

УДК 338.49

***ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ  
ГЕНЕРАЦИИ ЭНЕРГИИ В ИНФРАСТРУКТУРЕ СЕВЕРНОГО  
МОРСКОГО ПУТИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ***

***Коломенцева В.С.***

*студент,*

*Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,  
Москва, Россия*

***Королёв С.А.***

*аспирант,*

*Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,  
Москва, Россия*

**Аннотация**

В статье приведён анализ потенциальных источников энергоснабжения инфраструктуры Северного морского пути с точки зрения целесообразности их использования. В ходе анализа было установлено, что невозможно выбрать единственный способ генерации энергии, так как у территорий СМП различные потребности. Также отмечено, что условия крайнего Севера существенно усложняют работу объектов генерации, в связи с этим необходим инновационный подход к управлению энергоснабжением – использование цифровых двойников.

**Ключевые слова:** Северный морской путь, энергоснабжение, Росатом, цифровой двойник, цифровая трансформация.

***ASSESSMENT OF THE PROSPECTS FOR THE USE OF VARIOUS  
ENERGY GENERATION FACILITIES IN THE INFRASTRUCTURE OF  
THE NORTHERN SEA ROUTE IN THE CONTEXT OF DIGITAL  
TRANSFORMATION***

***Kolomentseva V.S.***

*student*

*National research nuclear university «MEPhI»,  
Moscow, Russia*

***Korolev S.A.***

*student*

*National research nuclear university «MEPhI»,  
Moscow, Russia*

### **Annotation**

The article provides an analysis of potential sources of energy supply to the infrastructure of the Northern Sea Route from the point of view of the expediency of their use. In the course of the analysis, it was found that it is impossible to choose the only way to generate energy, since the territories of the NSR have different needs. It was also noted that the conditions of the Far North significantly complicate the operation of generation facilities, in this regard, an innovative approach to energy supply management is required - the use of digital twins.

**Keywords:** Northern Sea Route, energy supply, Rosatom, digital twin, digital transformation.

Более 20% территории Российской Федерации находится за полярным кругом, а одну треть Северного Ледовитого океана занимает арктический шельф российских морей. В данном регионе сосредоточены значительные запасы минеральных ресурсов, а также нефтяных и газовых месторождений. Арктика несёт в себе огромный потенциал, способный обеспечить дальнейшее экономическое развитие РФ.

Одной из первоочередных задач в Арктике является создание надежной современной транспортной системы для улучшения условий жизнедеятельности, а также освоения территорий Крайнего Севера. Морской транспорт является основным для Арктики, поэтому интеграция Северного морского пути в мировую транспортную систему необходима в ближайшем

Вектор экономики | [www.vectoreconomy.ru](http://www.vectoreconomy.ru) | СМИ ЭЛ № ФС 77-66790, ISSN 2500-3666

обозримом будущем. В 2018 году единым инфраструктурным оператором Северного морского пути стала Госкорпорация «Росатом». Представленный Госкорпорацией проект деятельности по развитию СМП будет являться частью цифровой трансформации экономической деятельности РФ.

Развитие Северного морского пути невозможно без обновления атомного ледокольного флота. Госкорпорация заявила о своих планах ввести в эксплуатацию до 2035 года 8 новых атомных ледоколов, которые бы обеспечили круглогодичную навигацию по главной морской магистрали РФ. Энергоснабжение распределенной инфраструктуры, относящейся к атомному ледокольному флоту, должно быть бесперебойным, безопасным и экономически эффективным. Поэтому сейчас вопрос энергоснабжения такого децентрализованного региона как Арктика остаётся открытым.

Цель исследования – сравнить возможные виды электрогенерации и выбрать наиболее подходящие для инфраструктуры Северного морского пути, а также подобрать технологии в рамках программы цифровой трансформации, которые обеспечат стабильную работу.

Энергоснабжение в Арктике включает две категории – электроснабжение и теплоснабжение. Нестабильное электроснабжение может спровоцировать возникновение кризисных ситуаций во всей экономической деятельности региона, в частности, в производственной. В свою очередь перебои или нехватка теплоснабжения в условиях Севера крайне критично сказывается на общей жизнедеятельности человека. Учитывая размер Арктической территории РФ, в различных ее регионах существуют отличные друг от друга условия для энергоснабжения, в связи с чем единого решения, которое могло бы быть применено для всей инфраструктуры СМП, не существует.

Система энергообеспечения инфраструктуры на территориях, относящихся к маршруту СМП, на данный момент в основном представлена автономными дизельными электростанциями (около 900 единиц). Также в Вектор экономики | [www.vectoreconomy.ru](http://www.vectoreconomy.ru) | СМЭЛ № ФС 77-66790, ISSN 2500-3666

некоторых районах используются ВЭС, СЭС и ПЭС, однако их доля невелика [1]. Отсутствие транспортной инфраструктуры в децентрализованных районах, создаёт необходимость так называемого «северного завоза» – мер, принимаемых государством, по обеспечению децентрализованных районов продовольствиями и нефтепродуктами, преимущественно с помощью авиаперевозок. Доставка необходимого для работы ДЭС топлива подобным образом приводит к аномально высоким тарифам на электричество [2].

Отсутствие стабильного энергоснабжения приводит к малонаселенности территорий Севера и социально-экономической напряженности. Для устойчивого развития протяженных Арктических территорий необходимо создание децентрализованной автономной системы энергообеспечения, которая не будет зависеть от дорогого по стоимости поставок органического топлива. Одним из перспективных решений может стать альтернативная энергетика, которая будет основываться на использовании возобновляемых источников энергии.

Препятствием развития солнечной энергетики в качестве основного источника энергоснабжения в Арктике является ярко выраженная сезонность – дефицит солнечного света во время полярной ночи, что не позволяет использовать солнечные установки на постоянной основе.

Скорость ветра на территориях, прилегающих к побережью СМП, в среднем находится в диапазоне от 6 до 8 м/с. Это открывает перспективы для использования ветроэнергетических установок в регионе. Но при этом основной проблемой становится сложность обслуживания и затраты на конструкции — в суровом климате стоимость установки, обслуживания и эксплуатации вырастает в разы за счет использования специальных морозоустойчивых материалов. Прогнозы климатологов, касающиеся изменения арктического климата, говорят о том, что по мере потепления в регионе будет наблюдаться многократное усиление частоты и силы ветров, что повышает привлекательность энергии ветра в регионе.

Использование энергии приливных электростанций на данный момент носит экспериментальный характер, однако в перспективе высота приливов на отдельных участках Северного Ледовитого океана позволила бы обеспечить электроэнергией прибрежную инфраструктуру СМП. На текущий момент этот вид энергоснабжения не может рассматриваться в качестве основного, так как все разработки находятся только в стадии проектирования, а действующая в России Кислогубская ПЭС не выходит на промышленную генерацию энергии.

Одним из проектов по энергообеспечению инфраструктуры СМП стали плавучие атомные электростанции. В России на данный момент построена и введена в эксплуатацию единственная ПАТЭС - «Академик Ломоносов» с установленной мощностью проекта 70 МВт. На строительство плавучего блока ушло около 30 миллиардов рублей, стоимость береговых сооружений – 7 миллиардов рублей [3]. Станция расположена в г. Певек Чукотского АО, однако она не сможет в полной мере заменить Билибинскую АЭС, последний энергоблок которой планируется вывести из эксплуатации в 2021 году. ПАТЭС «Академик Ломоносов» каждые 10-12 лет будет нуждаться в ремонте и перезагрузке топлива, что в среднем будет занимать около года.

АСММ в отличие от ПАТЭС по своей стоимости выигрывают, но их сооружение также создает ряд проблем. Экономическая целесообразность их использования присутствует только в ряде отдельных проектов [4].

Использование петротермальной энергии в условиях крайнего севера невозможно из-за слоя вечной мерзлоты и наличия рядом акватории. Технология гидроразрыва, используемая в строительстве скважин для этого вида энергоснабжения, может привести к непредсказуемым последствиям.

Результаты проведенного анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Преимущества и недостатки источников энергоснабжения для территорий СМП

<b>Вид энергоснабжения</b>	<b>Преимущества</b>	<b>Недостатки</b>	<b>Экономическая обоснованность</b>
ДЭС (настоящее время)	– Не требует вложений в создание новых способов электрогенерации	– Высокая стоимость энергии – Экологическое загрязнение воды и воздуха – Перебои в энергоснабжении	Нет (в использовании в чистом виде)
СЭС	– Экологически чистая энергия	– Сезонность (полярная ночь)	Нет
ВЭС	– Экологически чистая энергия	– Низкий КИУМ	Нет (в использовании в чистом виде)
ПЭС	– Экологически чистая энергия	– Находится в стадии исследования и разработки – Возможно изменение океанической флоры и фауны	Нет
ПАТЭС	– Высокий КИУМ	– Высокая стоимость как самого плавучего блока, так и береговых сооружений – Все недостатки АСММ	Да (для отдельных проектов)
АСММ	– Высокий КИУМ	– Требуется высокий уровень безопасности – Требуется наличие большого штата персонала – Низкий запас уранового топлива – Угроза ядерной катастрофы	Да (для отдельных проектов)
Петротермальная энергетика	– Экологически чистая энергия – Дешёвая энергия	– Опасность применения технологии гидроразрыва в условиях Севера	Нет

На основе проведенного анализа можно сказать, что ни один из источников энергии невозможно сделать единственным на территориях побережья вдоль СМП.

На данный момент наиболее экономически обоснованным вариантом является создание автономных энергетических комплексов ДЭС + ВЭС. Во время эффективной работы ветроустановок, дизельные генераторы могут работать на неполной мощности или же отключаться совсем, что позволит сильно экономить ископаемое топливо и сократить выбросы вредных веществ в атмосферу в несколько раз. Для ряда промышленных проектов могут использоваться плавучие атомные электростанции и атомные электростанции малой мощности.

Переход на возобновляемые источники и внедрение новых технологий неизбежно приводит к росту сложности системы. Появляются узкие места, о которых не было известно в процессе экспериментов или пилота проектов, все сложнее становится обслуживание данных систем [5].

Выбранные источники генерации энергии и так довольно сложны в своей эксплуатации, а в условиях крайнего Севера их использование будет осложнено ещё больше, именно поэтому необходим особый контроль над энергетическими установками. Такой контроль могут обеспечить виртуальные электростанции, созданные на основе концепции цифровых двойников.

Цифровой двойник (Digital Twin, DT) — это виртуальная копия технического объекта, достоверно воспроизводящая и задающая структуру, состояние и поведение оригинала в реальном времени [6].

В феврале 2020 года Департамент коммуникаций АО «Концерн Росэнергоатом» (головная компания электроэнергетического дивизиона ГК «Росатом») объявил, что в промышленную эксплуатацию принят программно-технический комплекс «Виртуально-цифровая атомная электростанция с реактором ВВЭР» [7]. Платформа была разработана АО «ВНИИАЭС» совместно с ИБРАЭ РАН.

Виртуальный двойник АЭС можно легко представить как некую специальную программу, которая отображает абсолютно все процессы, происходящие с реактором, турбинами, градирнями и т.д. Возможно

формирование команд для управления режимами работы энергоблока, а через показания датчиков можно получить «обратную связь» — реакцию атомной станции в ответ на них [8].

Это можно образно сравнить с моделированием живого организма в постоянном движении. Система позволяет моделировать, а также отрабатывать разные режимы работы энергоблоков: начиная от стандартной эксплуатации до всевозможных внештатных ситуаций. Данная платформа также является основой для создания тренажёров, которые позволят максимально безопасно повысить квалификацию персонала.

Проект является пилотным и разработан специально для энергоблока №1 Нововоронежской АЭС-2, в будущем планируется адаптировать ПТК под энергоблоки других типов.

Такая адаптация обеспечила бы высокий уровень безопасности выбранных объектов генерации энергии для инфраструктуры СМП, позволив проанализировать их поведение в условиях крайнего Севера.

Развитие СМП и Арктики является приоритетным во внутриэкономической деятельности РФ. В первую очередь должны выполняться сценарии развития, предполагающие создание и усовершенствование инфраструктуры. Комплекс модернизационных мероприятий является безусловно дорогостоящим и не предполагает мгновенной окупаемости затрат. Использование единого способа энергогенерации в условиях Арктики не представляется возможным. Наиболее перспективными для энергообеспечения объектов СМП являются автономные энергетические комплексы ДЭС+ВЭС, а также ПАТЭС и АСММ.

Для моделирования поведения энергоисточников в Арктическом регионе перспективным является использование цифровых двойников, разработка которых активно ведется в настоящее время в том числе при участии единого инфраструктурного оператора СМП - Госкорпорации «Росатом». Эксперты прогнозируют стремительный рост числа виртуальных

Вектор экономики | [www.vectoreconomy.ru](http://www.vectoreconomy.ru) | СМЭЛ № ФС 77-66790, ISSN 2500-3666

электростанций, они постепенно преодолеют как экономически-юридические, так и технические барьеры.

Учитывая активную цифровую трансформацию, в ближайшем будущем ожидается существенное преобразование энергетического рынка, который станет тесно связан с виртуальными электростанциями, умным распределением энергетических резервов, использованием больших данных и оптимизацией энергопотребления всех участников рынка [9]. Использование новых подходов в сценариях развития инфраструктуры Арктики может стать существенным преимуществом для автономных энергосистем – они станут менее уязвимыми в случае внештатных ситуаций.

#### **Библиографический список:**

1. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика / В.В. Елистратов. – 3-е изд., доп. – СПб: Изд-во Политехн. Ун-та, 2016. – 424 с
2. Коробов В.Б., Сербин Ю.В., Тутыгин А.Г., Чижова Л.А., Антипов Е.О. Проблемы энергетического обеспечения транспортной инфраструктуры прибрежных и островных территорий Арктической зоны Российской Федерации// Региональная экономика и управление: электронный научный журнал.— 2019. - №1 (57).
3. Стоимость первой в мире плавучей АЭС на Чукотке оценивается в 30 млрд рублей // Ведомости. [2016]. URL: <https://www.vedomosti.ru/newspaper/last> (Дата обращения: 07.12.2020)
4. Саркисов А. А., Смоленцев Д. О., Антипов С. В., Биладенко В. П., Шведов П. А. Экономическая эффективность и возможности применения атомных энергоисточников мегаваттного класса в Арктике // Арктика: экология и экономика. — 2018. — № 1 (29).
5. Тупчиенко В.А., Путилов А.В., Харитонов В.В., Гусева А.И., Киреев В.С., Бочкарёв П.В., Кузнецов И.А., Крянев А.В., Силенко А.Н., Юшков Е.С., Аликова О.П., Ростовский Н.С., Смирнов Д.С. Цифровые Вектор экономики | [www.vectoreconomy.ru](http://www.vectoreconomy.ru) | СМИ ЭЛ № ФС 77-66790, ISSN 2500-3666

платформы управления жизненным циклом комплексных систем / Под ред. В.А. Тупчиенко. - М.: Научный консультант, 2018. 439 с

6. Росатом создаёт виртуальную АЭС // Атомный эксперт. [2018]. – URL: [http://atomicexpert.com/virtual\\_npp\\_rosatom](http://atomicexpert.com/virtual_npp_rosatom) (Дата обращения: 05.11.2020)

7. Росэнергоатом: виртуально-цифровая АЭС принята в эксплуатацию // Росэнергоатом. [Москва, 2020]. URL: [https://www.rosenergoatom.ru/zhurnalistam/news/34299/?sphrase\\_id=53190](https://www.rosenergoatom.ru/zhurnalistam/news/34299/?sphrase_id=53190) (Дата обращения: 07.11.2020)

8. Разработанная ВНИИАЭС и ИБРАЭ РАН виртуально-цифровая АЭС принята в эксплуатацию в «Концерне Росэнергоатом» // Атомная энергия 2.0. [2020]. URL: <https://www.atomic-energy.ru/news/2020/02/26/101712> (Дата обращения: 01.11.2020)

9. Путилов А. В., Матицин И. Н., Королев С. А.. "Большие данные", их обработка и анализ - основа планирования развития Арктики // Труды Вольного экономического общества России. Т. 216. - М., 2019. С. 158-165.

*Оригинальность 85%*