнергетический потенциал территории. Не менее важны для развития ветроэнергетики долины крупных рек (Волги, Костромы, Неи, Унжи, Ветлуги и др.), где среднегодовая скорость ветра высока вследствие действия “коридорного эффекта”. Перспективны и возвышенные территории Костромской области с высотами более 200–250 м (Солигаличская и Кологривская возвышенности в системе Северных Увалов). О возможностях развития ветроэнергетики свидетельствует и историческая практика эксплуатации ветряных двигателей в регионе.

Малая гидроэнергетика. Если исходить из предположения, что в прошлом при выборе места для поселения большое значение имела близость реки, тогда справедливым представляется и тезис о более быстром росте людности населенных пунктов, расположенных у брода. Действительно, наличие брода позволяет более интенсивно использовать ресурсный потенциал земель на противоположном берегу, облегчает постройку моста

и тем самым усиливает предпосылки для последующего скрещивания водных и сухопутных дорог (так возникает транспортный узел). Мост же может быть построен при условии наличия не размываемых в половодье берегов, а это не менее важный показатель характеристики потенциального речного створа для постройки плотины. На этапе развития речного судоходства наличие брода и отсутствие шлюзов делали необходимым формирование инфраструктуры по перевалке и хранению грузов, что создавало благоприятные предпосылки для развития местного рынка.

Таким образом, изначально формировались транспортные узлы локального уровня, зачастую становившиеся центрами развития торговли (торжища, ярмарки). Такие узлы быстрее развивались в крупные поселения с высокой потребностью эксплуатации гидроэнергостановок, особенно там, где на реках создавались каскады малых гидроузлов (мельничных, лесосплавных, мануфактурных и др.).

Эти выводы подтверждаются результатами анализа топографических карт. В Костромской области почти у каждого села существует благоприятный речной створ (всего около 300), что примерно соответствует локализации современных сельских администраций (269) [10]. Большинство этих поселений выполняли административные функции, как минимум, на протяжении последнего столетия, что подтверждает известное положение об инерционности рисунка расселения. По состоянию на 1945 г. в регионе эксплуатировалось примерно 300 мельничных и лесосплавных плотин. В 1940–1950-е гг. на их основе было построено 46 малых гидроэлектростанций, суммарной мощностью 1.8 МВт, а еще на 187 объектах проводились проектно-изыскательские работы [20, с. 235–236, 256].

В 1946 г. экономический потенциал гидроэнергетических ресурсов Костромской области был приближенно оценен в 11 МВт [5, с. 105]. В дальнейшем уточнение ресурсной оценки проводилось специалистами института “Гидроэнергопроект” (1951–1967 гг.) [14, с. 26]. Эти исследования потеряли свою актуальность в период массовой электрификации села, когда малые гидроэлектростанции были признаны неэффективными и были выведены из эксплуатации (1960–1970-е гг.).

В последующие десятилетия уточнение ресурсного потенциала для развития малой гидроэнергетики не проводилось. И только в 1994 г. для региона была обоснована целесообразность возрождения малых ГЭС общей мощностью 14 МВт [23]. Тогда, исходя из среднегодовой загрузки гид-

ротурбин (3.5 тыс. часов), экономический ресурс региона по объему возобновления был определен в 49 млн кВт·ч / год [2].

Таким образом, суммарный экономический потенциал энергии ветра и ресурсов для развития малой гидроэнергетики в регионе достигает почти 110 МВт по мощности и до 330 млн кВт·ч по объему производства, что составляет до 24% объема генерации на электростанциях “Костромаэнерго”.

Из общего обзора локальной энергосистемы следует, что в сетевых циклах области могут использоваться различные генераторы энергии. Видовое многообразие энергоресурсов и способов генерации электроэнергии определяет рост надежности энергоснабжения, а отбор направлений дополнения разномасштабных энергосистем зависит от специфики и содержания конкретной местности. Основные направления (схемы) пространственного комбинирования разномасштабных энергосистем могут быть представлены в качестве обобщающих выводов к статье.

Выводы. 1. Ввиду малозаселенности значительной части сельской местности Костромской области (до 1.5 чел./км²) целесообразность расширения в ее пределах потенциала централизованных сетей энергоснабжения ограничена. В таких зонах функционирование локальных энергосистем становится чуть ли не единственным способом решения энергетических и социальных проблем маломощных потребителей, в том числе в зонах большой протяженности распределительных сетей от фидера питающей подстанции.

2. В районах с высокой долей малолюдных поселений и низкой плотностью населения (от 1.5 до 3.0 чел./км²) резко снижается по причине износа сетей надежность энергообеспечения. Здесь на первый план выходит инфраструктурный аспект проблемы обустройства территории. Таковая может быть решена путем комбинирования локальной и централизованной энергосистем. В этой схеме малые станции являются основным источником генерации энергии для зоны обслуживания локальной системы, имеющей слабые связи с централизованной энергосистемой. Включение малых генераторов по схеме модульных сегментов в общую систему позволяет повысить энергоэкономические показатели ее функционирования по суммарному комплексу эффектов, в том числе и по параметру надежности.

3. В рекреационных и природоохранных зонах также применимы схемы комбинирования локальных и централизованных энергосистем, при которых базовую нагрузку выполняет локальная

система, а существенно меньшую – централизованная. Данный вариант возможен и для экологически неблагоприятных территорий при условии замены многочисленных котельных на малые ТЭЦ. Такая трансформация котельных – наиболее приемлемая схема функционирования локальных энергосистем с точки зрения не только экологических параметров, но и показателей экономической эффективности в условиях роста тарифов на электроэнергию.

4. Еще одно направление развития электроэнергетики предполагает формирование “полюсов роста” (особенно в Приволжской зоне). Схема локальной системы предусматривает эксплуатацию модуля малой генерации как неотъемлемой части централизованной энергосистемы, что усиливает эластичность производства при высокой надежности энергоснабжения и приводит к росту синергетических эффектов в результате такого синтеза (эффект “домино”). Сопряженная энергосистема особенно перспективна для территорий с растущим спросом на электроэнергию (пригородных районов, коттеджных поселков повышенной комфортности, населенных пунктов, в которых широко используется электроотопление, и т.д.). Место локальной и централизованной системы в графике нагрузки электропотребления будет зависеть от конкретных условий местности, объема сезонных и суточных потребностей в электроэнергии, текущего уровня цен на энергоносители и т.д.

В заключение отметим, что многообразие вариантов моделирования энергетического пространства Костромской области может служить основой для разработки общепромышленных, региональных и локальных программ социально-экономического развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Атаев З.А.* Географические основы локальной энергетики Центрального экономического района России. Рязань: Ряз. гос. ун-т им. С.А. Есенина, 2008. 284 с.
2. *Атаев З.А.* Территориальная организация локальной энергетики Центрального экономического района России. М.–Рязань: Изд-во МПСИ, 2006. 344 с.
3. *Атаев З.А.* Экономико-географические предпосылки использования возобновляемых источников энергии в сельской местности Центрального экономического района России (на примере Рязанской и сопредельных областей): Дис. ... канд. геогр. наук. (Приложение). М.: Моск. гос. ун-т землеустройства, 1998. 103 с.

4. Владимирский Н.Н. Костромская область: историко-экономический очерк. Кострома: Кн. изд., 1959. С. 78, 79, 85.
5. Григорьев С.В. Потенциал энергоресурсов малых рек СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1946. Серия 1. IV. 105 с.
6. Данченко А.М., Задде Г.О., Земцов В.А., Инищев Л.И. и др. Кадастр возможностей / Под ред. Ликутина Б.В. Томск: Изд-во НТЛ, 2002. 280 с.
7. Дубинин В.С. Сопоставление систем централизованного и децентрализованного энергоснабжения в современных условиях России (часть 1) // Промышленная энергетика. 2005. № 9. С. 7–12.
8. К вопросу электрификации сельского хозяйства // Красный мир (Кострома). 1922. 20 мая.
9. Костромаэнерго. М.: Внешторгиздат, 1995. С. 6.
10. Костромская область. Административная карта. М.: Роскартография, 2002. Масштаб 1:500 000.
11. Костромское промышленное училище имени Ф.В. Чижова. Отчет за 1889–1899 учебный год. Кострома, 1899. С. 2, 55.
12. Краткий библиографический очерк Ф.В. Чижова / Сост. Либерман А.А. Кострома, 1910. С. 1, 2.
13. Макарьев П. Фабрично-заводская промышленность Костромской губернии накануне мировой войны. Кострома, 1921. С. 10–26.
14. Малая гидроэнергетика / Михайлов Л.П., Фельдман Б.Н., Марканова Т.К. и др. М.: Энергоатомиздат, 1989. 184 с.
15. Мелентьев Л.А. Очерки истории отечественной энергетики (развитие научно-технической мысли). М.: Наука, 1987. 277 с.
16. Оре О. Теория графов. 2-е издание. М.: Наука, 1980. 356 с.
17. Поволжский вестник (Кострома). 1912. 28 июля.
18. Правила устройства электроустановок. Раздел 1. Общие правила. Главы 1.1, 1.2, 1.7, 1.9. Раздел 7. Электрооборудование специальных установок. Гл. 7.5, 7.6, 7.10. 7-е изд. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002. 184 с.
19. РГАЭ. Ф.478. Оп. 5. Д. 1845. Л.38.
20. Смуров В.В., Тимонин Ю.И. Свет на земле Костромской: Страницы истории электрификации области (К 40-летию “Костромаэнерго”). Кострома: Кн. изд-во, 2001. 520 с.
21. Тархов С.А. Эволюционная морфология транспортных сетей. Смоленск–М.: Универсум, 2005. 384 с.
22. Феддер Л.Р. Районные электрические станции как фактор производства ценностей. Доклад прочит. Л.Р. Феддером в Костром. науч. о-ве по изуч.местного края в Губерн. зем. управе. Кострома, 1917.
23. Федеральная целевая программа развития энергетических систем АПК России на основе использования нетрадиционных источников энергии на 1996–2000 гг. “Возобновляемая энергетика села – 2000”. Кн. 3 (Аналитический обзор). Проблемы и перспективы развития систем энергоснабжения села / Главное управление инженерного и социального обустройства с/х территорий. М.: Минсельхозпрод РФ. 1994. 55 с.
24. Чебан В.М. и др. Управление режимами электроэнергетических систем в аварийных ситуациях. М.: Высш. шк., 1990. 144 с.
25. Схема и программа развития электроэнергетики Костромской области на 2014–2018 гг. // Администрация Костромской области. Постановление от 17 мая 2013 г. № 210а. [Электронный источник]. Источник: bose.cansultant.ru

REFERENCES

1. Ataev Z.A. *Geograficheskie osnovy lokal'noi energetiki Tsentral'nogo ekonomicheskogo raiona Rossii* (Geographic Principles of Local Power Production in the Central Economic Region of Russia). Ryazan: Ryazan. Gos. Univ. im. S.A. Esenina, 2008. 284 p.
2. Ataev Z.A. *Territorial'naya organizatsiya lokal'noi energetiki Tsentral'nogo ekonomicheskogo raiona Rossii. Monografiya* (Regional Management of Local Power Production in the Central Economic Region of Russia: a Monograph). Ryazan: Ryazan. Gos. Univ. im. S.A. Esenina, 2006. 344 p.
3. Ataev Z.A. Economic-geographical substantiation for use of renewable energy sources in rural areas of the Central Economic Region of Russia (by example of Ryazan and neighboring regions), *Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Moscow: Mosk. Gos. Univ. Zemleustroistva, 1998, suppl., 103 p.
4. Vladimirovsky N.N. *Kostromskaya oblast': istoriko-ekonomicheskii ocherk* (Kostroma Oblast: An Outline of History and Economics). Kostroma: Kostrom. Knizh. Izd., 1959, p. 78, 79, 85.
5. Grigoryev S.V. *Potentsial energoresursov malykh rek* (The Potential of Energy Resources of Small Rivers). Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1946, vol. 4, series 1. 105 p.
6. Danchenko A.M., Zadd G.O., Zemtsov V.A., Inishchev L.I., et al., *Kadastr vozmozhnostei* (Cadastre of Possibilities), Likutina B.V., Ed. Tomsk: NTL Publ., 2002. 280 p.
7. Dubinin V.S. Comparison of centralized and decentralized energy supply in modern Russia. Part 1. *Prom. Energ.*, 2005, no. 9, pp. 7–12. (In Russ.).
8. About electrification of agriculture. *Krasnyi Mir* (Kostroma), 1922, May 20. (In Russ.).
9. *Kostromaenergo* (Kostroma Energy Supply Company). Moscow: Vneshtorgizdat Publ., 1995, p. 6.
10. *Kostromskaya oblast'. Administrativnaya karta, Masshtab 1 : 500 000* (Administrative Map of Kostroma Oblast, Scale 1 : 500 000). Moscow: Roskartografiya Publ., 2002.
11. *Otchet za 1889–1899 uchebnyi god* (A Report of 1889–1899 Schoolyear). Kostroma: Kostrom. Prom. Uchilishche im. F.V. Chizhova, 1899, p. 2, 55.
12. *Kratkii bibliograficheskii ocherk F.V. Chizhova* (Brief Bibliographical Essay of F.V. Chizhov), Liberman A.A., Ed. Kostroma, 1910, p. 1, 2.
13. Makar'ev P. *Fabrichno-zavodskaya promyshlennost' Kostromskoi gubernii nakanune mirovoi voiny* (Indus-

- try of Kostroma Province before the First World War). Kostroma, 1921, pp. 10–26.
14. *Malaya gidroenergetika* (Local Hydropower System), Mikhailov L.P., Ed. Moscow: Energoatomizdat Publ., 1989. 184 p.
 15. Melentiyev L.A. *Ochrki istorii otechestvennoi energetiki (razvitie nauchno-tekhnicheskoi mysli)* (An Outline on the History of National Energetics: Development of Scientific-Technical Ideas). Moscow: Nauka Publ., 1987. 277 p.
 16. Ore O. *Theory of Graphs*. Providence: Am. Math. Soc., 1962.
 17. *Povolzhskii Vestn.* (Kostroma), 1912, July 28.
 18. *Pravila ustroistva elektroustanovok. Razdel 1: Obshchie pravila. Glavy 1.1, 1.2, 1.7, 1.9. Razdel 7: Elektrooborudovanie spetsial'nykh ustanovok. Glavy 7.5, 7.6, 7.10* (Rules of Electricity-Generating Equipment Installation. Section 1: General Rules, Chapters 1.1, 1.2, 1.7, 1.9; Section 7: Electric and Electronic Appliance of Specialized Electricity-Generating Equipment, Chapters 7.5, 7.6, 7.10). Moscow: ENAS Publ., 2002. 184 p.
 19. Russian State Archive of Economy, file 478, inventory 5, document 1845, sheet 38.
 20. Smurov V.V. and Timonin Yu.I. *Svet na zemle Kostromskoi: Stranitsy istorii elektrifikatsii oblasti (k 40 Kostromaenergo)* (The Electric Light in Kostroma Land: Pages of the History of Electrification of the Region (Dedicated to 40th Anniversary of Kostromaenergo Company)). Kostroma, 2001. 520 p.
 21. Tarkhov S.A. *Evolutsionnaya morfologiya transportnykh setei* (Evolutionary Morphology of Transport Networks). Smolensk: Universum Publ., 2005. 384 p.
 22. Fedder L.R. *Doklad "Raionnye elektricheskie stantsii kak faktor proizvodstva tsennosti"* (A Report "Electric Power Plants in the Districts as a Factor of Value Production"). Kostroma, 1917.
 23. Federal Target Program of development of energetic systems of agroindustrial complex of Russia based on use of unconventional sources of energy for 1996–2000s "Renewable energy of rural areas – 2000," in *Problemy i perspektivy razvitiya sistem energosnabzheniya sela. Analiticheskii obzor* (Problems and Prospects of Energy Supply of the Rural Territories: Analytical Review). Moscow: Minist. S-kh. Prod. RF, 1994, book 3. 55 p. (In Russ.).
 24. Cheban V.M. et al. *Upravlenie rezhimami elektroenergeticheskikh sistem v avariinykh situatsiyakh* (Control of Electric Power Systems in Emergency Situations). Moscow: Vysshaya Shkola Publ., 1990. 144 p.
 25. *Postanovlenie Administratsii Kostromskoi oblasti ot 17 maya 2013 g., no. 210a "Skhema i programma razvitiya elektroenergetiki Kostromskoi oblasti na 2014–2018 gg."* (Resolution of Government of Kostroma Region of May 17, 2013, No. 210a "Scheme and Program Development of Electric Power Industry in Kostroma Oblast for 2014–2018"). <http://consultant.ru>

Role of Local Energy Systems in Socio-Economic Development of Kostroma Oblast

Z.A. Ataev

*Chechen State University, Russia;
GzheI' State Art and Industry Institute (GSAIL), Russia; ataev-rzn@ya.ru*

The conceptual apparatus of the article is reviewed in the Introduction. The second part is devoted to the historical and geographical overview of the evolution of the power industry in Kostroma oblast. Topographic analysis of energy space of Kostroma oblast shows that three fourth of the area of Kostroma oblast will face problems in the case of system failure in the power system. Therefore, the traditional model of combining of different schemes of power supply is required. The development of gas turbine technologies determines the possibility of the formation of linear-nodal and areal-nodal types of local power supply systems, and the use of renewable energy sources gives the possibility of using of areal type power supply systems. Diversification of energy sources determines the growth of supply reliability. The main directions of combining of energy systems are presented as conclusions of the article. The sparsely populated rural areas of the Kostroma oblast (1.5 persons per square km) limit the feasibility of increasing of centralization of energy system. Local energy systems allow to solve energy and social problems of population. In the areas with a high share of small settlements (population density from 1.5 to 3.0 persons per square km) the reliability of power supply is dramatically reduced due to wear electricity distribution grids. The problem can be solved by combining the local and centralized power systems. Schemes of combining of local and centralized energy systems are also applicable in recreational and conservation areas. This direction is promising for areas that act as growth poles (in the Volga area). The scheme of the local energy system provides the operation of the small generation module as an integral part of a centralized system and increased synergies.

Keywords: energy space, trend of centralization and decentralization in the power industry, centralized power system, local energy systems, local power supply system, small power units, small hydro, strategic and distribution electricity grids, cyclic electricity grids, acyclic area of electricity grids, linear-nodal, areal-nodal and areal type of development of local energy systems.