

УДК 911.3: 33

ИЗОЛИРОВАННАЯ ЭНЕРГОСИСТЕМА КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2018 г. З.А. Атаев

Чеченский государственный университет, Грозный, Россия

E-mail: ataev-rzn@ya.ru

Поступила в редакцию 30.11.2015 г.

Аннотация. Выполнен обзор вариантов перспективного развития электроэнергетики Калининградской области. Выявлено, что функционирование энергосистемы в изолированном режиме – наиболее неблагоприятный, но и вероятный сценарий. Этот вариант рассмотрен с точки зрения организации внутреннего энергетического пространства области. Анализ территориальной организации энергоснабжения базируется на положениях математической теории графов. Установлено, что главный остов циклической сети региональной энергосистемы состоит из 14 циклов. Это зона относительно устойчивого энергообеспечения. Остальные сети региональной энергосистемы работают в разомкнутом режиме, это – ациклическая зона энергоснабжения Калининградской области. Выявлено, что зона доминирования древовидных сетей, занимающая более половины территории области, характеризуется очень низкой надежностью энергоснабжения. Предложена “многослойная” модель территориальной организации региональной энергосистемы, более надежной по критерию надежности энергоснабжения. В случае ее реализации локальная система может “замыкать” потребителей на местный сетевой цикл и свой потенциал малой генерации.

Ключевые слова: Единая энергосистема России, централизованная энергосистема, циклические зоны сети, ациклические зоны, локальная энергосистема.

DOI: 10.7868/S2587556618010095

Isolated energy system of Kaliningrad oblast

Zairbeg A. Ataev

The Chechen State University, Grozny, Russia

E-mail: ataev-rzn@ya.ru

Received November 30, 2015

Abstract. Review of variants of perspective development of Kaliningrad oblast is performed. It is revealed that the functioning of the energy system in isolated mode is the most disadvantageous and, at the same time, a probable scenario. This variant is considered from the point of view of the oblast's internal energy space organization. The analysis of the territorial organization of energy supply is based on the provisions of the mathematical graph theory. It was found that the main framework of the cyclic network of the regional energy system consists of 14 cycles. This is a zone of relatively sustainable energy supply. The rest networks of the regional energy system work in the open mode; this is an acyclic zone of energy supply of Kaliningrad oblast. It is revealed that the treelike networks' dominance zone taking more than a half of area of Kaliningrad oblast is characterized by very low reliability of energy supply. A “multi-layered” model of territorial organization of the regional energy system is suggested, more reliable criterion of security of energy supply. In case of its implementation the local system can “lock” consumers in the local network cycle and own potential of small generation.

Keywords: energy space, local energy systems, cyclic networks, acyclic zone of energy supply, isolated energy system.

Введение. Изучением энергосистемы Калининградской области занимаются преимущественно энергетики и управленцы [5, 8, 10–12, 14–19,

23–24, 27, 29–30, 35]. Но необходимы и исследования территориальной организации отрасли. Цель статьи провести географический анализ

энергетического пространства изолированного региона на примере Калининградской области.

Определим некоторые понятия. Под “*энергетическим пространством*” автор подразумевает структурные и функциональные особенности энергоснабжения (отношения и связи), формирующие топологию и “пространственный каркас” зоны обслуживания энергосистемы. Понятие “*локальные энергосистемы*” часто объединяют в условную группу децентрализованных энергосистем, для которых характерны слабые связи с крупными энергосистемами (или полное отсутствие таких связей – автономная система), а зона обслуживания охватывает нижнюю (локальную) ступень в иерархии энергетического пространства.

Географическая близость Калининградской области к странам Центральной и Западной Европы благоприятна для развития экономики. Но транзитные связи с Россией через Белоруссию, Польшу и особенно через Литву периодически создают проблемные ситуации в электроэнергетике. В целом государства Балтии придерживаются политики блокирования любой формы экономического сотрудничества с Россией, в том числе и в сфере энергетики.

В 2015–2020 гг. в Калининградской области прогнозируется годовой темп роста электропотребления – 0.84% (в 2015 г. – 4450 млн кВт·ч, прогноз на 2020 г. – 4642 млн кВт·ч). К 2020 г. ожидаются значительные изменения в структуре регионального электробаланса (базовый – 2014 г.): удвоение показателя потребления в домашних хозяйствах при кратном сокращении в сфере “производственные нужды в сельском хозяйстве” [33, с. 13–17]. Следовательно, рост потребности ожидается в сфере пространственно распыленного потребителя (это тенденция децентрализации).

Генерация электроэнергии в Калининградской области представлена относительно крупным потенциалом (таблица, рис. 1). Анализ таблицы показывает, что объем производства позволяет обеспечить собственные нужды области с учетом роста потребления до 2020 г. В плане перспектив развития в Балтийском регионе значимы проекты развития атомной энергетики. Литва планирует строительство своей новой Висагинской АЭС (3400 МВт). Сейчас строительство заморожено на неопределенное время по причине несогласованности интересов стран Балтии, Польши и недостаточного интереса частных инвесторов.

Россия в свою очередь, начала строительство Балтийской атомной двухблочной электростанции в Калининградской области (БАЭС, 2388 МВт,

Неманский район). Ввод ее в эксплуатацию планировался по блокам в 2016–2018 гг., а подключение к сети – в 2020 г. Станция способна производить 17.2 млрд кВт·ч электроэнергии в год. Избытки объема и мощности намечалось поставлять в Европу [16, 19, 29].

Но в 2013 г. Литва и Польша отказали в доступе электроэнергии БАЭС в европейскую сеть по своей территории. Фактическая блокада станции привело к неясности перспектив поставок электроэнергии и как результат – к замораживанию ее строительства в 2013 г. Правительство России, с учетом комплекса рисков, в 2014 г. приняло решение о создании в Калининградской области изолированной энергосистемы, не имеющей электрических связей для параллельной работы с другими системами [32, с. 13].

Сетевое хозяйство электроэнергетики Калининградской области представлено разнообразными ЛЭП 330–110–60 кВ.

Системообразующие сети сверхвысокого напряжения (≥ 330 кВ) предназначены для объединения энергосистем в единое “кольцо” выдачи мощности крупных электростанций и обеспечения транзитных связей с другими энергосистемами. Дороговизна сооружения и системная значимость таких сетей определяют главные конфигурационные черты их построения: замкнутость (цикличность) с целью морфологической надежности; спрямление маршрута передачи электроэнергии для снижения расходов на сооружение. Для таких сетей характерна замкнутая трассировка вне полос густого расселения.

Системообразующая сеть обеспечивает связь Калининградской области с энергосистемами соседних стран и России и состоит из трех подстанций 330 кВ (“Северная”, “Центральная”, “Советск”) и комплекса сетей международного значения.

Питающие сети высокого напряжения (110–220 кВ, реже 35 кВ) обычно замкнуты в циклы и служат для передачи энергии от электростанций или подстанций системообразующей сети к центрам питания распределительных сетей. Питающий сетевой класс Калининградской области состоит из сетей и подстанций 60–110 кВ (всего 66 подстанций). Размещение и плотность питающей сети зависит от специфики территории (людность, инфраструктурная насыщенность, уровень и плотность промышленного развития и т.д.). Рисунок сети исторически наслаивается на рисунок плотности населения.

Распределительные сети используют низкое напряжение (0.4–0.6–10 кВ), по конфигурации они

Таблица. Электростанции Калининградской области (по состоянию на 1 января 2015 г.)

Электростанция	Собственность	Установленная мощность, МВт/годовая выработка, млн кВт·ч *	Топливо	Примечание
Тепловые электростанции Калининградской области**				
1. ТЭЦ-2, г. Калининград	Филиал АО “Интер РАО – Электрогенерация”	875.0/6355.6	ПГ	—
2. Гусевская ТЭЦ, г. Гусев	ОАО “Калининградская генерирующая компания”	8.5/3.7	ПГ, НФТ	Работает по тепловому графику
3. ГРЭС-2, г. Светлый	ОАО “Калининградская генерирующая компания”	20.8/19.2	ПГ	Работает по тепловому графику
Тепловые электростанции промышленных предприятий				
4. ТЭЦ-10, г. Советск	МП “Советсктеплосети”	36.0/53.9	ПГ	До 2009 года блок-станция ЦБЗ
4 тепловые станции мощностью 940.3 МВт и годовой выработкой 6432.4 млн кВт·ч				
Энергетические установки на основе возобновляемых источников энергии ***				
5. Малая ГЭС-3, г. Правдинск	ОАО “Янтарьэнерго”	1.1/7.5	—	—
6. Мини ГЭС, г. Озерск	ОАО “Янтарьэнерго”	0.5/0.8	—	—
7. Мини ГЭС, пос. Заозерное	ОАО “Янтарьэнерго”	0.1/—	—	На консервации
8. ВЭС пос. Куликово Зеленоградского район	ОАО “Калининградская генерирующая компания”	5.1/2.3	—	—
3 станции мощностью 6.7 МВт и годовой выработкой 10.6 млн кВт·ч (без Заозерной ГЭС)				
Сумма 8 действующих станций в области, 950.9 МВт, 6443.0 млн кВт·ч (на 01.01.2015 г.)				

Примечание: ТЭЦ – теплоэлектроцентраль, ГРЭС – государственная районная электростанция (тепловая), ВЭС – ветро-энергетическая станция; ПГ – природный газ; НФТ – нефтетопливо (мазут); значком (*) отмечено, что данные по годовому производству электроэнергии приведены по состоянию на 2014 год; значком (**) отмечено, что в таблице не внесены показатели по ТЭЦ-1 (г. Калининград), ТЭЦ ЗАО “Цепрус” (ТЭЦ-9) и МУП “Теплоэлектроцентраль” (ТЭЦ-8), так как они работают исключительно как котельные; значком (***) отмечено, что классификация объектов малой гидроэнергетики принята по [9, с. 240].

Источник: составлено по [33, с. 28–33].

обычно разомкнуты, предназначены для транспорта электроэнергии от районных подстанций к бытовым потребителям. Ниже этот класс сети не анализируется.

Связи Калининградской энергосистемы с ЕЭС России реализуются транзитом по территории Литвы. Внешнее энергетическое пространства Калининградской системы образует европейская сеть (ENTSO-E) [31], куда входит Польша, а процесс вхождения в нее Литвы не завершен [35].

Электроэнергетические связи стран Балтии с Россией и Республикой Беларусь насчитывают 12 выходов (мощностью 3900 МВт). Современные связи стран Балтии с европейской энергосистемой насчитывают 19 выходов (6650 МВт) [6, 11, с. 3–4; 29, 33, 35]. Отсюда вывод: интеграция и синхронизация стран Балтии с Европейской энергосистемой и одновременно десинхронизация с ЕЭС России – это наиболее вероятный вариант развития электроэнергетики.

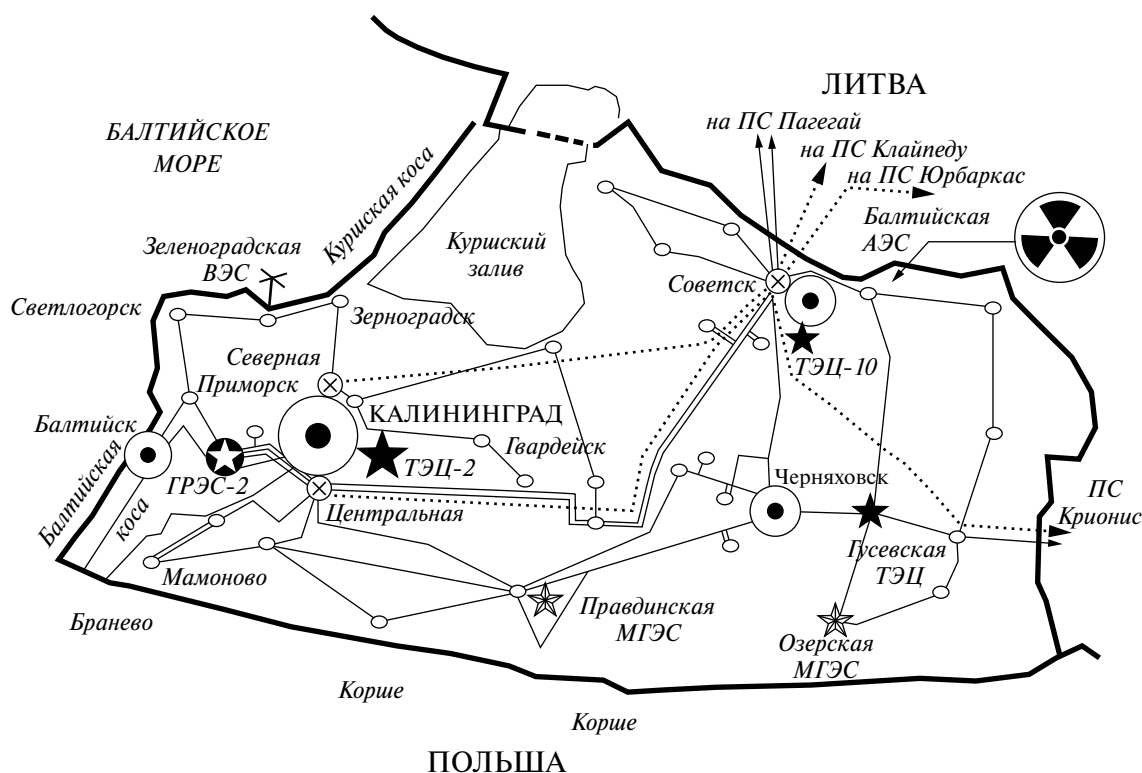


Рис. 1. Электроэнергетика Калининградской области.

Государственная граница Российской Федерации и Калининградской области.

● Калининград – областной центр, ● Советск – города.

Линия электрических передач (ЛЭП):

..... ЛЭП 220–330 кВ.; — ЛЭП 60–110 кВ.

Подстанции (ПС):

⊗ ПС-330 кВ.; ○ ПС-60–110 кВ.

Электростанции:

☢ – атомные (АЭС); ⚙ – государственная районная электростанция (ГРЭС);

★ – теплоэлектроцентраль (ТЭЦ); ☆ – объект малой гидроэнергетики,

⚙ – ветроэнергетическая станция (ВЭС).

Источник: Картограмма составлена на топооснове и данных [3–4, 22, 33].

В этой связи обостряется проблема изоляции Калининградской энергосистемы. Возможно несколько вариантов ее решения: проект энергомоста Россия – Калининградская обл. – Германия (Выборг – Грайфсвальд) повторяет маршрут подводного магистрального газопровода “Nord Stream”; работа Калининградской системы в составе европейской энергосистемы; функционирование энергосистемы в изолированном режиме (наиболее неблагоприятный и одновременно наиболее вероятный сценарий) [6, 11, с. 3–4; 29, 33, 35]. Рассмотрим этот неблагоприятный вариант с точки зрения внутреннего энергетического пространства Калининградской области.

Методология топологического расчленения энергосистемы, выявление пространственного каркаса Калининградской области, анализ уровня надежности энергоснабжения. Морфологический анализ надежности территориальной организации энергоснабжения базируется на положениях математической теории графов О. Оре [21] и используется для организации управления режимами энергосистем [13, 25, 28]. Из этих работ заимствованы методы адаптации понятий теории графов к анализу энергетического пространства [1, с. 34]. Для реализации географического подхода за основу анализа принята морфология системообразующего и питающего класса

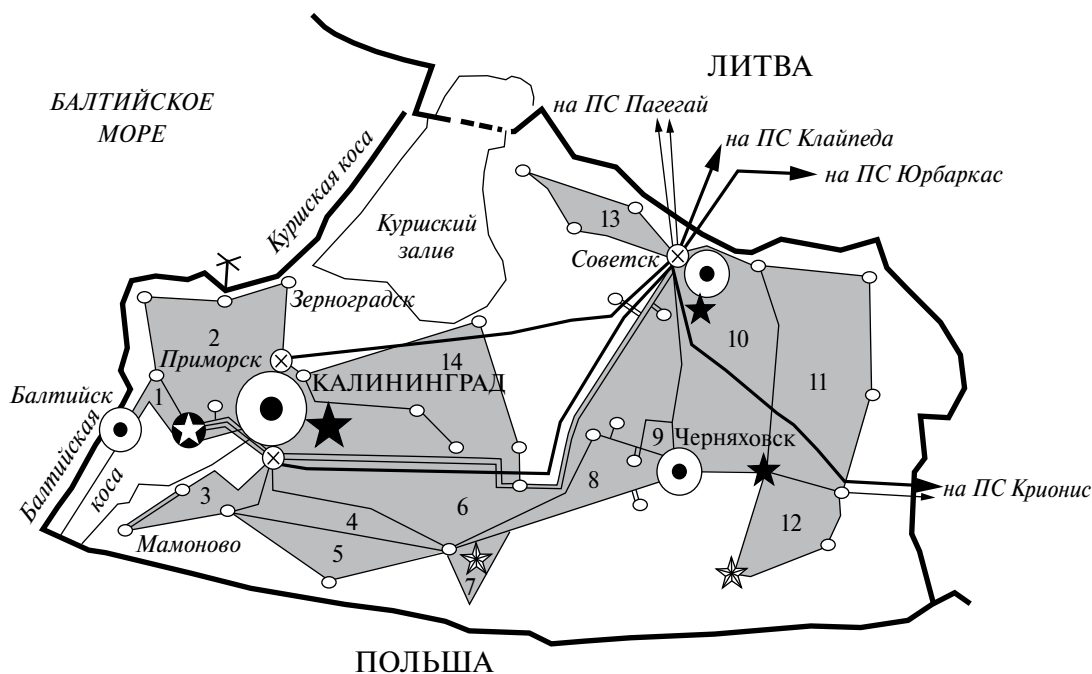


Рис. 2. Топоморфологические части питающих электросетей Калининградской области.

— Государственная граница Российской Федерации и Калининградской области.

● Калининград — областной центр, ● Советск — города.

Линия электрических передач (ЛЭП): ЛЭП 220–330 кВ.; — ЛЭП 60–110 кВ.

Подстанции (ПС): ⊗ ПС-330 кВ.; ○ ПС 60–110 кВ.

Электростанции:

☢ — атомные (АЭС); ⚙ — государственная районная электростанция (ГРЭС);

★ — теплоэлектроцентраль (ТЭЦ); ☆ — объект малой гидроэнергетики;

⚡ — ветроэнергетическая станция (ВЭС).

■ — Остов (топологический ярус) циклической питающей сети.

□ — Зона развития ациклических распределительных сетей (ветвь-дерево).

Цифрами на картосхеме обозначены циклы питающей сети региона, всего 14 циклов.

линий электрических передач [1–2], а для структурирования сетевых образований использована предложенная С.А. Тарховым методика описания топологического строения сетей сухопутного транспорта и их морфологического расчленения на циклические ярусы [26, с. 47–53].

Результаты реализации этой методики представлены на рис. 2. Первый топологический ярус ЛЭП формирует главный остов циклической сети. Остов выявлен круговым обходом вдоль внешней периферии всех циклов региональной энергосистемы, имеющих хотя бы одну общую вершину или ребро с внешней границей остова (14 циклов). Это ареал наибольшего освоения территории,

он оконтуривает зону относительно устойчивого энергообеспечения (сгущение циклов — вектор “сжатия пространства”). Оставшаяся часть сетевых комплексов региональной энергосистемы работает в разомкнутом режиме, это ациклическая зона области, что свидетельствует о низком уровне централизации, но и о надежности энергетической системы.

Тезис о низком уровне централизации и надежности энергосистемы требует проверки на локальном уровне организации энергетического пространства, для этого использована методика выбора типа управляющей структуры сетевыми комплексами энергосистемы [28, с. 14].

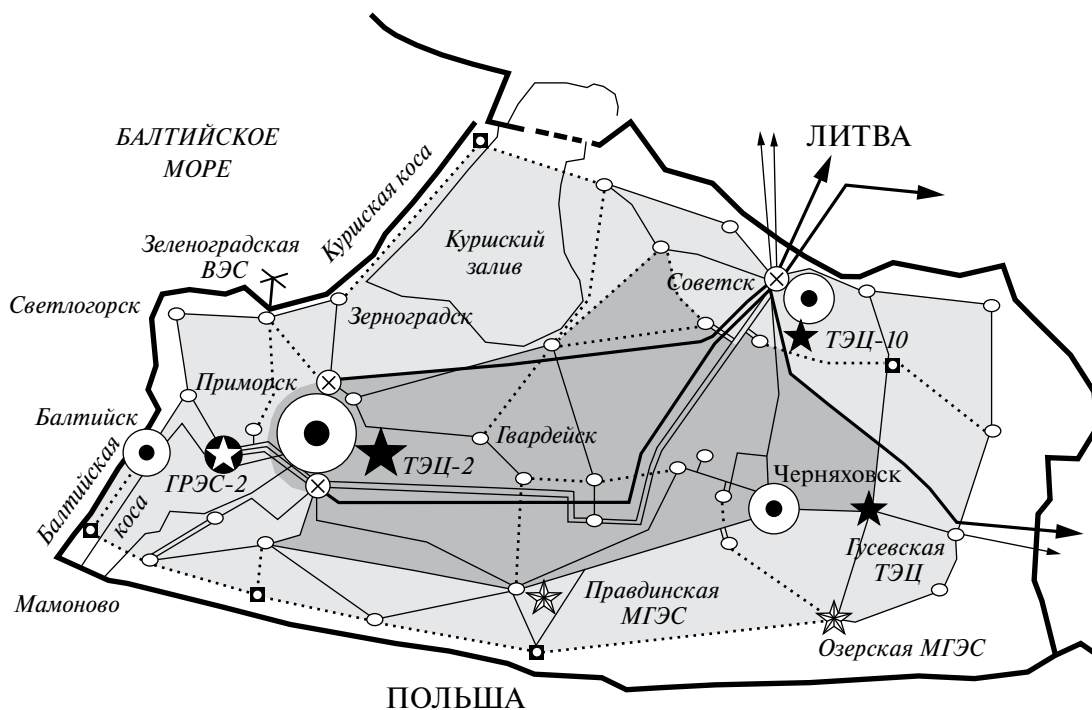


Рис. 3. Топоморфологические части питающих электрических сетей Калининградской области (модель).

- Государственная граница.
- Линия электропередач (ЛЭП)–330 кВ; — ЛЭП 60–110 кВ.
- Нарращивание (возможное строительство) потенциала ЛЭП–110 кВ.
- ⊗ Подстанция 330 кВ. ○ Подстанция 60–110 кВ. □ Новые ПС–110 кВ.
- ★ ГРЭС, ★ ТЭЦ, ☆ Объект малой гидроэнергетики, ⚓ ВЭС.
- Калининград – областной центр, ● Советск – города.
- – Остов циклической сети – 36 циклов, в том числе в 1-м топоряусе – 24 цикла.
- – 2-й топологический ярус циклической питающей сети (12 цикла).
- – Зона развития ациклических распределительных сетей (ветвь–дерево).

Геосетевой анализ рис. 2 свидетельствует, что для ациклической зоны характерен строго централизованный тип управляющей структуры с очень низкой надежностью энергоснабжения, а это более $\frac{1}{2}$ площади области. Следовательно, основная территория области в случае возникновения аварии в энергосистеме, в том числе аварии в энергосистеме Литвы, представляет собой ареал, подверженный обострению энергетических проблем.

Моделирование энергетического пространства Калининградской области представляет собой взаимное дополнение вертикали пространства централизованной энергосистемы – горизонталью интеграции локальных энергосистем: крупная электростанция должна иметь окружение малых электростанций и соответствующей инфраструктуры. Это модель

“многослойной” территориальной организации энергосистемы [1, с. 31].

К этой модели близок вариант, предложенный специалистами Института РАН системной энергетики имени С.А. Мелентьева [7, с. 9]. Близкую позицию высказывает В.И. Гнатюк, подчеркивая, что прикладным следствием закона оптимального построения сложных техноценозов является процедура параметрического нормирования. Отсюда возникают предложения по развитию генерации Калининградской области: “Необходимо построить на территории области в центрах тепловых и электрических нагрузок еще несколько тепловых ТЭЦ мощностью порядка 30–60 тыс. кВт. ... Кроме того, потребуется строительство 50–60 малых электростанций по 1–3 тыс. кВт каждая (это могут быть МГЭС, ВЭС и др.)” [8, с. 8].

В итоге реализации модели на примере Калининградской области может быть повышен уровень надежности и устойчивости энергоснабжения в зоне функционирования изолированной региональной энергосистемы (рис. 3).

В случае наращивания сети ЛЭП и подстанций по региональной программе [33–34] возрастает число циклов (почти утроение — 36 циклов) и число топологических ярусов питающей сети (до 2-х ярусов). В результате тип строго централизованной системы управления сетями заменяется на смешанный тип, как следствие — главный остов почти достигает административных границ региона, а каркас энергосистемы приобретает условно двухуровневое построение.

Из рис. 3 следует, что основу первого уровня энергетического пространства составляют циклы централизованной системообразующей и питающей сети. Второй уровень энергетического пространства — это множество территориально сочетающихся энергосистем (циклов) локального значения, ориентированных на энергоносители разной природы и имеющих связь с ОАО “Янтарь-энерго” посредством питающей и распределительной сети. В такой модели локальная система может “замыкать” потребителей на местный сетевой цикл и свой потенциал малой генерации (децентрализация). На практике такое построение имеет следствием рост топоморфологического разнообразия форм территориальной организации энергоснабжения и выполняемых ею функций [1, с. 28].

Выбор схемы взаимного дополнения уровней энергосистемы разнообразен. В качестве генерирующей основы локальных систем особые надежды возлагаются на строительство малых газотурбинных теплоэлектроцентралей (ГТУ-ТЭЦ) и газопоршневых двигателей.

Однако при любом сценарии развития малой тепловой энергетики неизменна ее зависимость от истощаемых ресурсов. Не исчезает и проблема зависимости от их транзита через территорию Литвы. В этой связи возрождаются идеи массового развития локальных систем на основе ресурсов возобновляемых источников энергии (ВИЭ), что способствует распространению *ареального типа развития локальных энергосистем*.

Гидроэнергетический потенциал рек Калининградской области оценивается до 40 МВт по мощности (более 322 млн кВт·ч/год). Регион обладает и значительным ветроэнергетическим потенциалом (до 300 МВт). Для монтажа ветроэнергетических парков сухопутного и морского базирования (на шельфе) перспективно все

побережье Балтийского моря (140 км). На востоке региона ветроэнергетика может быть использована для автономного энергоснабжения [34, с. 58–62]. В реальности возможны сочетания разных вариантов.

Таким образом, только по двум видам ресурсов ВИЭ (малой гидро- и ветроэнергетике) потенциал Калининградской области достигает почти 340 МВт или более $\frac{1}{3}$ от потенциала генерации энергосистемы (см. таблицу). Однако на открытых рынках “зеленая энергетика” не всегда может конкурировать с “топливной” энергетикой, что часто приводится как довод против развития возобновляемой энергетики. Подробный обзор и обоснование этих спорных вопросов рассмотрен в ряде работ [1–2].

В Калининградской области принято постановление областного правительства “О мерах по ускорению восстановления и строительству малых гидроэлектростанций и ветроэлектростанций” (1999 г.), в котором указано, что на весь период окупаемости владельцу установки на основе ВИЭ гарантирована покупка объема электроэнергии по специальным ценам (5–6 лет). По истечении срока окупаемости АО “Янтарь-энерго” оставляет за собой право закупать электроэнергию, исходя из своих потребностей и по ценам ниже, чем на предыдущем этапе [20, с. 9]. После наступления срока окупаемости поддержка не гарантирована.

Вероятно, следует наметить в регионе зоны сопряжения экологической, социально-экономической и технологической целесообразности развития локальной энергетики и энергосистем, а меры по масштабному вовлечению ресурсов ВИЭ в общий энергобаланс должны быть приоритетным направлением в региональной стратегии развития электроэнергетики Калининградской области.

Выводы. Интеграция и синхронизация стран Балтии с Европейской энергосистемой и одновременно десинхронизация с ЕЭС России — вполне реальная ситуация. Поэтому возможен вариант функционирования энергосистемы Калининградской области в изолированном режиме. При этом $\frac{1}{2}$ территории региона — это ареал подверженный риску обострения энергетических проблем. Предложена “многослойная” модель территориальной организации местной энергосистемы, в которой локальная энергосистема может “замыкать” потребителей на местный сетевой цикл и свой потенциал малой генерации. Выбор схемы комбинирования вариативен. Меры по масштабному вовлечению местных возобновляемых источников энергии в общий энергобаланс должны быть приоритетным направлением стратегии развития изолированной Калининградской энергосистемы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Атаев З.А.* Географические основы локальной энергетики Центрального экономического района России / РГУ им. С.А. Есенина. Рязань: Ряз. Обл. тип., 2008. 284 с.
2. *Атаев З.А.* Территориальная организация локальной энергетики Центрального экономического района России. Автореф. дисс. ... докт. геогр. наук. М.: Институт географии РАН, 2008. 294 с.
3. Атлас автодорог: Россия и сопредельные государства. Минск: Тривиум, 1996–2002. 184 с.
4. Атлас железных дорог: Россия – страны СНГ – Прибалтика. Омск: Роскартография, 2002. 255 с.
5. *Белей В.Ф.* Возобновляемые источники энергии и перспективы их использования в Калининградской области // Изв. КГТУ. 2006. № 11. С. 20–30.
6. *Белей В.Ф.* Электроэнергетика Калининградской области: анализ состояния, перспектив развития и взаимодействия с энергосистемами стран Балтийского региона // Балтийский регион. 2010. № 1 (3). С. 69–77.
7. *Воропай Н.И., Кейко А.В., Санеев Б.Г., Сендеров С.М., Стенников В.А.* Тенденции развития централизованной и распределенной энергетики // Энергия: экономика, техника, экология. 2005. № 7. С. 2–11.
8. *Гнатюк В.И.* О стратегии развития регионального электроэнергетического комплекса Калининградской области // Балтийский регион. 2010. № 1 (3). С. 78–91.
9. *Данченко А.М., Заде Г.О., Земцов А.А., Земцов В.А., Инишева Л.И., Лукутин Б.В., Мезенцев А.В., Маслов С.Г., Назаров А.Д., Обухов С.Г., Севостьянов В.В., Севостьянова Л.М., Слуцкий В.И.* Кадастр возможностей / Под ред. Б.В. Ликутина. Томск: Изд-во НТЛ, 2002. 280 с.
10. *Жизнин С.З.* Российская энергетическая дипломатия и международная энергетическая безопасность (геополитика и экономика) // Балтийский регион. 2010. № 1 (3). С. 8–21.
11. *Зверев Ю.М.* Электроэнергетическая кооперация в Балтийском регионе и роль в ней России // Балтийский регион. 2013. № 2 (16). С. 84–100.
12. *Зеленева И.В.* Геостратегия России в энергетической сфере в регионе Балтийского моря // Балтийский регион. 2013. № 2 (16). С. 7–16.
13. *Ильинский Н.Ф., Цацекин В.К.* Приложение теории графов к задачам электромеханики. М.: Энергия, 1968. 200 с.
14. *Исполинов А.С., Двенадцатова Т.И.* Создание единого энергетического рынка в ЕС: тихая революция с громкими последствиями // Балтийский регион. 2013. № 2 (16). С. 101–119.
15. *Кочегарова Т.М., Симонян Р.Х.* Северо-Запад России в контексте общеевропейской интеграции // Балтийский регион. 2013. № 2 (16). С. 73–83.
16. *Кретинин Г.В.* Атомная энергетика Прибалтики: история возникновения и политико-экономические последствия развития // Балтийский регион. 2013. № 2 (16). С. 41–50.
17. *Кузнецов В.А., Оленченко А.В.* Строительство транспортных и энергетических сетей в Балтийском регионе как стимул развития территорий // Балтийский регион. 2013. № 4 (18). С. 7–22.
18. *Лачининский С.С.* Некоторые вопросы реализации энергетической политики России в Балтийском регионе: геоэкономический подход // Балтийский регион. 2013. № 2 (16). С. 17–29.
19. *Межевич М.Н.* Перспективы развития атомной энергетики в восточной части Балтийского моря как фактор формирования международных отношений в регионе // Балтийский регион. 2013. № 2 (16). С. 30–40.
20. Модель конкурентного розничного рынка электроэнергии России. Версия 2. / Департамент по энергосбытовой деятельности РАО “ЕЭС России”. М.: ОАО РАО “ЕЭС России”, 2001. 213 с.
21. *Оре О.* Теория графов. 2-е изд. М.: Наука, 1980. 356 с.
22. Региональный атлас. Калининградская область. 1:200 000. М.: ВТУ ГШ, ФГУП “439 ЦЭВКФ МО РФ”. 2004. 71 с.
23. *Романова Т.А.* Нераскрытый потенциал сотрудничества России и ЕС в области энергоэффективности и возможности Балтийского региона // Балтийский регион. 2014. № 1 (19). С. 29–45.
24. *Романова Т.А.* Энергетическое сотрудничество России и ЕС основные направления эволюции и современное состояние // Балтийский регион. 2013. № 3 (17). С. 7–19.
25. *Совалов С.А., Семенов В.А.* Противоаварийное управление в энергосистемах. М.: Энергоатомиздат, 1988. 416 с.
26. *Тархов С.А.* Эволюционная морфология транспортных сетей. Смоленск–М.: Универсум, 2005. 384 с.
27. *Тетерина Н.В., Шакун В.П.* Использование ВИЭ в Калининградской области: современное состояние и перспективы // Вестник Балтийского федерального университета имени И. Канта. 2014. № 1. С. 167–174.
28. Управление режимами электроэнергетических систем в аварийных ситуациях / В.М. Чебан, А.К. Ландман, А.Г. Фишов. М.: Высшая школа, 1990. 144 с.: ил.
29. Атомный проект. Десинхронизация. Электроэнергетика в странах Балтии: в преддверии ключевых решений [электронный ресурс] <http://atomicexpert.com> (дата обращения 17.11.2015).
30. *А. Тюрин* «Битва ЕС за энергонеависимость от России. Литовский полигон. Ч. 1. “Электроэнергетика”» (аналитический раздел “Однако”) [электронный ресурс] <http://www.odnako.org/blogs/bitva-es-za-energonezavisimost-ot-rossii-litovskiy->

- poligon-chast-1-elektroenergetika/ (дата обращения 31.10.2015 г.).
31. Проект объединения энергосистем ЕЭС/ОЭС и УСТЕ. Системный оператор Единой энергетической системы [электронный ресурс] <http://so-ups.ru/index.php?id=39> (дата обращения 17.11.2015).
 32. Стандарт организации СТО ОАО “ЕЭС России”. Оперативно-диспетчерское управление в электроэнергетике. Регулирование частоты и перетоков активной мощности в ЕЭС и изолированно работающих энергосистемах России. Требования к организации и осуществлению процесса, техническим средствам. Издание официальное. Дата введения 01.11.2007 г. М.: ОАО РАО “ЕЭС России”, 2007. 67 с. [электронный ресурс] <http://www.so-ups.ru> (дата обращения 08.11.2015).
 33. Схема и программа развития электроэнергетики Калининградской области на 2016–2020 годы / Распоряжение Губернатора Калининградской области от 30 апреля 2015 г № 242-р “Об утверждении Схемы и программы развития электроэнергетики Калининградской области на 2016–2020 годы”. 243 с. [электронный ресурс] <http://infrastruktura39.ru/upload/25.05.2015%D1%84.pdf> (дата обращения 31.10.2015).
 34. Схема и программа развития электроэнергетики Калининградской области на 2013–2018 годы / РФ Министерство развития инфраструктуры Калининградской области от 30 апреля 2013 г № 45 “О схемы и перспективе развития электроэнергетики Калининградской области на 2013–2018 годы”. 149 с. [электронный ресурс] http://gov39.ru/vlast/ministerstva/mininfrastruktury/tek/zip/prikaz_45_30042013.pdf (дата обращения 18.11.2015).
 35. Электроэнергетика в странах Балтии: в преддверии ключевых решений. [электронный ресурс] <http://www.geopolitika.lt/?artc=5824> (дата обращения 17.11.2015).
 5. Belei V.F. Renewable energy sources and prospects of their using in the Kaliningrad region. *Proc. KSTU*, 2006, no. 11, pp. 20–30. (In Russ.).
 6. Belei V.F. Electric power engineering of the Kaliningrad region: analysis of state, prospects of development and cooperation with energy systems of the Baltic region’s countries. *Baltic Reg.*, 2010, no. 1 (3), pp. 69–77. (In Russ.).
 7. Voropai N.I., Keiko A.V., Saneev B.G., Senderov S.M., Stennikov V.A. Development trends of centralized and distributed power engineering. *Energy: Economics, Technique, Ecology*, 2005, no. 7, pp. 2–11. (In Russ.).
 8. Gnatyuk V.I. On the development strategy of regional electric power complex of the Kaliningrad region. *Baltic Reg.*, 2010, no. 1 (3), pp. 78–91. (In Russ.).
 9. Danchenko A.M., Zadde G.O., Zemtsov V.A., Inishchev L.I., et al. *Kadastr vozmozhnostei* [Cadastre of Opportunities]. Likutina B.V., Ed. Tomsk: NTL Publ., 2002. 280 p.
 10. Zhiznin S.Z. Russian energy diplomacy and international energy security (geopolitics and economics). *Baltic Reg.*, 2010, no. 1 (3), pp. 8–21. (In Russ.).
 11. Zverev Yu.M. Electric energy cooperation in the Baltic Sea region and the role of Russia in it. *Baltic Reg.*, 2013, no. 2 (16), pp. 84–100. (In Russ.).
 12. Zeleneva I.V. Russia’s geostrategy in the energy sphere in the Baltic Sea region. *Baltic Reg.*, 2013, no. 2 (16), pp. 7–16. (In Russ.).
 13. Il’inskiy N.F., Tsatsekin V.K. *Prilozhenie teorii grafov k zadacham elektromekhaniki* [Application of the Graph Theory to the Goals of Electromechanics]. Moscow: Energiya Publ., 1968. 200 p.
 14. Ispolinov A.S., Dvenadtsatova T.I. The creation of a unified energy market in the EU: a quiet revolution with far-reaching consequences. *Baltic Reg.*, 2013, no. 2 (16), pp. 101–119. (In Russ.).
 15. Kochegarova T.M., Simonyan R.Kh. Northwest Russia in context of European-wide integration. *Baltic Reg.*, 2013, no. 2 (16), pp. 73–83. (In Russ.).
 16. Kretinin G.V. Nuclear power in the Baltic States: the history of appearance and political and economic consequences of development. *Baltic Reg.*, 2013, no. 2 (16), pp. 41–50. (In Russ.).
 17. Kuznetsov V.A., Olenchenko A.V. The building of transport and energy networks in the Baltic region as an impetus for regional development. *Baltic Reg.*, 2013, no. 4 (18), pp. 7–22. (In Russ.).
 18. Lachininskiy S.S. Several questions of Russian energy politics implementation in the Baltic region: geo-economic approach. *Baltic Reg.*, 2013, no. 2(16), pp. 17–29. (In Russ.).
 19. Mezhevich M.N. The prospects of nuclear power development in the eastern part of the Baltic Sea as a factor of international relations formation in the region. *Baltic Reg.*, 2013, no. 2 (16), pp. 30–40. (In Russ.).

REFERENCES

1. Ataev Z.A. *Geograficheskie osnovy lokal'noi energetiki Tsentral'nogo ekonomicheskogo raiona Rossii* [Geographical Basics of Local Power Engineering in the Central Economic District of Russia]. Ryazan: Yesenin RSU, 2008. 284 p.
2. Ataev Z.A. Territorial organization of local power engineering in the Central Economic District of Russia: Dissertation ... Doct. Sci. (Geogr.), 25.00.24. Moscow: Inst. of Geogr. RAS, 2008. 294 p.
3. *Atlas avtodorog: Rossiya i soprodel'nye gosudarstva* [Atlas of Highways: Russia and Neighboring Countries]. Minsk: Trivium Publ., 1996–2002. 184 p.
4. *Atlas zheleznykh dorog: Rossiya – strany SNG – Pribaltika* [Atlas of Railways: Russia – CIS Countries – The Baltic States]. Omsk: Roskartografiya Publ., 2002. 255 p.

20. *Model' konkurentnogo roznichnogo rynka elektroenergii Rossii* [Competitive Retail Market's Model of Russia's Electric Energy]. Department of energy supply RAO «UES of Russia». Moscow, 2001. 213 p.
21. Ore O. *Teoriya grafov* [Theory of Graphs]. Moscow: Nauka Publ., 1980. 356 p.
22. *Regional'nyi atlas. Kaliningradskaya oblast'* [The Regional Atlas. Kaliningrad Oblast]. Moscow: 439 TsEVKF MO RF Publ. 2004. 71 p.
23. Romanova T.A. The untapped potential of cooperation between Russia and the EU in the field of energy efficiency and possibilities of the Baltic region. *Baltic Reg.*, 2014, no. 1 (19), pp. 29–45. (In Russ.).
24. Romanova T.A. Energy cooperation between Russia and the EU: the main directions of evolution and modern state. *Baltic Reg.*, 2013, no. 3 (17), pp. 7–19. (In Russ.).
25. Sovalov S.A., Semenov V.A. *Protivoavariinoe upravlenie v energosistemakh* [Emergency Management in Power Systems]. Moscow: Energoatomizdat Publ., 1988. 416 p.
26. Tarkhov S.A. *Evolutsionnaya morfologiya transportnykh setei* [Evolutionary Morphology of Transport Networks]. Smolensk-Moscow: Universum Publ., 2005. 384 p.
27. Teterina N.V., Shakun V.P. The use of RES in the Kaliningrad region: current state and prospects. *Bull. Kant Baltic Fed. Univ.*, 2014, no. 1, pp. 167–174. (In Russ.).
28. *Upravlenie rezhimami elektroenergeticheskikh sistem v avariinykh situatsiyakh* [Management of Electric Power Systems' Modes in Emergency Situations]. V.M. Cheban, A.K. Landman, A.G. Fishov, Ed. Moscow: Vysshaya shkola Publ., 1990. 144 p.
29. *Atomnyi proekt. Desinkhronizatsiya. Elektroenergetika v stranakh Baltii: v preddverii klyuchevykh reshenii* [Nuclear Project. Desynchronization. Electric Power Engineering in the Baltic Countries: Anticipation of Key Decisions] Available at: <http://atomicexpert.com> (accessed 17.11.2015).
30. A. Tyurin. The Battle of the EU for Energy Independence from Russia. Lithuanian Polygon. Part 1. “Electric Power Engineering” (analytical section “However”). Available at: <http://www.odnako.org/blogs/bitvas-za-energnezavisimost-ot-rossii-litovskiy-poligon-chast-1-elektroenergetika/> (accessed 31.10.2015).
31. Project of the IPS/UPS and UCTE Energy Systems' Interconnection. System Operator of the Unified Energy System. Available at: <http://so-ups.ru/index.php?id=39> (accessed 17.11.2015).
32. The Standard of STO OAO “RAO UES of Russia” Organization. 2007, 67 p. Available at: <http://www.so-ups.ru> (accessed 08.11.2015).
33. Scheme and program of electric power engineering development of the Kaliningrad region for the 2016–2020. 243 p. Available at: <http://infrastruktura39.ru/upload/25.05.2015%D1%84.pdf> (accessed 31.10.2015).
34. Scheme and program of electric power engineering development of the Kaliningrad region for 2013–2018. 149 p. Available at: http://gov39.ru/vlast/ministerstva/mininfrastruktury/tek/zip/prikaz_45_30042013.pdf (accessed 18.11.2015).
35. Electric power engineering in the Baltic countries: anticipation of key decisions. Available at: <http://www.geopolitika.lt/?artc=5824> (accessed 17.11.2015).