



УДК 620.92

Н.В. Тетерина, В.П. Шакун**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ
КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ:
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

Рассмотрено современное состояние и перспективы развития топливно-энергетического комплекса Калининградской области, предусмотренные региональными программами. Проведено сравнение потенциалов различных возобновляемых энергетических ресурсов, собраны сведения об опыте эксплуатации объектов возобновляемой энергетики на данной территории. Осуществлены первичные оценки необходимых тепловых мощностей для жилого фонда экопоселка численностью 50 тыс. человек и предложен вариант его теплообеспечения от тепловых насосов.

This paper examines the current condition and development prospects of the fuel and energy industry of the Kaliningrad region specified in regional programmes. The authors compare the potentials of different renewable energy sources and provide information on the exploitation of different renewable energy objects in the region. The article presents a preliminary assessment of the thermal capacity necessary for the residential area of an ecovillage with a population of 50,000 and suggests ensuring heat supply with the help of heat pumps.

167

Ключевые слова: ресурсы возобновляемой энергетики, автономное тепло-снабжение, тепловые насосы, Калининградская область.

Key words: renewable energy sources, independent heating, heat pumps, Kaliningrad region.

Для обоснования строительства, использования и развития энерго-объектов на возобновляемых источниках энергии в Калининградской области требуется последовательная процедура анализа динамики регионального энергобаланса, территориального распределения потенциалов возобновляемой энергетики (ВЭ) и выявления ниш автономного тепло- и электроснабжения.

Краткая характеристика ТЭК региона

Большая часть объектов электроэнергетики региона входит в энергосистему ОАО «Янтарьэнерго». Суммарное производство электроэнергии в 2012 г. составило 1097,1 МВт. Крупнейший генерирующий объект области здесь – Калининградская ТЭЦ-2: к 2012 г. ее доля производства энергии составила 89,72 % [1]. Помимо ТЭЦ-2 действует ряд электростанций, в основном тепловых, использующих преимущественно газ.

Ранее дефицит энергии компенсировался поставками с основной территории России по сетям Беларуси и Литвы. После пуска второго энергоблока ТЭЦ-2 (450 МВт) в декабре 2010 г. [2] регион стал самодостаточным по энергогенерации.



По прогнозу ОАО «Системный оператор ЕЭС», спрос на электроэнергию к 2016 г. увеличится в 1,2 раза по сравнению с 2010 г. Перспективы развития генерирующего комплекса, согласно [1], связываются с сооружением Балтийской АЭС и с выработкой энергии на базе ВИЭ. Помимо этого, существует проект строительства пяти ТЭЦ (Приморской, Светловской, Черняховской, Гусевской, Неманской) в области на местном торфе и завозимом с основной территории РФ угле суммарной мощностью 800 МВт [3].

Система теплоснабжения (по состоянию на 2010 г.) включает 952 отопительных котельных и 6 электростанций. Газообеспечение КО имеет особое значение, так как крупнейший потребитель – ТЭЦ-2 – полностью зависит от внешних поставок природного газа по трубопроводу Минск – Вильнюс – Калининград (2,5 млрд м³ в год), протянутому с территории РФ [4]. В то же время на 2011 г. уровень газификации области менее 60 %, то есть ниже среднего по России.

Калининградскую область с геополитической точки зрения – «островная» территория. Это обусловлено ее полуэксклавным положением. В связи с этим для области актуальна проблема энергонеуязвимости. В программе развития энергетики КО [1] отмечено, что одной из основных стратегических задач является снижение доли природного газа в топливном балансе области за счет использования возобновляемых ресурсов; поставлена цель: довести к 2020 г. вклад ВИЭ и вторичных энергетических ресурсов в тепловой баланс КО до 10 %. Согласно данной программе, предполагается достичь этого за счет использования низкопотенциального тепла, внедрения теплонасосных систем, вовлечения в топливно-энергетический баланс биомассы твердых бытовых отходов (ТБО) и отходов агропромышленного комплекса, более широкого использования торфа, а также сооружения ветропарка на шельфе Балтийского моря, развития индивидуального теплоснабжения на основе солнечной энергии и восстановления малой гидрогенерации.

Оценки потенциала современного использования ВИЭ в тепло- и электроснабжении региона

Детальные оценки свидетельствуют о наличии значительного потенциала некоторых видов ВИЭ в регионе [5]. Однако Региональной программой предусмотрено повышение доли ВИЭ к 2020 г. только до 4,5 %, что значительно ниже 20 % электрогенерации на ВИЭ, которых стремятся достичь окружающие область страны (согласно Плану ЕС «20–20–20»). Обладая значительными ресурсами ВЭ, регион имеет также длительный опыт их эксплуатации для целей электро- и теплоснабжения (табл. 1).

По установленной электрической мощности среди действующих объектов альтернативной энергетики лидирует ветровая электростанция (ВЭС), на втором месте – малые гидроэлектростанции (МГЭС). Объекты теплоснабжения в основном используют в качестве топлива торф, однако в качестве проектов предлагаются также котельные на основе плантаций быстрорастущих древесных культур, а также системы теплоснабжения с использованием геотермальной энергии. По состоянию на 2010 г. доля возобновляемых источников в энергетическом балансе Калининградской области составляет около 1,5 % [2].



**Объекты энергетики КО,
работающие на возобновляемом топливе [6–10]**

Объект	Тип источника энергии	Место расположения	Использование	Мощность, МВт	Действующий / проект
Зеленоградская ВЭС	Ветер	пос. Куликово, Зеленоградский район	Э.э.	5,1	Д
ВЭС морского базирования	Ветер	Балтийское море	Э.э.	50	П
СФЭС	Солнце	–	Э.э.	1	П
Правдинская МГЭС	Гидроэнергия	г. Правдинск	Э.э.	1,14	Д
Озёрская МГЭС	Гидроэнергия	г. Озёрск	Э.э.	0,5	Д
Сенежская МГЭС	Гидроэнергия	г. Солнечногорск	Э.э.	0,05	Д
Заозёрная МГЭС	Гидроэнергия	Калининград	Э.э.	0,04	Д
ГеоТЭС, г. Светлый	Термальные воды	г. Светлый	Э.э. и т.э.	50 (т), 4 (э)	П
Котельная, состоящая из 2 котлов	Торф	г. Черняховск	Т.э.	6	Д
Муниципальная котельная	Торф	пос. Васильково, Гурьевский район	Т.э.	5	Д
Котельная, состоящая из 2 котлов	Торф	пос. Свобода, Черняховский район	Т.э.	0,7	Д
Котельные торф-предприятия «Нестеровское»	Торф	пос. Зеленое, Нестеровский район	Т.э.	Нет данных	Д
Котельная, состоящая из 2 котлов	85 % фрезерный торф, 15 % опилки и щепа	г. Нестеров	Т.э.	6	Д
Утилизаторы коры целлюлозно-бумажного завода (ЦБЗ)	Кора и опилки	г. Неман	Т.э.	Нет данных	Д
Утилизаторы коры ЦБЗ	Кора и опилки	г. Советск	Т.э.	Нет данных	Д
Теплоснабжение на основе ивовых плантаций	Ивы	Калининградская обл.	Т.э.	Нет данных	П
ЭБК на ГП «ОКОС»	Биогаз, пищевые отходы	пос. Заостровье	Э.э. и т.э.	1	П

Примечание: Э.э. – электрическая энергия; Д – действующий объект; Т.э. – тепловая энергия; П – проектируемый объект.

Рассмотрим некоторые возможности более полного использования на территории области энергии ветра, малых рек и геотермальной энергии¹. В пределах КО расположена крупнейшая в России Зелено-

¹ Анализ использования потенциала биомассы ТБО и отходов агропромышленного комплекса проведен в работах [7; 8; 15; 16 и др.].



градская ВЭС с мощностью 5,1 МВт и выработкой электроэнергии, достигающей 5,8 тыс. кВтч в год [2]. ВЭС представляет собой ветропарк, состоящий из 21 установки (ВЭУ).

Программа Министерства развития инфраструктуры КО предполагает строительство ВЭС мощностью 50 МВт [2]. Если данный проект будет реализован, то он станет первым в России ветропарком морского базирования. Однако в ряде исследований [11; 12] показано, что ветровой потенциал территории может обеспечить гораздо большие мощности. Специалистами компании «Янтарьэнерго» и Калининградского государственного технического университета были определены места оптимального размещения ветропарков в акватории Балтийского моря — двух в районе Куршской косы и одного в Балтийском заливе [13]. Кроме того, определение оптимальных вариантов размещения шельфовых ВЭУ проводилось Атлантическим отделением Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН в рамках проекта «Перспективы развития морской ветроэнергетики в акваториях Литвы, Польши и России», в результате которого были намечены два перспективных участка размещения ветропарков [14]. Также проблема выбора мест для сооружения прибрежных ветропарков широко обсуждалась на международной конференции «Энергия ветра для устойчивого развития сообщества».

Развитая речная сеть КО позволяет более эффективно использовать гидроресурсы. История строительства МГЭС в области ведет отсчет с 20-х гг. XX в.; в настоящее время их суммарная установленная мощность составляет 1,7 МВт. Около 90 % потенциала возможной выработки гидроэнергии в Калининградской области обеспечивают пять рек (табл. 2).

Таблица 2

Потенциал рек КО для малой гидроэнергетики [1]

Река	Потенциальная мощность, МВт	Потенциальная выработка, млн кВтч
Анграпа	14,5	127,5
Лава	10,4	90,75
Писса	4,71	41,25
Шешупе	3,83	33,55
Красная	3,32	29,08

Достаточно высок потенциал геотермальной энергии, однако в основном ресурсы представлены низко- и среднотенциальными источниками, которые могут быть использованы для нужд теплоснабжения. Оценка потенциала грунтового тепла приведена в ряде исследований [5; 9; 17; 18]. Согласно программе [2] увеличение вклада ВИЭ в тепловой баланс области предполагается достичь, помимо прочего, именно за счет использования низкопотенциального тепла и внедрения систем теплоснабжения на основе тепловых насосов (ТН). Проект по Калининградской области был поддержан Всемирным банком и Глобальным экологическим фондом [19]. Близость региона к европейским странам, обладающим обширным опытом эксплуатации теплонасосных систем, открывает достаточно широкие возможности для их ис-



пользования в Калининградской области (наличие или близость фирм-производителей и дилеров оборудования, малое логистическое плечо, возможность получения квалифицированной консультации и сервисного обеспечения). По-видимому, наиболее целесообразно использовать этот вид ВИЭ для населенных пунктов, подключение которых к сетевому газоснабжению обходится потребителям сравнительно дорого.

Оценка возможности автономного теплоснабжения поселка

Первичные оценки потребностей в автономном тепловом энергообеспечении авторами данной статьи выполнены для экопоселка, который планирует построить в 12 км от Калининграда предприятие АВТОГОР. Предполагается, что этот поселок будет состоять из таунхаусов и предназначаться для проживания 50 тысяч человек [20]. По проекту поселок станет самым современным населенным пунктом Балтийского побережья в отношении энергосбережения и соответствия экологическим требованиям [20]. Для расчета потребности в тепловой энергии жилых зданий и горячего водоснабжения (ГВС) такого поселка нами были рассмотрены удельные тепловые потери жилого помещения в климатических условиях Калининграда, исходя из общих данных о структуре тепловых потерь (табл. 3).

171

Таблица 3

Составляющие тепловых потерь жилых помещений, % [21]

Тип потери	Доля от общих тепловых потерь, %
Трансмиссионные:	26–42
– Стены	8–20
– Чердак	6–8
– Окна	12–14
Инфильтрация на отопление и вентиляцию	30–48
Горячее водоснабжение	22–30

На основе анализа среднемесячных температур (табл. 4) отопительного сезона были оценены трансмиссионные потери $Q = K_{потерь} \cdot DD$, где $K_{потерь}$ – приведенный коэффициент теплопередачи для единицы площади совокупной ограждающей поверхности зданий. $K_{потерь}$ можно принять равным 0,5–0,6 Вт/м²/К [22]. Величина DD (градусо-дни) определяется как $DD = \sum (n_i \cdot \Delta t_i)$, где i – номер месяца (здесь учитываются только месяцы отопительного периода²); n_i – количество дней в i -ом месяце; $\Delta t_i = t_{помещ} - t_{cp}(i)$ – расчетная температура внутри помещения; t_{cp} – средняя температура в i -ом месяце за многолетний период.

² В Калининградской области отопительный сезон продолжается с середины октября по конец апреля.



Таблица 4

Средняя месячная температура воздуха. Данные измерений по метеостанции Калининград за 1881 – 1980 гг. [23] и 1981 – 2011 гг. [24]

Месяц	I	II	III	IV	X	XI	XII
t° – станция Калининград, $^{\circ}\text{C}$	-3,1	-2,5	0,6	6,2	7,8	2,9	-0,9
$(n_i \cdot \Delta t_i)$, градусо-дни	716,1	630	601,4	414	378,2	513	647,9

172

Величина DD для условий Калининградской области оказалась порядка $3900^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут.}$, а общие трансмиссионные потери единицы жилой площади – порядка $47 \div 56 \text{ кВтч}/\text{м}^2/\text{год}$. Учитывая, что эти потери составляют $28\text{--}42\%$ от общих (табл. 3) и принимая норму жилой площади $24,3 \text{ м}^2$ на человека (уровень обеспеченности жильем населения области), получаем общие тепловые потери поселка численностью 50 тысяч человек (без учета общественных зданий и сооружений) порядка $163 \div 175$ тысяч $\text{МВтч}/\text{год}$. Принимая во внимание локальный характер теплоснабжения на основе ТН и полагая, что площадь одного дома составляет 200 м^2 , получаем тепловую нагрузку одного коттеджа порядка $28 \text{ МВтч}/\text{год}$.

Для автономного теплоснабжения и ГВС экопоселка такого типа достаточно 20 МВт . Как правило, ТН может иметь мощность до 85 кВт [25], следовательно, оптимальной может стать установка единичного теплового насоса для обслуживания нескольких таунхаусов. Также возможен каскадный монтаж теплонасосных установок.

Для детального проектирования системы отопления рассматриваемого экопоселка на основе ТН необходим анализ ресурсов тепловой энергии грунта в выбранном районе КО, а затем – рентабельности использования автономных систем теплоснабжения на основе ТН по сравнению с другими схемами теплоэнергоснабжения. При этом потребуются детализированные данные (по сезонам года) о тепловой нагрузке, стоимости оборудования при различных схемах обеспечения энергоснабжения и стоимости используемого топлива, включая его доставку. Методической основой такого рода оценок могут служить проведенные ранее расчеты оптимальных схем электроснабжения удаленного поселения [26].

Выводы

Таким образом, в ближайшем будущем в регионе, самодостаточном по энергогенерации, вероятно увеличение энергопотребления. Оценки ресурсов ВЭ показывают, что максимальным потенциалом характеризуется биомасса отходов агропромышленного комплекса и ТБО, а ресурсы солнечной энергии практически не имеют промышленного потенциала.

Область обладает значительным опытом сооружения и эксплуатации объектов на ВИЭ. Из них по установленной электрической мощности лидирует ВЭС, по тепловой – котельные, использующие в качестве топлива торф.



Одним из приоритетов применения ВИЭ может стать автономное теплоснабжение современных экопоселений.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 12-06-33030а.

Список литературы

1. Схема и программа перспективного развития электроэнергетики Калининградской области на 2011–2016 гг. Приложение к приказу Министерства развития инфраструктуры Калининградской области от 29 апреля 2011 г. №58. URL: <http://law7.ru/kaliningrad/act11/r575.htm> (дата обращения: 10.11.2013).

2. Региональная программа в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности Калининградской области на 2010–2015 годы с перспективой до 2020 года. URL: <http://gisee.ru/articles/red-programs/11482/> (дата обращения: 16.11.2013).

3. Злобин Ю.Н., Нигматулин Б.И. Балтийская АЭС и проблемы энергобезопасности Калининградской области // Агентство ПРоАтом. 2012.

4. East European Gas Analysis : [сайт]. URL: www.eegas.com (дата обращения: 16.11.2013).

5. Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местным видам топлива. Показатели по территориям / под ред. П.П. Безруких. М., 2007.

6. Проект «ГИС ВИЭ» : [сайт]. URL: www.gis-vie.ru (дата обращения: 16.11.2013).

7. Рагулина И.Р. Биоэнергетический потенциал Калининградской области : дис. ... канд. геогр. наук. Калининград, 2007.

8. Селин В.В., Беркова Е.А. Место и роль малой энергетики в энергобалансе Калининградской области // Известия КГТУ. 2010. №17. С. 108–112.

9. Томаров Г.В. Тенденции и перспективы развития геотермальной энергетики // Возобновляемые источники энергии : курс лекций. М., 2012. Вып. 7.

10. Материалы по подпрограмме «Развитие возобновляемых источников энергии на период до 2020 года». Приложение №34 к программе «Модернизация электроэнергетики России на период до 2020 года». URL: www.minenergo.gov.ru (дата обращения: 16.11.2013)

11. Белей В.Ф., Паршина В.Ф., Никишин А.Ю., Жуков Д.А. Перспективы использования возобновляемых источников энергии в Калининградской области // Сценарии развития энергетики Калининградской области как интегрированной части региона Балтийского моря : матер. междунар. конф. Калининград, 2010.

12. Основные направления политики повышения энергоэффективности и План действий на 2008–2012 гг. для Калининградской области. TACIS – Technical Assistance for the Commonwealth of Independent States (Техническая помощь Содружеству Независимых Государств). URL: www.tacisinfo.ru (дата обращения: 13.11.2013)

13. Рагулина Г.А. Потенциал, рентабельность и перспективы ветроэнергетики в Калининградской области – реальные и вымышленные. URL: www.bellona.ru (дата обращения: 13.11.2013)

14. Акимова О.А., Слепцова Т.В., Мусинова Н.А., Рагулина И.Р. Современное состояние и перспективы развития ветроэнергетики в Калининградской области // Возобновляемые источники энергии : матер. VI всероссийской научной молодёжной школы с международным участием. М., 2008. С. 7–13.

15. Гнатюк В.И., Жданов В.П. Анализ развития основных показателей ТЭК Калининградской области: сценарий переходного периода, связанного с вводом



в строй крупных энергетических мощностей (ТЭЦ-2, АЭС) и планируемым отделением энергосистем государств Прибалтики от единой энергосистемы России. URL: www.gnatukvi.ru (дата обращения: 13.11.2013)

16. Селин В.В., Епишина Е.А. Анализ возможностей использования биотоплива в энергетическом балансе Калининградской области // Энергетическая безопасность и малая энергетика. XXI век : матер. Всероссийской НТК. СПб, 2002. С. 322–326.

17. Богуславский Э.И. Использование геотермальной энергии для целей теплоснабжения. URL: www.baltfriends.ru (дата обращения: 13.11.2013)

18. Загородных В.А., Терских А.В., Ласкевич А.И. О возможностях освоения ресурсов Калининградской геотермальной аномалии // Горный журнал. ИД «Руда и Металлы». 2010. №3.

19. Свалова В.Б. Комплексное использование геотермальных ресурсов // Научно-технический журнал «Георесурсы». 2009. №1 (29).

20. Отчет к собранию акционеров группы компаний АВТОТОР «О результатах деятельности в 2011 году и перспективах на 2012 год. Планы дальнейшего развития» // Автотор : [сайт]. URL: www.avtotor.ru (дата обращения: 16.11.2013)

21. Фортвов В.Е., Попель О.С. Энергетика России в современном мире : монография. Долгопрудный, 2011.

22. СНИП МГСН 2.01–99. Ведомственные строительные нормы 58–87 «Геотермальное теплоснабжение жилых и общественных зданий и сооружений. Нормы проектирования» : утв. приказом Государственного комитета по архитектуре и градостроительству при Госстрое СССР от 27 октября 1987 г. №328.

23. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3 : Многолетние данные. Л., 1989. Ч. 1–6, вып. 6 : Литовская ССР и Калининградская область РСФСР.

24. Сервер «Погода России». URL: www.meteo.infospace.ru (дата обращения: 16.11.2013).

25. Rainbow-инженерные системы : [сайт]. URL: www.geopumps.ru (дата обращения: 16.11.2013).

26. Тарасенко А.Б., Тетерина Н.В., Киселева С.В. Возможности оптимизации энергетического баланса островного поселения (на примере пос. Соловецкий Архангельской области) // Альтернативная энергетика и экология. 2012. №5–6. С. 187–196.

Об авторах

Нина Владимировна Тетерина – асп., Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова.

E-mail: nina@sinaksis.ru

Владимир Петрович Шакун – инженер, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова.

E-mail: a-wee@yandex.ru

About the authors

Nina Teterina, PhD student, Lomonosov Moscow State University.

E-mail: nina@sinaksis.ru

Vladimir Shakun, Engineer, Lomonosov Moscow State University.

E-mail: a-wee@yandex.ru