

# Перспективы автономного энергоснабжения изолированных объектов и поселений в арктических регионах РФ с применением водородных технологий

## Prospects of autonomic energy supply of isolated areas in Russian Arctic regions using hydrogen technologies

Владислав Карасевич  
Научный Сотрудник Лаборатории  
Водородной Энергетики Нтц Автономной  
Энергетики Мфти, К. Т. Н.  
E-Mail: Karasevich.va@mipt.ru

Vladislav KARASEVICH  
Researcher, Laboratory of Hydrogen Energetics of the  
Autonomic Energy R&D center of the Moscow Institute  
of Physics and Technology (MIPT), PhD (engineering)  
E-mail: karasevich.va@mipt.ru

Юрий Васильев  
Исполнительный Директор Нтц  
Автономной Энергетики Мфти  
E-Mail: Vasilev.uv@mipt.ru

Yuri VASILIEV  
Executive director of the Autonomic Energy R&D  
center of the MIPT  
E-mail: vasilev.uv@mipt.ru

Владимир Негримовский  
Заведующий Лабораторией Водородной  
Энергетики Нтц Автономной Энергетики  
Мфти, К. Х. Н.  
E-Mail: Negrimovsky.vm@mipt.ru

Vladimir NEGRIMOVSKY  
Head of Laboratory of Hydrogen Energetics of the  
Autonomic Energy R&D center of the MIPT, PhD  
(chemistry)  
E-mail: negrimovsky.vm@mipt.ru

Аннотация. В статье обсуждается текущее состояние и проблемы энергетического комплекса для изолированных объектов и поселений в арктических регионах России. На сегодняшний день в изолированных объектах поселений российской Арктики и Дальневосточного федерального округа проживает свыше 300 тыс. человек и расположено более 1 ГВт установленной электрической и 200 Гкал/ч тепловой мощности. В статье рассмотрены основные типовые решения по энергоснабжению изолированных объектов и поселений. На примере международной арктической станции «Снежинка» и водородных полигонов МФТИ показаны варианты организации эффективного низкоуглеродного энергоснабжения изолированного объекта с применением водородных технологий накопления энергии. В статье также показаны технологии и инженерные решения, которые МФТИ разрабатывает и отрабатывает на своих водородных полигонах.

*Ключевые слова:* автономное энергоснабжение, водородные системы хранения энергии, водородная энергетика

Abstract. The article discusses the current state and problems of the energy complex for isolated facilities and settlements in the Arctic regions of Russia. To date, more than 300 thousand people live in isolated settlements in the Russian Arctic and the Far Eastern Federal District and there are more than 1 GW of installed electric and 200 Gcal/h of thermal capacity. The article discusses the main typical solutions for the energy supply of isolated objects and settlements. Using the example of the International Arctic station «Snowflake» and the MIPT hydrogen landfills, options for organizing efficient low-carbon energy supply to an isolated facility using hydrogen energy storage technologies are shown. The article also shows the technologies and engineering solutions that MIPT develops and fulfills at its hydrogen landfills.

*Keywords:* distributed energy supply, hydrogen storage systems, hydrogen energy.



### Нетривиальным решением для систем теплоснабжения Арктики является использование геотермальных тепловых насосов с озерным коллектором

Проблема эффективного и экологичного энергоснабжения арктических территорий Российской Федерации является важной государственной задачей. На изолированных территориях живут миллионы россиян, а установленная мощность только электрогенерации превышает 1 ГВт [1]. По данным РЭА Минэнерго (неполным, так как работа по сбору и анализу информации

все еще продолжается) в зоне децентрализованного электроснабжения в границах Дальневосточного федерального округа и Арктической зоны расположены 527 населенных пунктов с населением более 300 тыс. человек, а общая установленная электрическая мощность генерации электроэнергии и тепла составляет 1 ГВт (500 МВт в поселениях, 500 МВт – на предприятиях горнодобывающей промышленности) и 200 Гкал/ч соответственно [2].

В 2020 г. был принят Указ Президента Российской Федерации от 05.03.2020 г. № 164 «Об основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 г.», в котором среди приоритетных направлений развития арктических территорий обозначены повышение качества жизни населения и охрана окружающей среды Арктической зоны Российской Федерации. Реализация этих направлений невозможна без развития в арктических регионах низкоуглеродной энергетике.

В настоящее время в мире реализуются крупные проекты по развитию возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и произ-



Рис. 1. Среднегодовая скорость ветра в России на высоте 50 м

Источник: [3]

водства с их помощью водорода, его транспортировки и использования в качестве топлива для различных видов транспорта; развивается производство «зеленого» углеводородного топлива и газификация жилого фонда. Сегодня водородная энергетика рассматривается как одно из ключевых направлений при реализации программ декарбонизации и достижения углеродной нейтральности – водород можно получать из низкоуглеродных источников и его использование в качестве энергоносителя не приводит к выбросам парниковых газов.

Важность использования низкоуглеродных технологий возобновляемой и водородной энергетики подчеркивается

**При выборе низкоуглеродных решений для энергоснабжения изолированного объекта важным фактором является наличие в районе энергетического потенциала для использования тех или иных технологий**

и в Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г., утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 октября 2021 г. № 3052-р.

### Основные низкоуглеродные технические решения по энергоснабжению изолированных объектов и поселений

При выборе низкоуглеродных решений для энергоснабжения изолированного объекта или поселения важным фактором является наличие в месте его расположения энергетического потенциала для использования тех или иных энергетических технологий. Например, если объект или поселение находятся на берегу реки или моря, то есть смысл рассмотреть использование энергии реки или моря (например, малые гидроэлектростанции, приливную энергетику при наличии створов, для более крупных объектов и поселений, таких как порты, можно рассмотреть плавучие атомные электростанции). В случае, если поселения достаточно далеки от воды, имеет смысл рассматривать решения на основе энергии

ветра. Наиболее универсальными решениями по выработке энергии, на которых будет акцентировано внимание в данной статье, и являются солнечная и ветровая генерация.

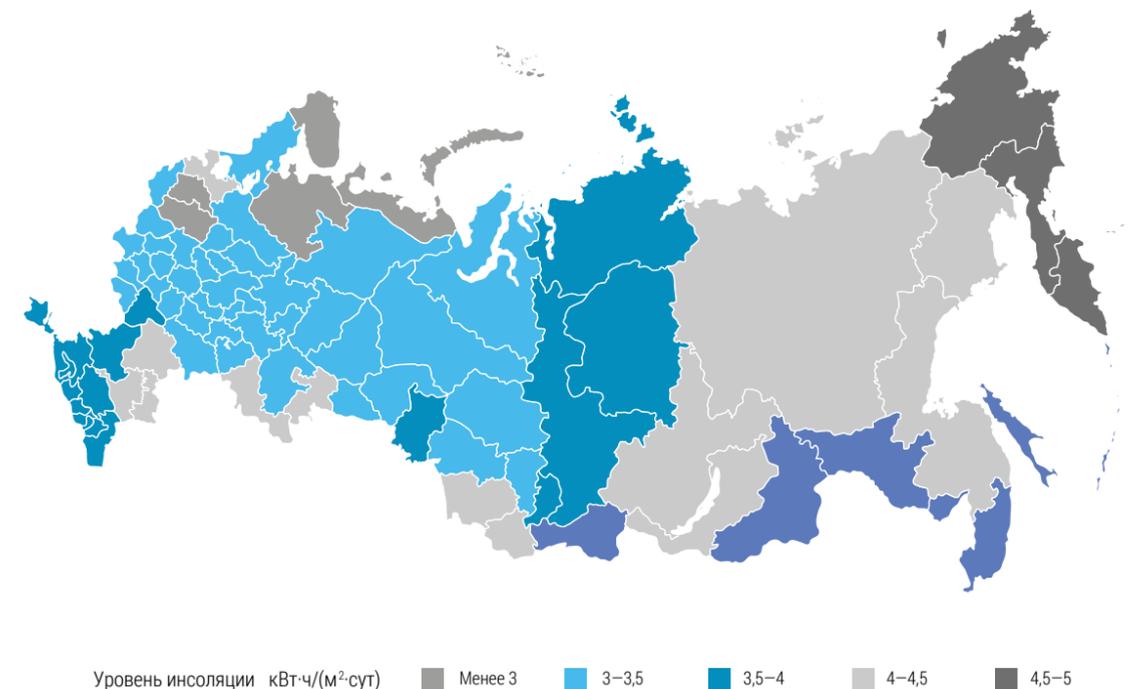
На рис. 1 показано, что Арктическая зона Российской Федерации обладает значительным потенциал выработки электроэнергии. Поэтому, при отсутствии других технических возможностей использования энергии ВИЭ (например, гидроэнергетики) именно ветер целесообразно рассматривать в качестве базового источника низкоуглеродного энергоснабжения.

На рис. 2 показан потенциал солнечной энергетики. Видно, что в арктических широтах суммарная солнечная радиация значительно ниже, чем в южных регионах России (рис. 3), а количество солнечных дней меньше (рис. 2). В арктических регионах использовать солнечную генерацию для выработки электроэнергии и тепла целесообразно в летнее время, в то время как в зимние месяцы выработка солнечной энергии будет стремиться к нулю.

Некоторые технические решения, такие как солнечные коллекторы, позволяют сократить расход дизельного топлива только в летний сезон, когда отопительная нагрузка минимальна и основное тепло

Рис. 2. Распределение суммарной солнечной радиации

Источник: [3]



**Некоторые решения, такие как солнечные коллекторы, позволяют сократить расход дизеля только в летний сезон, когда отопительная нагрузка минимальна и основное тепло идет на нагрев воды**

идет на нагрев воды для нужд горячего водоснабжения. Работающая на дизельном топливе котельная консервируется, а горячее водоснабжение осуществляется за счет возобновляемых источников энергии. Такие решения в арктической зоне успешно используются компаниями «АЛРОСА», «Сургутнефтегаз», «РЖД» и другие российские компании.

Одним из самых нетривиальных решений для систем теплоснабжения арктической зоны в России является использование геотермальных тепловых насосов с озерным (в некоторых странах, таких как Великобритания и Норвегия – мор-

## Ключевое значение для формирования и развития отрасли водородной энергетики на территории России имеет создание конкурентоспособного российского оборудования для водородной энергетики

ским) коллектором. Подобные проекты реализованы в норвежском Драммене, шотландском Куинз Куэйе, планируются к реализации в финском Салмисаари [4, 5]. При таком подходе используется тепло незамерзающей части арктического водоема, далее при применении теплового насоса теплоноситель может быть нагрет до 50 °С (достаточно для обогрева помещений с помощью теплых полов) и выше.

Так как основной спрос на энергоресурсы в арктической зоне возникает в период отопительного сезона (от 240 дней в году в Сыктывкаре до круглогодичного цикла (в поселке Диксоне на полуострове Таймыр), для выравнивания спроса и предложения на энергию целесообразно рассматривать применение систем накопления энергии (СНЭ). Наиболее популярные СНЭ на базе литий-ионных накопителей обладают хорошей манёвренностью и способны сглаживать суточные неравномерности энергопотребления, но даже в комбинации с ветряными электростанциями не позволяют запасти энергию для успешного

прохождения без применения дизельной генерации всего календарного года.

Применение проточных редокс батарей выглядит интересным решением, но пока что в России существует лишь в виде опытно-промышленных установок; например, проточная батарея ПАО «РусГидро» мощностью 10 кВт и емкостью 30 кВт·ч на полигоне компании на о. Русский [6].

В последнее время в качестве перспективного решения для запасания и хранения энергии рассматриваются водородные СНЭ, одним из российских разработчиков которых в контейнерном исполнении является МФТИ и которые подробнее рассмотрены в следующем разделе.

Автономное энергоснабжение изолированных арктических объектов также предусматривает развитие направления использования низкоуглеродного транспорта (вездеходы и БВС), для которых возобновляемая электроэнергия и низкоуглеродный водород также может быть источником энергии. Развитие электро- и водородного транспорта требует разработки и создания на изолированных территориях заправочной и зарядной инфраструктуры.

### Водородные технологические решения МФТИ

**Полярная станция «Снежинка».** Полярная международная арктическая станция (МАС) «Снежинка» (рис. 4), строительство которой запланировано в Ямало-Ненецком округе, в 70 км севернее Салехарда, является одним из самых интересных изолированных объектов с точки зрения организации автономного энергоснабжения

Рис. 3. Технологические решения для изолированных объектов



Источник: [6, 7]



Рис. 4. 3D-модель МАС «Снежинка»

В марте 2023 г. проект получил положительное заключение Главгосэкспертизы [8], строительство станции планируется завершить в 2025 г.

МАС «Снежинки» создается как исследовательский комплекс для проведения за полярным кругом междисциплинарных прикладных научных исследований, экспериментов, натурных испытаний передовых разработок в области возобновляемой и водородной энергетики, телекома, новых образцов строительных технологий (в первую очередь в части мониторинга и термостабилизации вечномерзлых грунтов), робототехнических средств для сурового климата, медицинских арктических изделий, решений в области продовольственной безопасности.

Предполагается, что станция будет работать преимущественно на ВИЭ (дизельная электрогенерация также предусмотрена в качестве резервной). На территории станции будет работать ветровая и солнечная электростанции мощностью 1,1 МВт и 200 кВт соответственно, отопление комплекса планируется осуществлять с помощью тепловых насосов используя низкопотенциальное тепло соседнего озера.

Для того, чтобы минимизировать использование дизельного топлива, на станции будут установлены бата-

реи литий-ионных аккумуляторов – для сглаживания кратко- и среднесрочных дисбалансов выработки и потребления электроэнергии, и водородная система накопления энергии (водородная СНЭ), задействовать которую планируется в периоды длительной нехватки выработанной из ВИЭ электроэнергии.

В состав водородной СНЭ входят модули генерации, хранения водорода и выработки из него энергии. Так, при получении водорода электролизом воды модуль генерации водорода состоит из блока водоподготовки, непосредственно электролизного блока и блока осушки водорода. При использовании в электролизерах

**На Ямальском полигоне будут обрабатываться технологии производства H<sub>2</sub> на электролизёрах с анионообменной мембраной и твердооксидных электролизерах, его хранение в металлгибридах и аммиаке**



Проект Полярной международной арктической станции «Снежинка»

Источник: [ekogradmoscow.ru](http://ekogradmoscow.ru)

жидкостного охлаждения появляется возможность использования выделяемого при электролизе тепла (до 2 кВт·ч на 1 м<sup>3</sup> произведенного водорода в зависимости от электролизера). Хранение водорода может осуществляться в сжатом, сжиженном или связанном состоянии (в виде аммиака с его последующим дегидрированием или в металлгидридных хранилищах). Газообразный водород возможно хранить как под давлением его выхода из блока осушки (обычно до 35 бар), так и при более высоком давлении вплоть до 350 бар и выше после дополнительного сжатия. Для получения из водорода электроэнергии и тепла применяются топливные элементы и водородные котлы соответственно. При применении топливных элементов с жидкостным охлаждением также появляется возможность использовать образующееся низкопотенциальное тепло (до 2 кВт·ч на 1 м<sup>3</sup> водорода) для нужд теплоснабжения.

В связи с инерционностью водородных СНЭ в их состав входит также литий-ионные накопители с соответствующими инверторами для балансирования энергии на коротких промежутках времени.

**Водородные полигоны.** Ключевое значение для формирования и развития отрасли водородной энергетики на территории Российской Федерации имеет создание

конкурентоспособного российского оборудования для водородной энергетики, его тестирование, апробация и использование в российских проектах по производству водорода. С целью развития новых водородных технологий и инженерных решений в рамках федерального проекта «Чистая энергетика» МФТИ реализует проекты по созданию двух водородных полигонов: водородный полигон на базе МАС «Снежинка» (Ямальский полигон), и Центр водородного инжиниринга с опытным полигоном в Сахалинской области (Сахалинский полигон).

На Ямальском водородном полигоне будут отработываться технологии производства водорода на электролизёрах с анионообменной мембраной и твердооксидных электролизерах, хранения водорода в металлгидридах, аммиаке и в сжиженном виде, использование водорода для выработки тепла (каталитические и конвенциональные водородные котлы), электроэнергии (твердооксидные топливные элементы) и на транспорте (водородная АЗС, транспортные средства на водороде). Все технологии реализуются в контейнерном исполнении и вошли в новую редакцию сборника Минпромторга «Российские компетенции водородной промышленности» [9], готовящуюся к переизданию в 2023 г.

На Сахалинском водородном полигоне помимо создания тестовой инфраструктуры в Южно-Сахалинске планируется создание 4-х пилотных проектов на объектах реального сектора экономики области. С помощью водорода, производство которого будет осуществляться электролизом воды с использованием солнечной электроэнергии, будет осуществляться энергоснабжение вышек сотовой связи, на примере поселка Новиково будет отработываться применение автономных систем накопления энергии ВИЭ в водороде для энергоизолированных поселков и объектов. На площадке в Южно-Сахалинске планируется размещение водородной АЗС и заправка водородом городской коммунальной техники, на полигоне также будут апробироваться мобильные водородные энергостанции для полевых лагерей ликвидации последствий ЧС.

## Выводы

Для автономного энергоснабжения изолированных объектов и поселений Арктического и Дальневосточного регионов РФ реализуется ряд проектов с использованием низкоуглеродных технологий на базе возобновляемых источников энергии и систем ее хранения. Это позволит снизить затраты на энергоснабжение за счет замены дорогого в логистике дизельного топлива на локальные энергоресурсы (прежде всего на солнечную и ветровую энергию), повысить надежность энергоснабжения (отсутствует транспортная составляющая), сократить

негативное воздействие энергоснабжения объектов/поселений на окружающую среду.

Разрабатываемые МФТИ совместно с промышленными и научными партнерами инженерные решения в арктическом контейнерном исполнении позволяют апробировать передовые технологии и подходы надежного низкоуглеродного энергоснабжения с применением водородных СНЭ. В дальнейшем разработанные технические решения как по отдельности, так и в составе энергосистем, могут успешно тиражироваться для других объектов и поселений Арктического региона РФ.



СНЭ на водороде

Источник: [energy.sandia.gov](http://energy.sandia.gov)

## Использованные источники

1. Объекты генерации в изолированных и труднодоступных территориях в России. Аналитический доклад АЦ при Правительстве РФ, 2020 г. – URL: [https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/analitika/%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8\\_%D0%B2\\_%D0%98%D0%A2%D0%A2.pdf](https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/analitika/%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8_%D0%B2_%D0%98%D0%A2%D0%A2.pdf)
2. Интернет-сайт ПЭА Минэнерго. – URL: <https://rosenergo.gov.ru/press-center/news/dalnij-vostok-i-regiony-arktiki-poluchat-investitsionnyu-kartu-obektov-promyshlennoy-raspredeleynoy/>
3. Зимин П. Ю., Кучин В. И. Альтернативная энергетика для повышения эффективности разработки нефтегазовых месторождений // *Neftegaz.RU*. № 11, 2020. – URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/arktika/639046-alternativnaya-energetika-dlya-povysheniya-effektivnosti-razrabotki-neftegazovykh-mestorozhdeniy/>
4. Интернет-сайт компании Star Refrigeration. – URL: <https://www.star-ref.co.uk/case-studies/industrial-heating/queens-quay/>
5. The € 400m seawater heat recovery project in Finland // Интернет-издание *Industry Europe*. 2022 г. – URL: <https://industryeurope.com/sectors/energy-utilities/the-400m-seawater-heat-recovery-project-in-finland/>
6. ГК «ИнЭнерджи». – URL: <https://inenergy.ru/projects/#rec530853110>
7. Карасевич В. А. Основы водородной энергетики: Учебное пособие //
8. Издательство РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина. 2023. С. 72. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=53975845>
9. Интернет-сайт Главгосэкспертизы. – URL: <https://gge.ru/press-center/news/snezhinka-vykhodit-na-start-glavgosexpertiza-odobrila-proekt-mezhdunarodnoy-arkticheskoy-stantsii/>
10. Российские компетенции водородной промышленности. Сборник Минпромторга. – URL: <https://minpromtorg.gov.ru/docs/5d77b582-6423-40b9-b33f-406f50994aba>