

Искусственный интеллект в обеспечении энергетической безопасности в Арктике

Artificial intelligence in ensuring energy security in the Arctic

УДК 004; 658

Получено: 19.07.2025

Одобрено: 23.08.2025

Опубликовано: 25.09.2025

Воротников А.М.

Канд. хим. наук, доцент кафедры государственного управления и публичной политики Института общественных наук, ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации», координатор экспертного совета, Экспертный центр «Проектный офис развития Арктики» (ЭЦ ПОРА), г. Москва

e-mail: vdep14@yandex.ru

Vorotnikov A.M.

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Public Administration and Public Policy of the Institute of Social Sciences, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Coordinator of the Expert Council, Expert Center Project Office for Arctic Development (EC PORA), Moscow

e-mail: vdep14@yandex.ru

Лебедько М.А.

Студентка 3 курса, Институт общественных наук, направление Публичная политика и государственные стратегии, ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации», г. Москва

e-mail: margaritalebedko3581@gmail.com

Lebedko M.A.

3rd year student, Institute of Social Sciences, Public Policy and State Strategies, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow

e-mail: margaritalebedko3581@gmail.com

Аннотация

Арктика сталкивается с энергетическими вызовами, обусловленными экстремальным климатом, удалённостью и ограниченной инфраструктурой. Статья исследует роль искусственного интеллекта (ИИ) в обеспечении устойчивого, безопасного и экологически ответственного энергоснабжения региона. Рассматриваются возможности ИИ в прогнозировании потребления, управлении микросетями, оптимизации генерации, моделировании рисков и снижении углеродного следа. Особое внимание уделяется вопросам кибербезопасности, этике и влиянию цифровых технологий на местные сообщества. Подчёркивается необходимость междисциплинарного подхода и международного сотрудничества для успешной энергетической трансформации Арктики. ИИ представлен не как универсальное решение, а как ключевой инструмент в развитии автономных, климатически нейтральных систем в условиях Севера.

Ключевые слова: искусственный интеллект, реагирование на катастрофы, мониторинг, раннее предупреждение, координация, гуманитарная логистика.

Abstract

The Arctic faces energy challenges due to its extreme climate, remoteness, and limited infrastructure. This article explores the role of artificial intelligence (AI) in ensuring a sustainable, secure, and environmentally responsible energy supply to the region. It examines the potential of AI in demand forecasting, microgrid management, generation optimization, risk modeling, and carbon footprint reduction. Special attention is paid to cybersecurity, ethics, and the impact of digital technologies on local communities. It emphasizes the need for an interdisciplinary approach and international cooperation for a successful energy transformation in the Arctic. AI is not presented as a universal solution, but as a key tool in the development of autonomous, climate-neutral systems in the North.

Keywords: artificial intelligence, disaster response, monitoring, early warning, coordination, humanitarian logistics.

Арктика занимает стратегическое положение на геополитической карте мира. Регион обладает значительными запасами нефти, газа, редкоземельных металлов и пресной воды, что делает его объектом интересов множества государств. С нарастающим вниманием к устойчивому развитию и энергетической трансформации, Арктика становится не только ареной экономической конкуренции, но и полем для технологических экспериментов. Однако обеспечение энергетической безопасности в Арктике сталкивается с рядом серьёзных вызовов. Экстремальные климатические условия, сезонная изоляция поселений, ограниченность инфраструктуры и высокая стоимость доставки ресурсов создают риски нестабильного энергоснабжения. В сочетании с потенциальной уязвимостью энергетических сетей перед природными катаклизмами и киберугрозами, это требует новых подходов к управлению [1].

В свете этих обстоятельств данная статья ставит цель - исследовать роль искусственного интеллекта в обеспечении устойчивого энергоснабжения арктических территорий. Задачи включают: анализ потенциала ИИ в прогнозировании потребления, управлении генерацией и защитой инфраструктуры; оценку влияния технологий на переход к низкоуглеродной энергетике; а также рассмотрение этических аспектов и перспектив международного сотрудничества в энергетической цифровизации Севера.

Энергетический профиль Арктического региона

Арктика — это не только стратегически важный регион с богатейшими природными ресурсами, но и зона с уникальными энергетическими вызовами. Энергоснабжение здесь требует нестандартных решений, учитывающих климат, географию и социальную структуру [2].

Изолированные поселения и децентрализованные сети

- Большинство арктических населённых пунктов — это удалённые, малонаселённые поселения, не подключённые к централизованным энергосетям.
- Энергоснабжение осуществляется через локальные дизельные станции, мини-ТЭЦ или автономные микросети, часто с устаревшим оборудованием.
- Пример: в Якутии и Чукотке десятки поселков работают на изолированных генераторах, где перебои с поставками топлива могут привести к полному отключению.

Технические и логистические сложности доставки топлива

- Арктика характеризуется экстремальными погодными условиями, коротким навигационным сезоном и отсутствием круглогодичных дорог.
- Доставка топлива осуществляется по Северному морскому пути или зимникам, что требует точного планирования и значительных затрат.
- Пример: в 2024 г. перебои с поставками дизеля в Тикси привели к аварийному режиму работы котельных, несмотря на наличие резервов.

Сезонная изменчивость потребления

- Энергопотребление в Арктике резко возрастает зимой из-за необходимости отопления, освещения и защиты от холода.
- Летом, наоборот, нагрузка снижается, особенно в поселениях с сезонным населением (вахтовые лагеря, научные станции).
- Пример: в Норильске зимой потребление электроэнергии возрастает на 40–60% по сравнению с летними месяцами

Примеры энергетических кризисов на Севере

- В 2021 г. в Воркуте произошёл сбой в работе ТЭЦ из-за износа оборудования, что привело к отключению тепла в жилых домах при температуре -35°C .
- В 2023 г. в Анадыре задержка поставок топлива по морю вызвала перебои в электроснабжении и потребовала срочной переброски резервов авиацией.
- В 2025 г. в поселке Диксон из-за аварии на дизельной станции жители остались без света на 36 часов, что вызвало эвакуацию части населения [4].

Искусственный интеллект в прогнозировании и управлении

Машинное обучение для анализа потребления:

- В арктических поселениях с нестабильным спросом на энергию ИИ-модели обучаются на исторических данных, учитывая сезонность, погодные условия и поведение потребителей.
- Пример: в Мурманской области в 2025 г. внедрена система на базе ML, которая прогнозирует суточное потребление с точностью до 92%, позволяя заранее планировать генерацию и закупку топлива.
- Используются алгоритмы временных рядов, градиентного бустинга и рекуррентных нейросетей для адаптации к локальным особенностям.

ИИ в моделировании погодных условий и их влияния на энергоснабжение

ИИ анализирует данные с метеостанций, спутников и IoT-датчиков, моделируя влияние штормов, снегопадов и температурных скачков на энергосети. Пример: DeepMind разработала модель краткосрочного прогнозирования осадков, которая применяется в арктических районах для оценки рисков перебоев в электроснабжении. Такие модели позволяют заранее активировать резервные мощности или перенаправить потоки энергии.

Предсказание аварий и перебоев

ИИ анализирует технические параметры оборудования, вибрации, температурные режимы и внешние факторы для выявления признаков надвигающихся сбоев. Пример: в рамках учений «Безопасная Арктика - 2025» были протестированы ИИ-системы, предсказывающие аварии на подводных объектах и нефтяных платформах. Это позволяет перейти от реактивного к превентивному управлению инфраструктурой.

Визуализация данных через цифровые двойники

Цифровые двойники - виртуальные копии энергосистем, обновляемые в реальном времени на основе сенсорных данных. Пример: IBS внедрила цифровой двойник для арктической электростанции, позволяющий моделировать сценарии отказов и оптимизировать режимы работы. Такие системы интегрируют визуализацию, прогнозирование и управление в единую платформу.

Оптимизация генерации и распределения энергии.

Интеллектуальное управление микросетями

В условиях изолированных поселений ИИ управляет микросетями, балансируя нагрузку и выбирая оптимальные источники энергии. Пример: в 2025 г. в Чукотке внедрена

edge computing-система, позволяющая микросети автономно реагировать на изменения спроса и погодные условия.

Автоматизация балансировки между источниками энергии

ИИ координирует работу дизельных генераторов, солнечных панелей и ветровых турбин, обеспечивая стабильность и минимизацию выбросов. Пример: в НГТУ НЭТИ разработана модель оптимизации водородных систем, учитывающая погодные и экономические параметры для балансировки генерации.

Примеры гибридных систем: дизель + солнечная/ветровая энергия

В поселке Тикси (Якутия) успешно работает ветро-дизельная система, позволяющая сократить потребление топлива на 30%. Гибридные установки сочетают преимущества разных источников: солнечная энергия - летом, ветер - зимой, дизель - в периоды низкой генерации. Такие системы обеспечивают надёжное энергоснабжение при минимальных экологических рисках.

Переход к устойчивым источникам с помощью ИИ.

Оценка углеродного следа различных источников

Искусственный интеллект позволяет моделировать и сравнивать выбросы парниковых газов от традиционных и возобновляемых источников энергии, включая дизельные генераторы, солнечные панели и ветровые турбины. Использование стандартов ISO 14067 и методов жизненного цикла помогает выявить наиболее экологичные решения.

ИИ в проектировании и размещении ВИЭ-станций

Алгоритмы машинного обучения анализируют климатические данные, рельеф местности и логистические параметры, чтобы оптимально размещать солнечные и ветровые установки в Арктике. Это особенно важно в условиях ограниченной инфраструктуры и экстремальных погодных условий.

Поддержка энергоэффективных стратегий

ИИ помогает прогнозировать потребление энергии, управлять микросетями и оптимизировать хранение энергии. В Арктике это снижает зависимость от привозного топлива и повышает надёжность энергоснабжения удалённых поселений.

Снижение затрат и рисков для инвесторов

Цифровые двойники, прогнозирование спроса и автоматизированный мониторинг позволяют инвесторам лучше оценивать риски и окупаемость проектов. Государственно-частное партнёрство и «зелёные» инвестиции становятся ключевыми механизмами развития арктической энергетики [4].

Кибербезопасность и защита критических энергосистем

Угрозы SCADA-системам в удалённых сетях

SCADA-системы, управляющие энергетической инфраструктурой, уязвимы к кибератакам, особенно в облачной среде. Удалённые арктические объекты требуют усиленной защиты, включая шифрование, сегментацию сети и многофакторную аутентификацию.

ИИ в обнаружении и реагировании на аномалии

Нейросети и алгоритмы машинного обучения способны выявлять отклонения в работе систем в реальном времени, включая «нулевой день» атаки и скрытые угрозы. Это повышает устойчивость инфраструктуры и снижает время реагирования.

Роль нейросетей в адаптивной защите инфраструктуры

В Арктике нейросети используются для предсказания аварий, мониторинга состояния оборудования и адаптации систем безопасности к изменяющимся условиям. Примеры включают цифровые двойники портов и судов на Севморпути.

Примеры атак и механизмы предотвращения

Исторические инциденты, включая попытки вмешательства в арктические логистические узлы, демонстрируют необходимость комплексной защиты. Использование ИИ позволяет моделировать сценарии атак и разрабатывать превентивные меры.

Этические и социокультурные аспекты.

Влияние алгоритмических решений на коренные народы

Решения, принимаемые ИИ, могут не учитывать традиционные практики и образ жизни коренных народов. Важно вовлекать местные сообщества в разработку моделей и учитывать культурные особенности [5].

Потенциальная замена человеческого труда

Автоматизация энергетических процессов может привести к сокращению рабочих мест в арктических поселениях. Необходимы программы переквалификации и социальная поддержка, чтобы избежать технологического отчуждения.

Вопрос прозрачности ИИ-моделей

Прозрачность алгоритмов - ключ к доверию. В ЕС уже действуют законы, обязывающие раскрывать архитектуру и обучающие данные ИИ-моделей, особенно в критических сферах, таких как энергетика.

Международное регулирование использования ИИ в энергетике

Международные организации, включая МАГАТЭ, разрабатывают стандарты безопасного применения ИИ в атомной и возобновляемой энергетике. Россия может использовать опыт БРИКС+ для формирования коллективного подхода.

Необходимость междисциплинарного подхода

Энергетическая устойчивость Арктики требует объединения усилий инженеров, экологов, юристов, социологов и представителей коренных народов. Только так можно обеспечить справедливый и устойчивый переход. Перспективы: климатически нейтральные поселения, автономные сети.

Умные микросети, управляемые ИИ, могут обеспечить поселения чистой энергией, минимизируя выбросы и повышая автономность. Такие решения уже тестируются в северных регионах и могут стать моделью для будущего. Для реализации потенциала ИИ необходима координация между исследовательскими центрами, государственными структурами и международными организациями. Арктика может стать полигоном для инноваций, устойчивости и справедливости.

Литература

1. Змиева К.А. Интеграция зеленой и возобновляемой энергетики в интеллектуальную энергетическую систему арктических территорий посредством технологий блокчайна // Российская Арктика. – 2021. – №15. – С. 81–91. – DOI: 10.24412/2658-4255-2021-4-81-91.
2. Моргунова М., Коваленко А. Энергетические инновации в условиях Арктики // Энергетическая политика. – 2021. – 15 апр. – URL: [<https://energypolicy.ru>] (<https://energypolicy.ru/energeticheskie-innovacii-v-usloviyah-arktiki/neft/2021/13/15/>) (дата обращения: 04.08.2025).
3. Гайнуллина Л.Р. и др. Углеродный след энергетического сектора // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2022. – №4. – С. 365–384. – DOI: 10.22363/2313-2310-2022-32-4-365-384.
4. Никитенко С.В. Международно-правовое регулирование искусственного интеллекта: анализ текущего состояния и перспективы развития // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. – 2021. – №3. – С. 45–58. – URL: [<https://cyberleninka.ru>] (<https://cyberleninka.ru/article/n/mezhdunarodno-pravovoe-regulirovanie-iskusstvennogo-intellekta-analiz-tekuschego-sostoyaniya-i-perspektivy-razvitiya>) (дата обращения: 04.08.2025).
5. ЮНЕСКО. Рекомендация об этических аспектах искусственного интеллекта. – Париж: UNESCO, 2021. – 28 с. – URL: [<https://ifap.ru/ofdocs/unesco/airec.pdf>] (<https://ifap.ru/ofdocs/unesco/airec.pdf>) (дата обращения: 04.08.2025).