

*Осьминина Таисия Сергеевна*

*Аспирант кафедры «Градостроительство», Московский архитектурный институт (государственная академия)*

*107031, РФ, Москва, ул. Рождественка, дом 11/4, корпус 1, стр. 4*

**ПРИМЕНЕНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ  
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПОСЕЛЕНИЙ В УСЛОВИЯХ  
ЭКСТРЕМАЛЬНОГО ХОЛОДА (НА ПРИМЕРЕ АРКТИКИ И  
АНТАРКТИДЫ)**

**Аннотация.** Статья посвящена актуальным архитектурно-технологическим решениям в области энергоснабжения для экстремальных условий городов Арктики и Антарктиды. Рассматриваются принципы проектирования энергоактивных поселений и зданий, использующих солнечную, ветровую и тепловую энергию. Особое внимание уделено интеграции генерирующего оборудования в конструкции сооружений: кровли, стены и инженерные элементы, а также размещению в градостроительной среде.

**Ключевые слова:** Градостроительство, арктическая архитектура, энергоактивная архитектура, возобновляемые источники энергии, автономные модули, фотоэлектрические системы, ветровая энергия.

**Abstract.** The article is devoted to current architectural and technological solutions in the field of energy supply for extreme conditions of cities in the Arctic and Antarctica. The principles of designing energy-active settlements and buildings using solar, wind and thermal energy are considered. Special attention is paid to the integration of generating equipment into the structures: roofs, walls, and engineering elements, as well as its placement in the urban environment.

**Keywords:** Urban planning, Arctic architecture, energy-efficient architecture, renewable energy sources, autonomous modules, photovoltaic systems, and wind energy.

В современном мире электроэнергия стала ключевым элементом обеспечения комфортной жизни человека. Однако её основное производство до сих пор основано на невозобновляемых ресурсах, которые наносят значительный экологический ущерб. В ответ на эти вызовы мировое сообщество, включая Россию, активно развивает альтернативную энергетику. Возобновляемые источники энергии (далее – ВИЭ), такие как энергия солнца, ветра и воды, представляют собой практически неисчерпаемую основу для генерации тепла и электричества. Их ключевые преимущества — экологическая чистота, повсеместная доступность и низкая себестоимость производимой энергии — делают их важнейшим компонентом устойчивого развития в XXI веке.

В настоящее время электроснабжение арктической зоны России представлено, в первую очередь, небольшими дизельными и угольными электростанциями, а также несколькими крупными АЭС, расположение которых не покрывают эту территорию полностью (рис. 1). Для территорий Арктики использование ВИЭ актуально, в первую очередь, из-за дороговизны, сложности и нецелесообразности строительства традиционных электростанций [1].

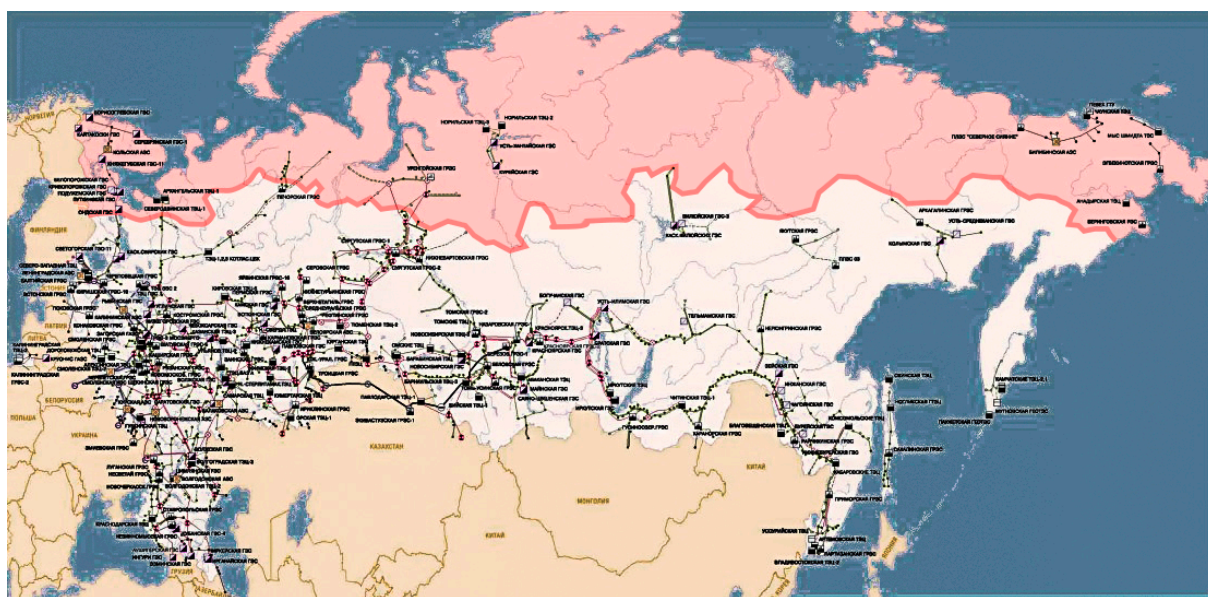


Схема существующих электростанций в арктической зоне России

Источник: потребление электроэнергии в России в январе-августе выросло на 1% // атомная энергия [электронный ресурс] – url: <https://www.atomic-energy.ru/news/2016/09/05/68767> (дата обращения: 12.12.2024)

Архитектура этих территорий представлена вахтовыми поселками и одиночными модулями. По этой причине наиболее очевидным решением проблемы энергоснабжения становится размещение оборудования, генерирующего энергию на основе ВИЭ, в непосредственной близости к поселениям, а также проектирование энергоактивных вахтовых модулей [1].

С 2020 года в полярных регионах реализован ряд проектов, демонстрирующих эффективность ВИЭ. Например, гибридная энергосистема в поселке Тикси (Россия, 2022) сочетает ветрогенераторы и дизельные мощности, сокращая потребление дизельного топлива на 500 т в год [1].

В Антарктиде бельгийская станция «Принцесса Элизабет» полностью работает на энергии ветра и солнца, используя интеллектуальные системы накопления. Эти примеры подтверждают, что даже в экстремальных условиях ВИЭ могут стать основным источником энергии.

Энергоактивная архитектура подразумевает наиболее полное использование природно-климатических факторов внешней среды и ВИЭ в сочетании с конструкциями здания и инженерным оборудованием с целью автономного обеспечения электроэнергией [2].

Идея применения солнечных батарей на зданиях, расположенных в зоне экстремального холода, не нова. Общие принципы размещения фотоэлектрических элементов на зданиях и сооружениях за Полярным кругом идентичны размещению в других регионах. Модули батарей устанавливают на скатах и плоских частях кровли, в конструкциях наклонных стен, реже – в светопрозрачные конструкции козырьков, парапетов, ограждений и даже световых проемов.

В настоящее время самая северная в мире фотоэлектрическая электростанция расположена на Шпицбергене (78° северной широты) [3]. Она доказывает, что солнечным электростанциям не обязательно располагаться в местах с большим количеством солнечных дней. Установка

состоит из независимых солнечных батарей на крыше главного здания и на прилегающей территории и включает накопители для хранения энергии. Электростанция стала тестовым образцом для изучения эффективности гибридной системы, которая соединяет солнечную энергию с классическими источниками, такими как уголь и дизельное топливо [3]. Ключевым фактором становится оптимизация угла наклона панелей и использование отражающих поверхностей (например, снега) для увеличения выработки энергии (Рис. 2).



Рисунок 2. Визуализации проекта плавучей ветровой турбины Windcatcher

Источник: U rad je puštena najsjevernija fotonaponska elektrana na svijetu [Электронный ресурс] // Bug.hr. –

URL: <https://www.bug.hr/energetika/u-rad-je-pustena-najsjevernija-fotonaponska-elektrana-na-svijetu-35752>

(дата обращения: 12.08.2025).

В настоящее время актуальна идея использования в архитектуре электроэнергии, получаемой благодаря термоэлектрическому эффекту, возникающему при взаимодействии двух материалов с разными температурами. Он позволяет генерировать электроэнергию, достаточную для освещения внутренних помещений в темное время суток [4].

Термоэлектрические генераторы могут быть размещены так же, как солнечные батареи – в местах наибольшего нагревания солнцем: на кровле, в покрытии наклонных стен, в козырьках и парапетах [4].

Перспективным направлением использования термоэлектрогенераторов в Арктике является проектирование плавучих и дрейфующих полярных станций. Установка системы генераторов в конструкцию понтонов поможет получить электроэнергию из температурного градиента воды [5].

Еще одним вариантом для функционирования энергоактивной архитектуры является улавливание и накопление энергии ветра. Это возможно путем усиления и турбирования ветровых потоков конструктивными элементами или архитектурными формами и «захвата» энергии элементами инженерного оборудования. При этом необходимо грамотно расположить застройку, чтобы ветровые турбины или панели-трансформеры с сенсорами, улавливающими энергию ветра, располагались в местах наибольшей ветровой нагрузки [2].

Большинство реализованных проектов арктической архитектуры, использующей ветровую энергию, имеет обтекаемую форму, обеспечивающую улавливание воздушных потоков и концентрирующую их в точках расположения ветрогенераторов. Сенсоры, накапливающие кинетическую энергию ветра, могут быть размещены с наветренной стороны здания в его покрытии, световых проемах, кровле, конструкциях защитных экранов.

Инновационные решения, подобные норвежскому проекту плавучей ветровой турбины Windcatcher, показывают, как архитектура может адаптироваться к арктическим условиям (рис. 3). Эта модульная плавучая ветряная электростанция, размещенная на платформе, потенциально может снизить совокупную стоимость за счет стандартизации, масштабируемости, оптимизации работы и повышения эффективности использования площадей [6].

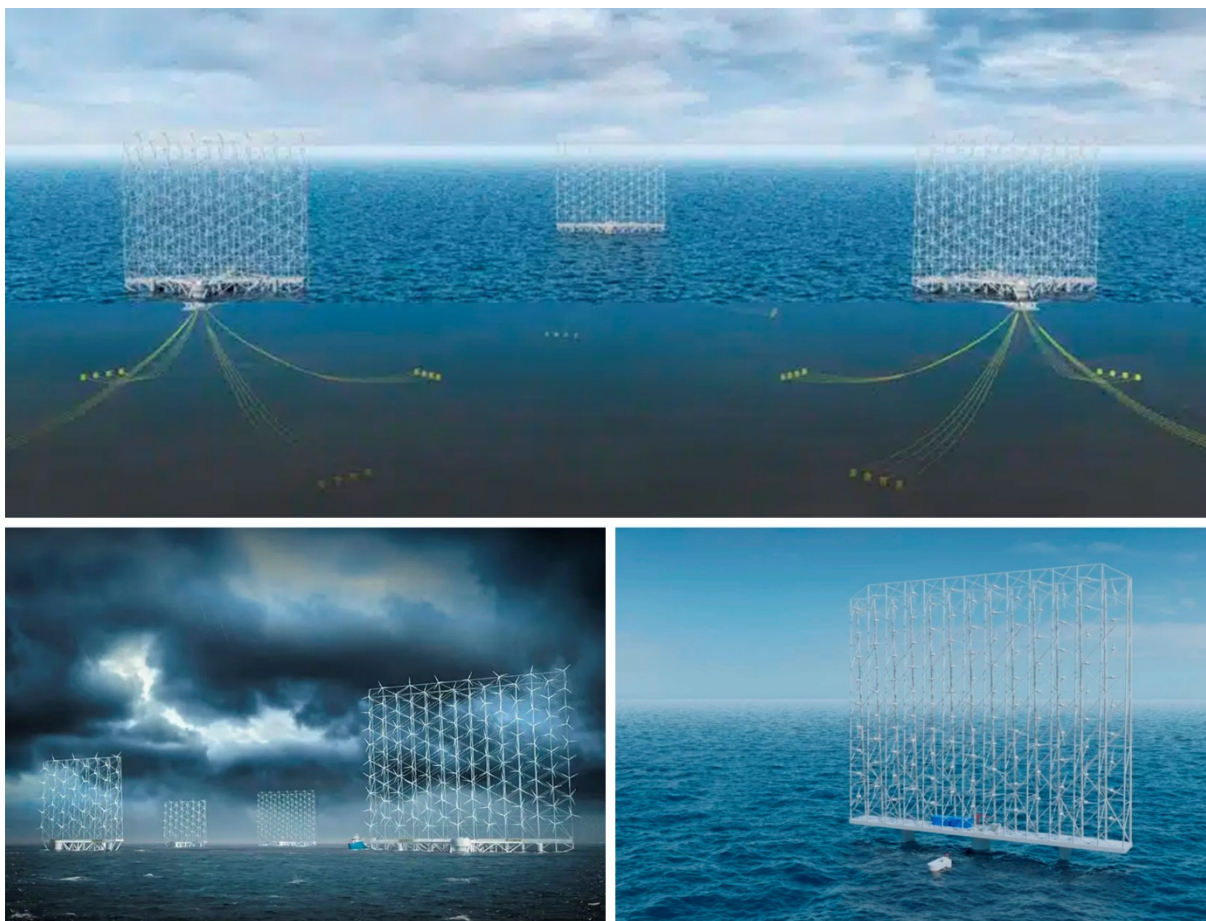


Рисунок 3. Визуализации проекта плавучей ветровой турбины Windcatcher

Источник: Ny vindkraftteknologi for arktiske forhold [Электронный ресурс] // Ferd Magasinet. – 2025. – № 1.  
– URL: <https://ferd.no/ferdmagasinet/2025/utgave-1-2025/> (дата обращения: 12.08.2025)

Анализ этого и других передовых проектов позволяет выявить универсальные принципы, которые лежат в основе успешного внедрения возобновляемой энергетики в экстремальных условиях Крайнего Севера.

1. Принцип гибридации. Из-за высокой изменчивости генерации от ВИЭ в основе всех проектов лежит создание гибридных систем, где ВИЭ покрывают базовую нагрузку, а дизельное топливо используется как резерв [1].

2. Принцип децентрализации. Создание сети малых, локальных энергоцентров, привязанных к группам зданий или кварталам, позволяет снизить экономические издержки и повысить надежность электроснабжения [1, 6].

3. Принцип оптимального территориального планирования. Например, при размещении ветроэнергетических установок необходимо размещать их на наветренных по отношению к поселению возвышенностях, учитывать розу ветров для максимального использования потенциала и минимизировать турбулентность от зданий [2].

4. Принцип сезонности. Подразумевает выявление наиболее подходящих периодов года для использования тех или иных ВИЭ (например, смещение акцента с фотоэлектрических установок на другие типы ВИЭ во время полярной ночи и наоборот) [3].

5. Принцип интеграции в городскую инфраструктуру и архитектуру. Размещение генерирующих элементов (солнечных панелей, ветроулавливающих конструкций) непосредственно на зданиях и объектах городской инфраструктуры позволяет экономить пространство и внедрять ВИЭ [2].

6. Принцип учета мерзлотных условий. Подразумевает использование специальных инженерных решений: свайные фундаменты, системы антиобледенения лопастей, определенные углы наклона солнечных панелей, предотвращающие накопление снега [1].

Применение в автономных вахтовых модулях ВИЭ на базе солнечной, ветровой и тепловой энергии позволит создать резервный или даже основной источник электроэнергии, не зависящий от поставок топлива. Такое решение критически важно для создания комфортных и безопасных вахтовых поселений в регионах с экстремальными климатическими условиями.

#### **Использованные источники:**

1. Майоров М. Альтернативная энергетика в Арктике // GoArctic. – URL: <https://goarctic.ru/work/alternativnaya-energetika-v-arktike/> (дата обращения: 11.11.2022).

2. Энергосберегающие и энергоактивные здания // Экологический портал. – URL: <https://ecportal.su/public/industry/view/1084.html> (дата обращения: 10.11.2022).

3. U rad je puštena najsjevernija fotonaponska elektrana na svijetu [Электронный ресурс] // Bug.hr. – URL: <https://www.bug.hr/energetika/u-rad-je-pustena-najsjevernija-fotonaponska-elektrana-na-svijetu-35752> (дата обращения: 12.05.2024).

4. Кузнецов В. Ученые придумали, как добывать энергию из холода // Hi-News.ru. – URL: <https://hi-news.ru/technology/uchenye-pridumali-kak-dobuvat-energiyu-iz-xoloda.html> (дата обращения: 10.11.2022).

5. Выработка энергии из температурного градиента воды // ПроНедра. – URL: <https://pronedra.ru/vyirabotka-energii-iz-temperaturnogo-11357.html> (дата обращения: 14.11.2022).

6. Ny vindkraftteknologi for arktiske forhold [Электронный ресурс] // Ferd Magasinet. – 2025. – № 1. – URL: <https://ferd.no/ferdmagasinet/2025/utgave-1-2025/> (дата обращения: 12.05.2024).

*Контакты:*

*Таисия Сергеевна Осминина*

*Московский архитектурный институт (государственная академия),*

*Москва, Россия*

*[t.osminina@markhi.ru](mailto:t.osminina@markhi.ru)*

*Телефон 89103173635*