

ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ СУБАРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ: АНАЛИЗ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА

Технологии возобновляемой энергетики позволяют обеспечить децентрализованное энергоснабжение при снижении вредного воздействия на окружающую среду. Указанные особенности определяют привлекательность возобновляемых источников для субполярных территорий с хрупкостью их экосистем и высокой долей изолированных потребителей. Вследствие организационных и технических трудностей целесообразность широкого внедрения возобновляемых источников в северных регионах до сих пор остаётся под вопросом. Рассмотрена история развития энергосистем в субполярных регионах мира (Аляска, северные провинции Канады, Гренландия, Исландия, Скандинавские страны) и проведено их сопоставление по природно-климатическим условиям с арктическими регионами России. На основе данных национальных статистических ведомств выполнен анализ сложившейся структуры энергоснабжения. Определены основные технологии, используемые для электро- и теплоснабжения, выявлены основные проблемы развития энергосистем, показана связь этих трудностей с природно-климатическими и социально-экономическими условиями.

Технологии энергоснабжения непрерывно совершенствуются, обеспечивая развитие цивилизации на протяжении всей истории человечества [1]. В последние десятилетия в обществе резко возрос интерес к возобновляемой энергетике. В условиях экологических ограничений и конкуренции с другими технологиями электроэнергетики чрезвычайно остро стоит вопрос, какое место должны занять эти технологии в энергосистемах.

Субарктические территории с большим числом изолированных потребителей представляют собой идеальный полигон для демонстрации потенциала возобновляемой энергетики.

Рассмотрим современное состояние энергоснабжения зарубежных субарктических территорий с точки зрения используемых энергоресурсов, применяемых технологий и пространственной структуры энергосистем на базе данных нацио-

нальных статистических и энергетических ведомств.

Северная Америка

Канада

Обширная территория Канады отличается огромным разнообразием природных условий: от прерий на юго-западе до арктических пустынь на севере. В южных районах страны климат умеренный, на севере климатические условия обнаруживают некоторое сходство с северными областями России [2, 3].

Канада обладает огромными запасами ископаемого топлива. Здесь находятся и активно разрабатываются крупные месторождения угля, нефти, природного газа и урана. По объёму экспорта энергоресурсов Канада занимает одно из ведущих мест в мире. В выработке электроэнергии самой Канады доля ископаемого топлива составляет только 20%. Основная доля электроэнергии, около 60%, вырабатывается на гидроэлектростанциях (ГЭС).

Природные ресурсы распределены по обширной территории Канады неравномерно, что приводит к резким различиям между энергосистемами различных провинций [4].

Энергоснабжение трёх самых северных канадских территорий – Юкона, Нунавута и Северо-Западных Территорий – резко отличается от остальной части страны [5]. Практически всё топливо на эти территории доставляется из южных провинций, что составляет столь же сложную логистическую задачу, как и «северный завоз» в России. Это связано с особенностями заселения и транспортной структуры: на северных территориях Канады около 100 тыс. чел. населения рассредоточено по территории около 3,5 млн км², и до некоторых на-

селённых пунктов можно добраться только по воздуху. В Нунавуте вообще нет постоянных шоссе. Основная часть грузов на Север Канады доставляется водным путём в течение короткого судоходного сезона.

В северных областях Канады природный газ добывается только на Северо-Западных Территориях. Основную роль в их электроснабжении играют ГЭС и ДЭС (дизельные электростанции), вклад которых в выработку сопоставим. Кроме того, используются газотурбинные электростанции на местном природном газе.

В Юконе около 90% электроэнергии вырабатывается на ГЭС, а оставшаяся часть – на дизельных и ветровых электростанциях. Часть населения Юкона живёт в отдельных, удалённых друг от друга посёлках, которые снабжаются электроэнергией от ДЭС.

В Нунавуте вся электроэнергия производится на ДЭС из привозного дизельного топлива. Сложности с энергоснабжением сочетаются здесь с социально-экономическими проблемами: недостаток жилья, строительство которого стоит дорого в первую очередь из-за необходимости обеспечить дополнительное электроснабжение; трудности с получением среднего образования населением и самый высокий уровень безработицы в стране.

Аляска

Аляска по природно-климатическим условиям обнаруживает значительное сходство с Восточной Сибирью (рис. 1).

Северная часть штата – это зона арктической тундры; здесь очень холодные зимы и короткое, холодное лето. В центральной области климат субарктический, с холодной зимой и коротким, прохладным летом. Значения среднегодовых температур в этой области имеют сходство с Чукоткой и южным побережьем Карского моря. На юге, на Алеутских островах

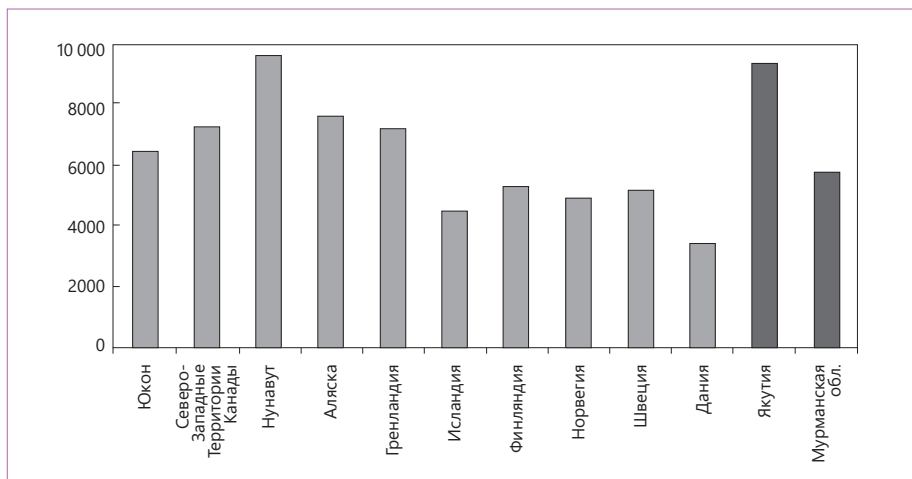


Рис. 1. Значения градусо-суток холодного периода на рассматриваемых территориях Канады в сравнении с северными регионами России

и в заливе Кука, умеренный морской климат, напоминающий климат Камчатки. На крайнем юго-востоке штата климат умеренный и достаточно мягкий, имеющий сходство с климатом Приморского края России [2, 3].

Единой электрической сети на Аляске, в отличие от остальных штатов США, не существует [5]. Прежде всего, это связано с особенностями заселения штата, где 80% из 700 тыс. жителей проживают в районе Рэйлбелт (*Railbelt*). Потребление электроэнергии этой областью составляет примерно такую же часть общего потребления. Здесь находится единственная на Аляске высоковольтная линия электропередачи, которая протянулась примерно на 300 км с юга на север и связывает районы Фэрбанкса, в которых работают тепловые электростанции (ТЭС) на местном угле, и Анкориджа, где добывается природный

газ и используется на ТЭС, также действуют гидроэлектростанции.

На юге и крайнем юго-востоке штата активно используются гидроресурсы: около 70% населённых пунктов в этой области некоторую часть электроэнергии получают от ГЭС; дизель-генераторы используются как источники резервной мощности. Относительно дешёвая электроэнергия, выработанная на ГЭС, достаточно широко используется для теплоснабжения этих районов. В остальных областях штата электроэнергия, как правило, производится из привозного топлива на ДЭС.

В последние годы на Аляске началось активное внедрение технологий распределённой энергетики. На сегодняшний день около 70 из более чем 200 существующих здесь малых электрических сетей используют нетрадиционные и возобновляемые источники энергии (НВИЭ): микро-ГЭС, ветроустановки, установки на биомас-

се, геотермальной и солнечной энергии. По оценкам Университета Аляски, в штате сосредоточено 12% малых электрических сетей всего мира.

Ещё более активно, чем для электроснабжения, возобновляемые ресурсы внедряются в теплоснабжение. Источники биомассы на Аляске включают древесину, отходы деревообработки и переработки рыбы, некоторые сельскохозяйственные культуры и отходы сельского хозяйства, а также городской мусор. По всему штату работает несколько фабрик по изготовлению топливных гранул; идут исследования по использованию для дизель-генераторов органических отходов.

Европа

Гренландия

Гренландия отличается исключительно суровыми природными условиями: большая часть её территории покрыта мощным материковым льдом; свободна ото льда узкая полоса на юго-западе Гренландии, ещё более узкая – на юго-востоке и более значительная – на севере. Северное побережье отличается низкими температурами, сопоставимыми с температурой на севере Якутии [2, 3].

Централизованного энергоснабжения на острове нет, каждый населённый пункт обеспечивает выработку электроэнергии самостоятельно. До начала 1990 гг. вся электроэнергия на острове производилась дизель-генераторами из привозного топлива. В следующие десятилетия началось активное использование местных ветро- и гидроресурсов, что в последние годы позволило обеспечить выработку примерно 70% электроэнергии из возобновляемых ресурсов.

Сейчас в Гренландии работают пять ГЭС мощностью от 1,4 до 45 МВт, в том числе ГЭС в Иллулисат – единственная в мире подземная гидроэлектростанция, построенная в зоне вечной мерзлоты. Станция расположена в изолированном фьорде, в 45 км от города Иллулисат; её работа полностью автоматизирована. Гидроэлектростанции на сегодняшний день вырабатывают в Гренландии более 70% электроэнергии.

Исландия

Климат Исландии – морской субарктический. Зима здесь тёплая, сырая, с частыми туманами и снегопадами, лето – прохладное. Значения среднегодовых температур сопоставимы с Хабаровским краем, хотя разница между летними и зимними температурами в Исландии значительно ниже [2, 3].

Основную часть территории Исландии занимает тундра, площадь лесов составляет менее 1% территории страны. Ограниченность запасов собственного топлива привела к тому, что уголь начали сюда импортировать ещё с семнадцатого века. В настоящее время всё топливо, используемое в Исландии, ввозится из-за рубежа.

Для электро- и теплоснабжения органическое топливо здесь практически не применяется; энергетика на 100% использует возобновляемые источники. В настоящее время доступ к единой электрической сети имеют все жители Исландии, несмотря на то, что плотность населения тут самая низкая в Европе – едва более 3 чел. на 1 км².

Развитие возобновляемой энергетики в двадцатом веке не только обеспечило энергетическую безопасность Исландии, но и позволило провести глубокую модернизацию экономики: начиная с 1950-х годов ввод в строй новых генерирующих мощностей в Исландии идёт параллель-

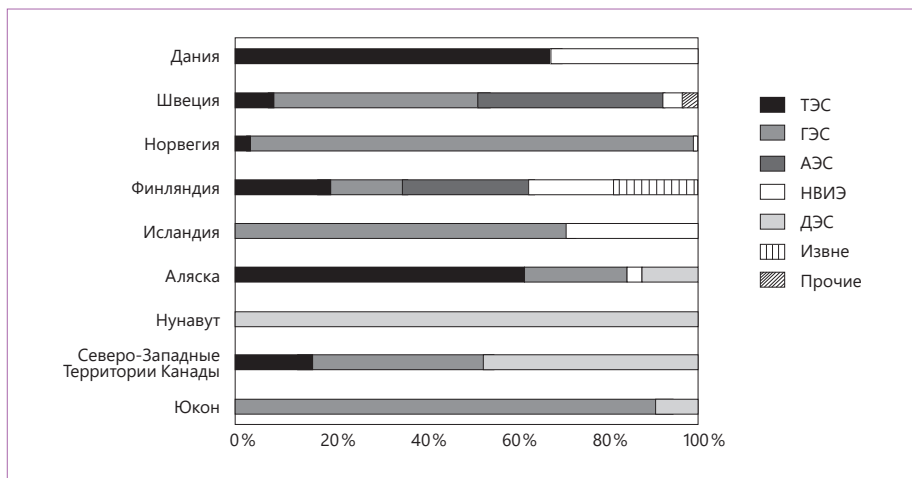


Рис. 2. Структура производства электрической энергии на рассматриваемых территориях

но с развитием промышленности (рис. 2). К концу 1960-х годов наличие дешёвой электроэнергии, вырабатываемой исландскими ГЭС, стало одной из важнейших предпосылок для развития на острове выплавки алюминия из привозного сырья и диверсификации экономики, до того зависевшей исключительно от экспортного рыболовства.

Скандинавские страны

Для севера Швеции, Норвегии и Финляндии, как и для северо-запада России, характерны холодные зимы и короткое тёплое лето [2, 3].

Структура производства электроэнергии в Финляндии достаточно сбалансирована: примерно по одной трети общей выработки обеспечивается каждым из источников энергии: атомными электрическими станциями (АЭС), теплоэлектроцентралями (ТЭЦ) на привозном ископаемом

топливе (угле и природном газе) и возобновляемой энергетикой (ГЭС и электростанции на биотопливе) [4].

На природном газе работают только электростанции в южных областях Финляндии, где есть газовая сеть. Чтобы повысить эффективность использования газа, широко применяются технологии когенерации: более половины используемого природного газа сжигается на ТЭЦ. Стратегия развития финской энергетики предусматривает постепенное замещение природного газа биогазом. В марте 2013 г. в г. Вааса открылась крупнейшая в мире ТЭЦ на биогазе. Станция мощностью 140 МВт работает на древесных отходах.

В северных и центральных областях Финляндии тепловые электростанции работают на биомассе, древесине и торфе. Торф, как правило, используется недалеко от торфоразработок: вследствие высокой влажности и низкой теплоты сгорания перевозить его на большие расстояния

невыгодно. Часто торф сжигается вместе с биомассой или древесиной, что позволяет оптимизировать процесс горения и снизить выбросы оксидов серы.

Более 70 % тепла в системах централизованного теплоснабжения вырабатывается по когенерационному циклу. Энергетические установки, как правило, могут использовать несколько видов топлива, что позволяет повысить надёжность теплоснабжения. Существенную роль играет использование для теплоснабжения возобновляемых источников энергии: древесных отходов и биомассы.

Норвегия обладает огромными запасами нефти и газа и является одним из ведущих экспортёров энергоносителей. Энергетика самой Норвегии ископаемое топливо практически не использует [4]. Более 90 % электроэнергии вырабатывается на ГЭС. Электроэнергия – основной энергоноситель, используемый здесь населением и промышленностью. Например, нормой стало электрическое отопление.

На сегодняшний день потенциал крупных рек Норвегии используется практически полностью. Неосвоенными остались только гидроресурсы охраняемых природных территорий. В последнее время энергетика Норвегии начинает использовать малые реки и ветроресурсы.

В Швеции ископаемые энергоносители не добываются; всё используемое ископаемое топливо импортируется, но объём этого импорта за последние пятнадцать лет существенно сократился [4].

Сравнимые вклады в выработку электроэнергии в Швеции дают ГЭС и АЭС; доля тепловых электростанций составляет менее 10 %. В последние годы существенно возросло использование биотоплива и отходов для производства электроэнергии, а также ветроэлектростанций.

Импульс развитию систем центрального отопления в Швеции был дан нефтяным

кризисом 1970 гг. В настоящее время доля центрального теплоснабжения составляет более 90 % для многоквартирных домов и более 80 % – для офисов. Более 40 % тепла вырабатывается по когенерационным схемам. Благодаря принятым в начале 2000-х годов законам, запретившим отправлять на свалки горючие и органические отходы, значительно возросло использование мусора и биотоплива для теплоснабжения.

В Дании, самой южной из скандинавских стран, климат умеренный, с мягкой зимой и теплым летом. В энергетике Дании природный газ играет незначительную роль, а нефтепродукты практически не используются [4]. Наибольшая доля электроэнергии – около 40 % – вырабатывается в Дании из угля. Все угольные ТЭС Дании оснащены системами, снижающими выбросы оксидов азота и серы. При этом эффективность датских угольных ТЭС одна из самых высоких в мире: среднее значение электрического КПД-нетто составляет около 40 %, а наибольшее его значение составляет 44,9 %.

В энергетическом балансе Дании рекордную долю составляют ветроустановки: на них вырабатывается около трети всей электроэнергии. Стабильная работа датских электрических сетей при высокой доле ветроэнергии обеспечивается во многом благодаря хорошей интеграции с сетями соседних стран.

Выводы

В целом, для зарубежных территорий, находящихся в природных условиях, схожих с условиями российской Арктики, характерны те же проблемы: слабое развитие транспортной инфраструктуры, сложность доставки топлива и, как следствие, высокая доля транспортных затрат в стоимости

произведённой тепловой и электрической энергии.

Традиционным решением, позволяющим снизить зависимость от привозного топлива, представляется использование для теплоснабжения местных видов топлива: угля, торфа, отходов лесной промышленности, горючего бытового мусора. В последние годы идёт внедрение новых, более эффективных и экологических способов использования этих видов топлива: производство древесных пеллет, совместное сжигание угля и биомассы, технологии кипящего слоя.

Развитие централизованного теплоснабжения и когенерации – ещё один способ, позволяющий повысить эффективность использования топлива. В условиях сурового климата чрезвычайно важное значение имеет также снижение тепловых потерь в зданиях и тепловых сетях. На достижение этой цели направлены многочисленные национальные и региональные программы. В Канаде разработана информационная система, пропагандирующая использование эффективных отопительных систем для жилых домов. В Швеции улучшение технологий теплоснабжения и совершенствование регулирования позволили уменьшить потери в тепловых сетях с 19% в 1980 г. до 11% к настоящему моменту. В Дании с 1973 г. происходит постоянное ужесточение строительных норм при одновременном субсидировании работ по снижению тепловых потерь в зданиях.

Основное преимущество технологий возобновляемой энергетики для энергоснабжения субарктических территорий состоит в возможности обеспечить практически полную независимость энергетики от привозного топлива и существенно повысить уровень жизни в этих районах. Опыт Исландии и Гренландии показывает, что технически такая цель вполне достижима. Широкое внедрение возобновляемой энергетики на других субарктических территориях пока сдерживается высокой сложностью возникающих при этом организационных задач в сочетании с логистическими ограничениями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Klimenko V.V., Klimenko, A.V., Tereshin A.G.* Test of Developing LongTerm Forecasts of World Energy Impact on the Earth's Atmosphere // *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*. 2015. Т. 51. No 2. С. 138–147.
2. *Bulygina O.N., Razuvaev V.N., Aleksandrova T.M.* Database of daily temperature and precipitation on Russian and formerly USSR weather stations. – Obninsk: VNIIGMI – MCD, 2015.
3. *National Center for environmental information*, 2015. <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov>.
4. *International Energy Agency*. <http://www.iea.org>.
5. *Institute of the North*, 2015. <https://www.institutenorth.org>.

ВОДЕННИКОВ Д. А.

ПАО «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы», Москва
vodennikov-da@yandex.ru