

Научная статья

УДК 911.3:33

DOI: 10.37102/0869-7698\_2023\_227\_01\_3

EDN: GMQRXQ

## Энергетическое пространство Сахалинской области

З.А. Атаев

*Заирбег Авукавович Атаев*

доктор географических наук, доцент, профессор кафедры экономики и финансов,  
руководитель научно-исследовательского центра «Возобновляемые источники энергии  
и энергетика»

Рязанский государственный университет им. С.А. Есенина, Рязань, Россия

ataev-rzn@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3975-8890>

**Аннотация.** Рассмотрена специфика изолированной энергосистемы Сахалинской области. На основе теории графов проведено зонирование энергетического пространства. Первая зона централизованного электроснабжения морфологически представлена циклическими и ациклическими сетями, это остов энергосистемы Сахалина и каркас территориальной организации общества (30 % площади). Определены уязвимые энергоузлы и меры их укрепления. Вторая зона децентрализованного энергоснабжения Сахалина представлена автономными энергосистемами локального масштаба (70 % площади). Возможности централизации электроснабжения минимальны. Третья зона – суперизоляция – характерна для Курильских островов. Их энергосистема представлена объектами автономной генерации, сегментарными компонентами сети и изолированными энергоузлами. В силу сочетания экономических и технологических причин развитие централизованного электроснабжения здесь нецелесообразно даже в перспективе.

**Ключевые слова:** Сахалинская область, изолированная энергосистема, локальная энергосистема, централизованное электроснабжение

**Для цитирования:** Атаев З.А. Энергетическое пространство Сахалинской области // Вестн. ДВО РАН. 2023. № 1. С. 30–43. [http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698\\_2023\\_227\\_01\\_3](http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2023_227_01_3).

# Energy space of the Sakhalin Region

Z.A. Ataev

*Zairbeg A. Ataev*

Doctor of Sciences in Geography, Associate Professor,  
Professor of the Department of Economics and Finance,  
Head of the Research Center “Renewable Energy Sources and Power Engineering”  
Ryazan State University named after S.A. Yesenin, Ryazan, Russia  
ataev-rzn@yandex.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-3975-8890>

**Abstract.** The paper considers the specifics of the isolated energy system of the Sakhalin Region. On the basis of graph theory, the zoning of the energy space is carried out. The first zone of centralized power supply, morphologically represented by cyclic networks, is the backbone of the Sakhalin energy system and the framework of the territorial organization of society (30 % of the area). Vulnerable energy nodes and measures to strengthen them have been identified. The second zone of decentralized energy supply of Sakhalin is represented by autonomous energy systems of local scale (70 % of the area). The possibilities of centralization of power supply are minimal. The third zone of super-isolation is typical for the Kuril Islands. Their power system is represented by autonomous generation facilities, segmental network components and isolated power nodes. Due to a combination of economic and technological reasons, the development of centralized electricity supply is not advisable even in the future.

**Keywords:** Sakhalin Region, isolated power system, local power system, centralized power supply

**For citation:** Ataev Z.A. Energy space of the Sakhalin Region. *Vestnik of the FEB RAS*. 2023;(1):30-43. [http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698\\_2023\\_227\\_01\\_3](http://dx.doi.org/10.37102/0869-7698_2023_227_01_3).

## Введение

Сегодня надежность электроснабжения выступает основой социально-экономического развития любой страны (региона). Опыт введения рыночных механизмов конкуренции в электроэнергетике свидетельствует о полярных последствиях: рост отраслевой эффективности и одновременно снижение надежности энергосистем. Последнее – производное ряда причин: снижения расходов на резервирование мощностей и развитие сети; конфликта интересов получения прибыли и увеличения затрат на поддержание надежности; усложнения функционирования системы в условиях рыночной неопределенности и др. [1; 2, с. 168–201]. Поэтому всегда будет актуальна проблема надежности энергосистем (способности в любое время гарантированно обеспечивать потребителей).

В теории больших систем энергетики надежность определяется через способность объекта выполнять заданные функции в заданном объеме при определенных условиях функционирования [3]. Для укрепления надежности энергосистем востребованы капиталоемкие технико-экономические меры: обеспечение энергоресурсами, резервирование мощностей, наращивание сети. Но проблема зависима не только от технологических параметров энергосистемы, но и от ее

конфигурации (топоморфологии). Более простой и менее затратный способ – ее пространственная оптимизация. Рациональное построение структуры и конфигурации энергосистемы определяет оптимум размещения электростанций и сети [2, с. 22]. Поэтому практикой востребован синтез технико-экономических подходов и потенциала конструктивной географии, что позволяет выявить оптимум пространственной организации сложных систем.

Отсюда основная идея настоящей работы: «территория является субстратом не только возникновения проблемы, но и поиска путей ее решения по принципу: хозяйствование есть постоянное пространственное моделирование» [4, с. 22].

В Единой энергосистеме России по признаку отсутствия межсистемной связи выделена зона технологически изолированных энергосистем<sup>1,2</sup>. Критерий отсутствия сетевой связности отражает уровень качественных взаимосвязей и априори потенциальную ненадежность энергосистемы. В зоне изоляции находится ряд энергосистем Дальневосточного федерального округа: Камчатский край (плюс Чукотский АО), Магаданская и Сахалинская области. Особенно специфична энергосистема Сахалинской области (островной регион), что и определяет объект исследования – энергетическое пространство Сахалинской области (специфика, томорфология, надежность).

Публикации по объекту исследования представляют обзор региональной энергосистемы, фиксируется комплекс ее проблем, а их решение увязано с традиционными механизмами (обеспечение энергоресурсами, рост мощности генерации, развитие централизованной сети) [5, 6]. Проведен анализ отдельных аспектов развития региональной энергосистемы, оценены перспективы торговли топливно-энергетическими ресурсами со странами Азиатско-Тихоокеанского региона [7].

Обзору энергосистемы и энергетических ресурсов Сахалинской области посвящена часть монографии [8, с. 46–55], где проблему укрепления надежности энергосистемы предлагается решать за счет кардинальной модернизации отраслевого потенциала. Ресурсному потенциалу и перспективам использования возобновляемых источников энергии в Сахалинской области посвящена монография [9].

В ходе работы не выявлены исследования по дифференцированной оценке надежности энергетического пространства Сахалинской области<sup>3</sup>, поэтому автор опирается на фактический материал Единой энергосистемы России и ее филиалов<sup>4,5</sup>.

---

<sup>1</sup> Единая энергетическая система России / Системный оператор ЕЭС России (СО ЕЭС России). – <https://www.so-ups.ru/functioning/ees/ups2021/> (дата обращения 10.05.2022).

<sup>2</sup> ГОСТ Р 57114-2016. Национальный стандарт Российской Федерации «Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы». – <https://docs.cntd.ru/document/1200139922> (дата обращения: 13.05.2022).

<sup>3</sup> Энергетическое пространство подразумевает морфологические, структурные, функциональные особенности и свойства энергосистемы, формирующие (наряду с другими звеньями инфраструктуры, расселения, частично производства) каркас социально-экономических систем разного масштаба и ранга [15, с. 11].

<sup>4</sup> Единая энергетическая система России...

<sup>5</sup> Схема и программа развития электроэнергетики Сахалинской области на 2022–2026 годы. – <https://minenergo.sakhalin.gov.ru/elektroenergetika/shema-i-programma/2022-2026/> (дата обращения: 03.05.2022).

Целью данной работы является дифференцированная оценка надежности энергетического пространства Сахалинской области. Отсюда вытекают связанные задачи: провести зонирование энергетического пространства региона по признаку централизации электроснабжения; выделить таксоны по доминированию морфологического типа управления энергосистемы (по надежности электроснабжения); разработать основные направления (схемы), позволяющие усилить надежность энергосистемы региона.

### **Методика исследования**

Качественная оценка надежности энергосистемы базируется на математической теории графов О. Оре [10]. Использование положений теории графов и их приложений к задачам управления энергосистемами рассматривалось в работах Н.Ф. Ильинского, В.К. Цаценкина, Л.А. Мелентьева, В.А. Семенова, С.А. Савалова и др. [11–13]. С.А. Тархов разработал методику описания топологического строения сухопутных транспортных сетей и их морфологического расчленения на циклические ярусы [14]. На основе теории графов и геосетевого анализа проведена оценка надежности региональных энергосистем Центрального экономического района России [15].

Изолированная от ЕЭС России энергосистема Сахалинской области мозаична по степени изоляции и надежности электроснабжения, необходимо провести обзор этапов и используемых методов настоящего исследования по хронологии задач.

Задача 1. Зонирование энергетического пространства по признаку централизации электроснабжения<sup>6</sup>. Предварительно выделены ареалы (отвечают на вопрос «есть – нет»). Первый ареал обеспечен централизованным электроснабжением посредством централизованных линий электропередач. Второй ареал – децентрализованного электроснабжения от автономных источников энергии, предлагается все такие вариации терминировать в работе как «локальные (изолированные) энергосистемы» [15, с. 21].

Метод зонирования позволяет выявить территории с различной интенсивностью явления или процесса [16, с. 65–66]. Тогда ареал децентрализованного электроснабжения априори – это зона ненадежного электроснабжения. В ее рамках по дополнительному признаку суперизоляции выделена островная зона децентрализованного электроснабжения (острова Парамушир, Шумшу, Кунашир, Шикотан).

Для зоны централизованного электроснабжения необходимо определить морфологический признак градации надежности энергосистемы. В этом качестве приняты структурные элементы энергетического пространства (рис. 1). На рисунке представлены два основных элемента сети: цикл и ветвь-дерево. Важно, что только замкнутый цикл может обеспечить двухсторонний переток электроэнергии. В цикле разрыв электрического ребра (авария) можно компенсировать запиткой по другому ребру (циклические сети, надежность). Разрыв по магистрали сети «ветвь-дерево» приводит к обесточиванию всех потребителей (ациклические сети, уязвимость). Этот объективный критерий для градации оценки надежности в зоне централизованного электроснабжения позволяет выделить две подзоны:

---

<sup>6</sup> Централизованное электроснабжение подразумевает обеспечение потребителей электроэнергией от энергосистем. См.: ГОСТ Р 57114-2016..

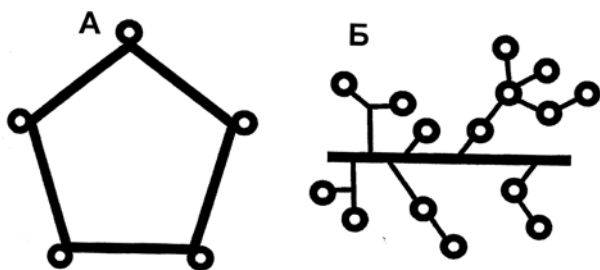


Рис. 1. Структурные элементы энергетического пространства [15, с. 35]: *А* – цикл (замкнутый контур, циклические сети), *Б* – ветвь-дерево (ациклические сети). Пунсон «вершина» сети представлена энергетическим узлом в составе электростанция / подстанция; «ребро» электрической сети, или транспортный перегон, – линией электрических передач между энергетическими узлами

ения сетей и их морфологического расчленения на циклические ярусы. Остов циклической сети выявлен круговым обходом вдоль внешней периферии всех циклов энергосистемы, имеющих хотя бы одну общую вершину или ребро с внешней границей остова [14, с. 47–53].

Сетевая связность – важная характеристика надежности энергетического пространства. Под «связностью сети» автор понимает качественно оцениваемую и морфологически обоснованную возможность поэтапного ввода в эксплуатацию разных сегментов энергосистемы в случае аварии или сбоя. Важна не столько сложность форм циклической сети, сколько их многообразие, что и обеспечивает высокую надежность энергоснабжения. Для выявления уровня связности использована методика выбора морфологического типа управляющей структуры энергосистемы (табл. 1). Из содержания таблицы вытекает, что геосетевой анализ сетевой связности демонстрирует градацию надежности по подзонам централизованного электроснабжения.



циклических и ациклических сетей.

Задача 2. Выделить таксоны по доминированию морфологического типа управления энергосистемы, что позволяет провести градацию надежности в зоне централизованного электроснабжения. В ходе эволюции сетевые циклы формируют сложные образования (остовы, ярусы, внеостовные формы и т.д.). Для их структурирования использована методика описания топологического строения

Таблица 1

Графы, отражающие типы и свойства управляющей структуры энергетической системы [17, с. 14]

	<p><b>А – строго централизованный тип.</b> 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 соответственно потребителей в зоне обслуживания в случае аварий и сбоев.</p>
	<p><b>Б – централизованный тип.</b> Очень высокая потребность в автоматизированных каналах передачи информации. Низкие технологические возможности для поэтапного ввода сегментов энергосистемы в эксплуатацию в случае аварий и сбоев. Высокая уязвимость энергосистемы и потребителей в случае аварий и сбоев.</p>

	<p><b>В – иерархический тип.</b> 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 энергосистемы и потребителей в случае аварий и сбоев.</p>
	<p><b>Г – смешанный тип.</b> Низкая потребность в автоматизированных каналах передачи информации. Очень высокие технологические 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.</p>

Задача 3. Разработать основные направления (схемы), позволяющие усилить надежность функционирования энергосистемы Сахалинской области. В зоне централизованного электроснабжения оптимизация связана с ликвидацией топологических дефектов связности сети<sup>7</sup>. В зоне децентрализованного электроснабжения типовое многообразие вида генерации стимулирует эффект роста надежности энергосистемы.

### Результаты исследования и их обсуждение

Сахалинская область (87,1 тыс. км<sup>2</sup>, 488 257 чел.) – восточный регион России, включает остров Сахалин (76,6 тыс. км<sup>2</sup>) и острова Курильской гряды. Административно состоит из 18 муниципальных образований. Областной центр – г. Южно-Сахалинск (207 708 чел.) [18, с. 439, 442].

Недра региона богаты месторождениями энергетических ресурсов (нефть, природный газ, уголь) [19], электроэнергетика – одна из ведущих отраслей экономики. Установленная мощность электростанций 823,066 МВт, а объем производства электроэнергии 2986,07 млн кВт·ч/год. В структуре ее потребления доминирует группа «прочие потребители» – 46,78 %, нужды населения – 33,22 %, производство – 14,68 %, аграрный сектор – 5,32 % (2020 г.). Проблемы энергосистемы вытекают из ее изоляции, что требует содержания большого резерва мощности. Энергосистема функционирует в сложных природно-климатических условиях, что усиливает износ (почти 60 %). Растут затраты, высокая себестоимость электроэнергии, дорогой тариф. Энергетическое пространство региона мозаично, имеет дробную структуру: 2 централизованных и 23 автономных энергетических района<sup>8</sup>. На наш взгляд, все это многообразие требует генерализации и может быть сведено в три условные зоны (табл. 2, рис. 2).

<sup>7</sup> Топологический дефект – это отсутствие в сети важных структурных элементов и компонентов, без которых уровень сложности сети понижен, или такие нарушения отдельных элементов и компонентов сети, которые снижают уровень ее надежности [14, с. 287].

<sup>8</sup> Схема и программа развития электроэнергетики Сахалинской области...

## Зонирование энергетического пространства Сахалинской области (2020 г.)

Энергорайоны, электросеть, кВ	Мощность станций, МВт	Выработка, млн кВт·ч/год	Загрузка станций, ч/год	Тариф, руб./кВт·ч	Потребление в год, кВт·ч/чел.
1. Зона централизованного электроснабжения Сахалина					
Подзона циклических электрических сетей					
Северный район, 0,22-04-10-35	99,0	179,26	1810	5,64	1054
Центральный район, 35-110-220	634,77	2421,76	3016–4490	3,74–38,62	1612,1
1. «Сфера», 0,22-04-10	7,2	16,424	2281	3,85	7331
2. «Сфера-2», 0,22-04-10	0,96	0,204	2125	3,85	7331
Подзона ациклических электрических сетей					
3. Пихтовое, 0,22-04-10	0,2	0,278	1390	63,13	7331
4. Новиково, 0,22-04-10	4,666	1,603	3435	7,06	7331
2. Зона децентрализованного электроснабжения Сахалина					
5. Кириновское, 0,22-35	9,28	13,353	1439	3,74	7331
6. Ныш, 0,22-04-10	0,6	1,363	2272	11,93	7331
7. Виахту, 0,22-04-10	0,5	0,807	1614	38,62	7331
8. Хоз, 0,22-04-10	0,7	0,882	1260	38,62	7331
9. Первомайский, 04-10	0,842	1,716	2038	38,62	7331
3. Островная зона суперизоляции децентрализованного электроснабжения					
Северо-Курильская подзона (острова Парамушир, Шумшу)					
10. Северо-Курильск, 0,22-35	9,980	21,318	805–2884	17,64	1876,4
Курильская подзона (о-в Итуруп)					
11. Рейдово, 0,22-10-35	4,864	26,82	5514	23,1	3362
12. Китовый, 0,22-10-35	9,152	12,3	1344		
13. РПЦ Куйбышевский, 0,22-04-10	2,234	1,27	5685	22,7	
14. Горячий Ключ, 0,22-04-10	3,0	9,482	3161	18,22	
15. Буревестник, 0,22-10	0,25	0,3	1200	32,84	
16. Горное, 0,22-04-10	2,52	4,601	1826	32,84	
Южно-Курильская подзона (острова Кунашир, Шикотан)					
17. Южно-Курильск, 0,22-10-35	13,8	32,1	2318	21,05	1492
18. Менделеево, 0,22-35	7,4	8,1	1096	22,26	
19. Лагунное, 0,22-10-35	1,89	2,8	1481	18,22	
20. Головнино, 0,22-10	1,685	1,83	1086	22,26	
21. Малокурильское, 0,22-04-10	3,25	15,661	4819	22,58	
22. Крабозаводское, 0,22-10	2,4	7,140	2975	22,58	
23. Курильский рыбак, 0,22-04-10	3,65	14,96	4099	50,58	

Примечание. Составлено автором на основе статистических данных (см.: Схема и программа развития электроэнергетики Сахалинской области...).



Рис. 2. Энергосистема Сахалинской области.

Электростанции: ДЭС – дизельная, ВДЭС – ветродизельная, ГТЭС – газотурбинная, ГеоТЭС – геотермальная, ГРЭС – государственная районная (тепловая конденсационного типа). ТЭЦ – теплоэлектроцентраль.

Здесь и на рис. 3: ЛЭП: 220 кВ —, 110 кВ —, 35 кВ —; ПС: 220 кВ ⊙, 110 кВ ⊙, 35 кВ ⊙; электростанции ■; сети: циклические □, ациклические □



## **1. Зона централизованного энергоснабжения Сахалина (30 % площади острова)**

### **Подзона циклических сетей**

**Северный район** ограничен Охинским округом (21 827 чел.) и Охинской ТЭЦ (99 МВт). Сеть составляет диапазон напряжения 0,22-04-10-35 кВ. Таксон образует компактный, но изолированный остов циклической сети (11 циклов), где доминирует морфологический тип с низкой уязвимостью потребителей в случае аварий (см. табл. 1, В).

**Центральный район** (14 муниципальных округов, в том числе Южно-Сахалинск; 91,24 % населения) – это каркас региональной энергосистемы. Здесь сконцентрированы основные мощности электростанций (634,77 МВт, или 77 %), электросети (04-10-35-110-220 кВ). Плотность и конфигурация сетевых образований формируют устойчивые морфологические типы управления энергосистемой (см. табл. 1, Б–Г). Геосетевой анализ выявляет наличие остова циклической сети. Это зона наибольшего освоения территории, транспортной обеспеченности и устойчивого энергообеспечения (сгущение циклов – вектор эффективного «сжатия пространства», «полюс роста»).

Здесь функционируют и локальные энергоузлы «Сфера-1» (мини-ТЭЦ 7,2 МВт) и «Сфера-2» (мини-ТЭЦ, 0,96 МВт). Зона их обслуживания ограничена пределами жилых районов г. Южно-Сахалинск («Земляничные холмы», «Сфера»). Встроенность локальных компонентов в централизованную систему имеет следствием рост надежности и мультипликативный эффект. Суммарный эффект выражен низкой себестоимостью электроэнергетики и низким отпускным тарифом – 3,85 руб./кВт·ч.

Сочетание морфологических образований в сети видно в появлении внеостовных форм (рис. 2, 3). Выявлено три побочных петлевых остова (одна вершина сочленения с главным остовом): ПС-220 кВ «Лермонтовка» (3 цикла), ПС-220 кВ «Краснопольская» (5 микроциклов), Сахалинская ГРЭС (1 суперцикл). Имеет место выраженность цепи циклов: «Ноглики» (1 цикл) и «Катангли» (1 цикл). Это узлы слабой связности. Меры нейтрализации, сооружение двухцепной ЛЭП-110 кВ по маршруту подстанция «Шахтерская» – «Бошняково» (35 кВ, перестройка на 110 кВ). Здесь востребована сетевая бифуркация: одноцепная ЛЭП-110 кВ к подстанциям «Смирных», «Тымовская», «Александровская». Новый цикл замыкает ЛЭП-35 кВ по маршруту «Мгачи» – «Арги-Паги», далее логично продолжение сети до «Ноглики» и «Катангли» (в село Ныш необходима новая подстанция 35 кВ).

Главный топологический дефект подзоны – отсутствие связности между Северным и Центральным районами, это определяет необходимость содержать большой резерв «запертых» мощностей в каждом сегменте (затраты) и исключает возможность оперирования резервами (неэффективность эксплуатации силового оборудования). Так, в Северном районе загрузка мощности составляет 1810 ч/год (простой), в Центральном она высокая (3016–4490 ч/год). Для нейтрализации дефекта необходимо строительство двухцепной сети 110 кВ по маршруту подстанция «Ноглики» – «Тунгор» (с переводом напряжения подстанций с 35 до 110 кВ). Крайне необходимо соединение электрической сети по линии подстанция «Мухто» – «Вал» (ЛЭП-35 кВ).

**Подзона ациклических электрических сетей («сети-деревья»)** локализована на периферии остова Сахалина, включает локальные энергорайоны «Пихтовое»

и «Новиково» (дизельный и ветродизельный генераторы суммарной мощностью 4,668 МВт). В целом таксон представлен одноцепными сетями (0,22–35 кВ), формирующими строго централизованный тип управления; здесь очень высокая уязвимость энергосистемы в случае аварий и сбоев (см. рис. 1, А). Для роста устойчивости можно рекомендовать два способа: 1) модернизация и реновация сети, поскольку износ фондов обостряет риски недопоставки, хотя редкая заселенность лимитирует наращивание сети, 2) увеличение видового разнообразия сопряженных локальных энергосистем: «конкретный выбор должен опираться на критерий оптимального пространственного сочетания в энергосистеме» [12, с. 156, 176].

## 2. Зона децентрализованного энергоснабжения

Это огромные (70 % площади Сахалина) и безлюдные территории. Потребность в электроснабжении локализована в отдельных поселениях (суммарно не более 2 тыс. чел.), где функционируют локальные энергосистемы «Ныш», «Виахту», «Хоэ», «Первомайский» (см. рис. 2 и 3). Их основа – объекты малой энергетики (7,51 МВт), а зоны обслуживания сети (0,22-04-10 кВ) ограничены границами поселений. Потребности Кириного газоконденсатного месторождения обеспечивает автономная газотурбинная станция (9,28 МВт). Ставка на дизельные электростанции определяет наличие комплекса рисков и зависимостей (завоз топлива, запчастей, перепады нагрузки и т.д.). Как следствие, очень низкая надежность системы, ее усиление целесообразно путем наращивания видового разнообразия малой генерации. Особенно перспективны два направления: газовые технологии (в том числе на основе сжиженного природного газа) и возобновляемая энергетика.



Рис. 3. Модель энергетического пространства Сахалина. Пунктир – наращивание новых линий электрических передач

### 3. Островная зона суперизоляции локальных энергосистем

Представлена на островах Курильской гряды. На ряде их размещены военные гарнизоны из состава 18-й пулеметно-артиллерийской дивизии и пограничных войск<sup>9</sup>. Энергетическое пространство зоны представлено автономной генерацией, сетями и локальными узлами. Дизельные электростанции локальных энергосистем зависят от завоза дорогостоящего топлива. Расходы производства непомерно велики, а нагрузка неоправданно низка (износ, аварии, простои). Так, при среднегодовой нагрузке силового оборудования 2599 ч/год себестоимость производства находится в диапазоне 17–50 руб./кВт·ч (см. табл. 2). В результате в островной зоне надежность локальных энергосистем очень низка.

В условиях суперизоляции даже в перспективе не рассматривается развитие централизованного энергоснабжения. Между тем ресурсный потенциал возобновляемых источников энергии огромен сравнительно с потребностями всей зоны. Фиксируется благоприятное территориальное сочетание для эксплуатации гибридных энергосистем локального масштаба (ресурс, спрос, территория) [9]. Вероятно, есть основание для оптимизации всей схемы энергоснабжения.

**Северо-Курильская подзона.** Парамушир – вулканический и гористый остров (2053 км<sup>2</sup>) с постоянной угрозой извержения влк. Эбеко и др., землетрясения и цунами. Здесь расположен центр округа г. Северо-Курильск (2691 чел). Функционирует вертодром, существует морское сообщение с Камчаткой. Больше постоянных поселений на острове нет, есть сезонные рыбацкие поселки (оживают летом, консервируются зимой). Электроснабжение Северо-Курильска обеспечивает дизельная электростанция (6,848 МВт). Поблизости от города функционируют две мини-гидроэлектростанции МГЭС-1 (1,0 МВт, р. Матросская) и МГЭС-2 (0,4 МВт, р. Снежная). Радиус сетевых коммуникаций ограничен пределами города (0,22-0,4-10-35 кВ).

**Курильская подзона.** Итуруп – самый большой остров Курильской гряды (3176,7 км<sup>2</sup>) с действующими вулканами (Баранского и др.). Здесь расположен г. Курильск (1603 чел.), административный центр Курильского округа (6480 чел.). Япония оспаривает принадлежность острова, считает его частью округа Немуро (префектура Хоккайдо).

На острове дислоцированы военный гарнизон (2700 чел., Горячие Ключи), электроснабжение обеспечивает собственный дизель-генератор (3,0 МВт), пограничный отряд (500 чел.), дивизион пограничных кораблей (300 чел.). Функционирует военный аэродром «Буревестник». Связь с внешним миром – через гражданский аэропорт «Итуруп», он же «Ясный» (8 км от Курильска). Налажено морское сообщение с Сахалином (Корсаков). В н.п. Китовое (425 чел.) функционирует сельская дизельная электростанция (9,152 МВт), в с. Рейдово (768 чел.) – ДЭС (4,864 МВт) и солнечная электростанция (250 кВт). Китовое и Рейдово связаны в единый узел сетью 06-35 кВ (11 км), часть потребностей производства обеспечивает г. Курильск (ЛЭП-35 кВ). Электростанция в селении Буревестник (50 чел.) представляет собой маломощный дизельный генератор (250 кВт). Электроснабжение с. Горное (1375 чел.) поступает от двух дизель-генераторов суммарной мощностью 2,52 МВт (Горное-1, Горное-2). Поселок в Куйбышевском заливе

<sup>9</sup> Чем защищать Южные Курилы? – <https://www.schneider-krieg.livejournal.com> (дата обращения: 08.05.2022).

используется только в сезон. Здесь расположены рыбодобывающая база, рыбоперерабатывающий завод, жилая зона и дизельная блок-электростанция завода «Синтегра» (2,23 МВт).

**Южно-Курильская подзона.** К ней относится Кунашир, самый южный остров Курильской гряды (1490 км<sup>2</sup>). Здесь четыре действующих вулкана (Менделеева и др.). На Кунашире расположен поселок городского типа Южно-Курильск (7906 чел.) – административный центр городского округа Южно-Курильский (11 885 чел.). Из его аэропорта «Менделеево» осуществляются рейсы на материк. Есть сообщение вертолетом с о-вом Шикотан, по морю с островами Итуруп, Шикотан и Сахалин (до Корсакова). Южно-Курильск – автономный энергоузел тепло- и электроснабжения. В его основе две электростанции, соединенные ЛЭП-35 кВ (12 км): Южно-Курильская дизельная (13,8 МВт) и Менделеевская ГеоТЭС (7,4 МВт). Часть электроэнергии энергоузла удовлетворяет нужды пограничного отряда в с. Горячий пляж (в 8 км). Военный гарнизон (1300 чел.) в Лагунном обеспечен собственной дизельной электростанцией (1,89 МВт). На юге острова функционирует ветродизельная станция (1,685 МВт) для нужд поселений Головино (102 чел.) и Дубовое (565 чел.).

Шикотан, самый крупный остров Малой Курильской гряды (252,8 км<sup>2</sup>), также входит в состав Южно-Курильского округа. Обитаемые поселения: Малокурильское (2166 чел. – работники рыбокомбината, гарнизон пограничников), Крабозаводское (1034 чел.). На острове базируется отряд сторожевых кораблей погранвойск. Связь вертолетом с о-вом Кунашир, морское сообщение Шикотан – Итуруп – Сахалин. Электроснабжение на острове обеспечивают дизельные электростанции в Малокурильском (3,25 МВт) и Крабозаводском (2,4 МВт). В последнем, кроме того, собственная ДЭС (3,65 МВт) обеспечивает нужды рыбокомбината «Курильский Рыбак».

## **Заключение**

Сахалинская область – островной регион, проблемы надежности ее энергосистемы вытекают из фактора изоляции. Энергетическое пространство мозаично, оценка надежности энергосистемы дифференцирована по трем условным зонам.

1. Зона централизованного энергоснабжения Сахалина (30 % площади), две подзоны.

Подзона циклических сетей – это ареал наибольшего освоения территории («полюс роста»), здесь доминируют надежные морфологические типы управления энергосистемой. В таксоне очевиден разрыв между ее структурными сегментами (Северный и Центральный районы), выявлены топологические дефекты сети. Решить эту проблему целесообразно наращиванием сети, в результате чего усложняется морфология сети, нивелируются дефекты, возникают предпосылки для использования «запертых» мощностей и в целом укрепляется надежность энергосистемы. Перспективно развитие локальной энергетики как составного компонента централизованной энергосистемы. Это оптимизирует эластичность производства, стимулирует проявление мультипликативного эффекта.

Для подзоны ациклических сетей (сети-деревья) характерны слабая связность сети и строго централизованный тип управления. Отсюда высокая уязвимость

энергосистемы в случае аварий и сбоев (низкая надежность). Периферийный, малозаселенный ареал лимитирует наращивание сетей, но реновация востребована. Развитие локальной энергетики – также мера усиления надежности энергосистемы.

2. Зона децентрализованного энергоснабжения Сахалина (70 % площади) представлена автономными энергосистемами локального масштаба. Ставка на один вид генерации определяет зависимость от комплекса рисков и обрекает зону на очень низкую надежность энергосистемы. Поэтому здесь целесообразно наращивание видового разнообразия малой генерации (газовые технологии, возобновляемые источники энергии), благоприятной предпосылкой для этого выступает ресурсный потенциал территории.

3. Курильская зона суперизоляции локальных энергосистем имеет три сегмента (Парамушир, Итуруп, Кунашир–Шикотан). Энергетическое пространство таксона представлено автономной генерацией, компонентами сети и энергоузлами. Автономные дизельные генераторы дороги в эксплуатации, годовая нагрузка незначительна. В результате надежность локальных энергосистем очень низкая и зависит от многих факторов (от завоза топлива до погоды). Между тем ресурсный потенциал возобновляемых источников энергии огромен сравнительно с потребностями всей зоны. Фиксируется благоприятное территориальное сочетание для эксплуатации гибридных энергосистем локального масштаба (ресурс, спрос, территория). Вероятно, есть основание для оптимизации всей схемы энергоснабжения.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дьяков А.Ф. Проблемы надежности и безопасности энергоснабжения в условиях либерализации и дерегулирования в электроэнергетики // Энергетик. 2005. № 8. С. 2–9.
2. Воропай Н.И., Ковалев Г.Ф., Кучеров Ю.Н. и др. Концепция обеспечения надежности в электроэнергетике. М.: Энергия, 2013. 212 с.
3. Чельцов М.Б., Воропай Н.И., Илькевич Н.И. и др. Надежность систем энергетики (сборник рекомендуемых терминов). М.: Энергия, 2007. 192 с.
4. Приваловская Г.А., Волкова И.Н. Эколого-географические противоречия природопользования // Изв. РАН. Серия географ. 1997. № 1. С. 19–28.
5. Пономаренко Р.В. Развитие энергосистемы Сахалинской области // Экономика и управление: анализ тенденций и перспектив развития. 2015. № 20. С. 76–79.
6. Пархоменко Р.С., Вельмешев В.В., Мирзоев Г.Р. Региональная энергетика: проблемы и пути развития // Уч. зап. Сахалин. гос. ун-та. 2009. № 8. С. 139–147.
7. Авдошин Е.Ф., Игумнов П.В. Азиатский вектор развития энергетического комплекса Сахалинской области // Власть и управление на Востоке России. 2017. № 3. С. 8–19.
8. Российский Дальний Восток: стратегия развития в XXI веке / отв. ред. А.А. Аносова. М.: Ин-т экономики РАН, 2014. 214 с.
9. Ковалев П.Д., Ковалев Д.П., Шевченко Г.В. Возобновляемые энергетические ресурсы Сахалинской области. Владивосток: Дальнаука, 2015. 216 с.
10. Оре О. Теория графов. 2-е изд. М.: Наука, 1980. 336 с.
11. Ильинский Н.Ф., Цаценкин В.К. Приложение теории графов к задачам электромеханики. М.: Энергия, 1968. 200 с.
12. Мелентьев Л.А. Оптимизация развития и управления больших систем энергетики. 2-е изд. М.: Высш. школа, 1982. 319 с.
13. Совалов С.А., Семенов В.А. Противоаварийное управление в энергосистемах. М.: Энергоатомиздат, 1988. 416 с.
14. Тархов С.А. Эволюционная морфология транспортных сетей. Смоленск; Москва: Универсум, 2005. 384 с.

15. Атаев З.А. Географические основы локальной энергетики Центрального экономического района России / Рязан. гос. ун-т им. С.А. Есенина. Рязань, 2008. 284 с.
16. Алаев Э.Б. Социально-экономическая география: понятийно-терминологический словарь. М.: Мысль, 1983. 290 с.
17. Чебан В.М., Ландман А.К., Фишов А.Г. Управление режимами электроэнергетических систем в аварийных ситуациях. М.: Высш. школа, 1990. 144 с.
18. Регионы России. Основные социально-экономические показатели городов. 2020: стат. сб. М.: Росстат, 2020. 456 с.
19. Архипов Г.И. Минеральные ресурсы горнорудной промышленности Дальнего Востока. Обзор состояния и возможности развития. М.: Горн. кн.: Изд-во Мос. гос. ун-та, 2010. 817 с.

## REFERENCES

1. D'yakov A.F. Problemy nadezhnosti i bezopasnosti energosnabzheniya v usloviyah liberalizatsii i deregulirovaniya v elektroenergetike. *Energetik*. 2005;(8):2-9. (In Russ.).
2. Voropai N.I., Kovalev G.F., Kucherov Yu.N. et al. Konceptsiya nadezhnosti v elektroenergetike. Moscow: Energiya; 2013. 212 p. (In Russ.).
3. Chel'tsov M.B., Voropai N.I., Il'kevich N.I. et al. Nadezhnost' sistem energetiki (sbornik rekomenduemykh terminov). Moscow: Energiya; 2007. 192 p. (In Russ.).
4. Privalovskaya G.A., Volkova I.N. Ekologo-geograficheskie protivorechiya priro-dopol'zovaniya. *Izvestiya RAN. Ser. geograficheskaya*. 1997;(1):19-28. (In Russ.).
5. Ponomarenko R.V. Razvitiye energosistemy Sahalinskoi oblasti. *Ekonomika i upravlenie: analiz tendentsii i perspektiv razvitiya*. 2015;(20):76-79. (In Russ.).
6. Parhomenko R.S., Vel'meshev V.V., Mirzoev G.R. Regional'naya energetika: problemy i puti razvitiya. *Uchenye zapiski Sahalinskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2009;(8):139-147. (In Russ.).
7. Avdoshin E.F., Igumnov P.V. Aziatskii vektor razvitiya energeticheskogo kompleksa Sahalinskoi oblasti. *Vlast' i upravlenie na Vostoke Rossii*. 2017;(3):8-18. (In Russ.).
8. Anosova A.A. (ed.). Rossiiskii Dal'nii Vostok: strategiya razvitiya v XXI veke. Moscow: Institute of Economy RAS; 2014. 214 p. (In Russ.).
9. Kovalev P.D., Kovalev D.P., Shevchenko G.V. Vozobnovlyаемые энергетические ресурсы Сахалинской области. Владивосток: Дал'наука; 2015. 216 p. (In Russ.).
10. Ore O. Teoriya grafov. 2<sup>nd</sup> ed. Moscow: Nauka; 1980. 336 p. (In Russ.).
11. Il'inskii N.F., Tsatsenkin V.K. Prilozhenie teorii grafov k zadacham elektromehaniki. Moscow: Energiya; 1968. 200 p. (In Russ.).
12. Melent'ev L.A. Optimizatsiya razvitiya i upravleniya bol'shikh sistem energetiki. 2<sup>nd</sup> ed. Moscow: Vysshaya shkola; 1982. 319 p. (In Russ.).
13. Sovalov S.A., Semenov V.A. Protivoavariinoe upravlenie v energosistemah. Moscow: Energoatomizdat; 1988. 416 p. (In Russ.).
14. Tarhov S.A. Evolyutsionnaya morfologiya transportnykh setei. Smolensk, Moscow: Universum; 2005. 384 p. (In Russ.).
15. Атаев З.А. Географические основы локальной энергетики Центрального экономического района России. Рязан. гос. ун-т им. С.А. Есенина. Рязань: Рязань State Univ. n.a. S.A. Esenin; 2008. 284 p. (In Russ.).
16. Алаев Э.Б. Социально-экономическая география: Понятийно-терминологический словарь. М.: Мысль; 1983. 290 p. (In Russ.).
17. Чебан В.М., Ландман А.К., Фишов А.Г. Управление режимами электроэнергетических систем в аварийных ситуациях. М.: Высшая школа; 1990. 144 p. (In Russ.).
18. Регионы России. Основные социально-экономические показатели городов. 2020: Статистический сборник. М.: Росстат; 2020. 456 p. (In Russ.).
19. Архипов Г.И. Минеральные ресурсы горнорудной промышленности Дальнего Востока. Обзор состояния и возможности развития. М.: Горная книга: Московский государственный университет горного и членической геологии и геофизики; 2010. 817 p. (In Russ.).