

УДК 622.323

Сметанина Маргарита Владимировна, магистрант, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Россия, г. Санкт-Петербург

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ

Аннотация

В статье рассмотрены технологические и логистические особенности развития систем газоснабжения в Арктической зоне Российской Федерации. Проанализированы современные направления добычи, переработки и транспортировки природного газа в условиях экстремально низких температур и ограниченной инфраструктуры. Особое внимание уделено развитию технологий сжижения газа, применению арктических судов ледового класса, а также наземной и морской логистике, обеспечивающей круглогодичную доставку энергоресурсов. На основе анализа определены ключевые технологические вызовы и предложены перспективные направления модернизации газотранспортных систем. Результаты исследования позволяют сформировать подходы к созданию устойчивой, безопасной и эффективной модели газоснабжения Арктики.

Annotation

The article discusses the technological and logistical features of the development of gas supply systems in the Arctic zone of the Russian Federation. The modern directions of extraction, processing and transportation of natural gas in conditions of extremely low temperatures and limited infrastructure are analyzed. Special attention is paid to the development of gas liquefaction technologies, the use of Arctic ice-class vessels, as well as land and sea logistics that ensure the year-round delivery of energy resources. Based on the analysis, key technological challenges have been identified and promising directions for the modernization of gas transmission systems have been proposed. The results of the study allow us to form approaches to creating a sustainable, safe and efficient model of gas supply in the Arctic.

Ключевые слова: Арктика, газоснабжение, СПГ, арктические технологии, логистика, транспортировка газа.

Keywords: Arctic, gas supply, LNG, Arctic technologies, logistics, gas transportation.

Введение

Арктическая зона Российской Федерации обладает крупнейшими в мире разведанными запасами природного газа, что определяет стратегическую значимость региона для национальной энергетической политики. По оценке Минэнерго России, на арктический шельф приходится до 70% российских морских запасов газа. Экстремальные климатические условия, сложность строительства транспортной инфраструктуры, высокая стоимость логистики и технологический риск при эксплуатации оборудования в условиях низких температур требуют развития специализированных технологий добычи и транспортировки газа.

Цель исследования – выявление перспективных направлений развития газоснабжения Арктической зоны с учетом технологических вызовов и логистических ограничений региона.

Обзор литературы

Арктические регионы характеризуются сочетанием уникальных ресурсов и критически сложных условий для добычи и транспортировки газа. В литературе отмечается, что развитие газовой инфраструктуры в Арктике ограничивается экстремальными температурами, полярной ночью, высокой цикличностью ледовых процессов и необходимостью применения специализированной техники [1].

По мнению Сафоновой Т. Ю., успешная добыча газа в Арктике возможна при условии применения технологий арктического бурения, защищенных от ледовых нагрузок, и круглогодичного сервиса скважин [2]. Значительный вклад в развитие газовой транспортной инфраструктуры внес проект «Ямал СПГ», ставший примером эффективной реализации крупного энергетического комплекса в зоне вечной мерзлоты. По данным НОВАТЭК, использование судов

ледового класса ARC7 позволило обеспечить стабильные поставки СПГ по Северному морскому пути даже в зимний период [3].

Исследование Журавеля В. П., Назарова В. П. показывает, что ключевым фактором развития газоснабжения регионов Арктики является интеграция арктической логистики в глобальные цепочки поставок, включая развитие Северного морского пути (СМП) [4]. В зарубежных исследованиях подчеркивается роль технологических инноваций – криогенной переработки, низкотемпературных трубопроводов, автоматизированного мониторинга и цифровизации оборудования – для повышения надежности газотранспортных систем [5].

Отдельного внимания заслуживает проблема климатических изменений. Исследование Елисеева Д. О. и Наумовой Ю. В. указывает на ускоренное таяние льдов и деградацию мерзлоты [6], что непосредственно влияет на устойчивость газотранспортных сооружений и требует внедрения новых методов мониторинга и устойчивого строительства.

Методы исследования

Статья основана на анализе технологических особенностей добычи и транспортировки газа в Арктике, международной и российской научной литературы, инфраструктуры действующих проектов (Ямал СПГ, Арктик СПГ-2, Бованенково), логистических схем доставки газа, а также на анализе нормативной документации и государственных стратегий развития Арктики.

Методологическая база включает структурный анализ, сравнительное исследование технологических решений и оценку факторов, влияющих на устойчивость газоснабжения в северных широтах.

Результаты

Исследование показало, что устойчивое развитие газоснабжения Арктической зоны определяется комплексом технологических, природно-климатических и логистических факторов, каждый из которых играет ключевую роль в формировании эффективной газотранспортной системы. Технологические вызовы в регионе наиболее тесно связаны с экстремальными

низкими температурами, которые воздействуют на металлы, сварные соединения и оборудование, снижая их пластичность и повышая риск разрушения. В этих условиях требуется применение специализированных сталей, защитных покрытий и инженерных решений, рассчитанных на длительную эксплуатацию в диапазоне температур от -40 до -55 °С. Другой значимый фактор связан с изменением состояния мерзлых грунтов: происходящая деградация мерзлоты вызывает деформации, которые могут приводить к осадке фундаментов, кренам трубопроводов и нарушению устойчивости объектов газовой инфраструктуры. Это особенно актуально в районах, где эксплуатация ведется на насыпных платформах или отсыпанных основаниях, требующих постоянного мониторинга.

Ключевое значение имеет развитие технологий сжижения природного газа. Модульные производственные комплексы, созданные для «Ямал СПГ» и «Арктик СПГ-2», показали высокую эффективность в условиях ограниченного доступа к строительным площадкам и короткого периода навигации. Использование криогенных теплообменников и низкотемпературных технологических циклов позволяет стабильно производить СПГ при сильных морозах и повышенной влажности воздуха. Важным элементом инфраструктуры являются перевалочные комплексы и пункты хранения, такие как терминал в Сабетте, которые обеспечивают гибкость транспортных схем и позволяют компенсировать задержки, связанные с ледовой ситуацией.

Логистические решения, применяемые в Арктике, также отличаются высокой степенью инновационности. Северный морской путь становится стратегическим маршрутом для экспорта СПГ в Европу и Азию, а использование арктического флота, включая ледовые танкеры класса ARC7, позволяет обеспечить круглогодичную навигацию на ключевых участках трассы. Параллельно развивается инфраструктура обеспечения судов, включая создание новых центров бункеровки, пунктов ледовой разведки и систем дистанционного контроля за ледовой обстановкой. Наземные газопроводные системы, такие как магистральные линии Бованенково – Ухта, проектируются с использованием

современных методов прогнозирования морозобойных деформаций и снабжаются волоконно-оптическими линиями диагностики, способными фиксировать малейшие изменения напряженного состояния труб.

Совокупность этих элементов формирует многокомпонентную модель газоснабжения Арктики, основанную на взаимосвязанности технологических инноваций, устойчивой логистики и непрерывного мониторинга инфраструктуры. Результаты исследования подтверждают, что только комплексный подход, включающий цифровизацию производственных процессов, применение специализированных материалов и развитие арктической транспортной сети, способен обеспечить надежность и эффективность функционирования газоснабжения в условиях высокоширотных регионов.

Обсуждение

Газоснабжение Арктической зоны развивается в условиях совокупности технологических, экологических и экономических вызовов. Ключевым направлением становится переход к высокотехнологичным решениям, таким как:

- цифровые системы управления;
- автономные и роботизированные комплексы добычи;
- новые трубные материалы с повышенной морозостойкостью;
- развитие арктического судостроения;
- экологически безопасные методы строительства на мерзлоте.

Устойчивость газоснабжения Арктики невозможна без комплексной логистической системы, включающей СМП, ледокольный флот, авиационное обеспечение и наземную инфраструктуру. Масштабирование арктических проектов требует международного сотрудничества, а также постоянного обновления нормативной базы.

Выводы

Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что перспективы развития газоснабжения в Арктической зоне напрямую связаны с

совершенствованием технологий добычи, транспортировки и хранения природного газа, адаптированных к экстремальным природно-климатическим условиям региона. Высокая эффективность газовой отрасли в Арктике может быть обеспечена за счет внедрения криогенных технологических решений, широкого применения систем цифрового мониторинга и технического обслуживания, а также модернизации инфраструктуры с учетом изменения состояния многолетнемерзлых грунтов. Логистические решения, основанные на использовании Северного морского пути и ледокольного флота, позволяют обеспечить стабильность экспортных поставок. В конечном счете устойчивость и безопасность газоснабжения в Арктике определяются способностью сочетать технологические инновации, надежную инфраструктуру и комплексное управление рисками, обусловленными климатическими и геокриологическими особенностями региона.

Список литературы:

1. Люлинская Я. Л., Гагарин Н. С. Перспективы в развитии нефтегазовой отрасли России в Арктике // *Мировая наука*. 2020. №11 (44). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-v-razvitiy-neftegazovoy-otrasli-rossii-v-arktike> (дата обращения: 20.01.2026)
2. Сафонова Т. Ю. Перспективы российской нефтегазодобычи в Арктике: от обвала до развития // *КЭ*. 2020. №10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-rossiyskoy-neftegazodobychi-v-arktike-ot-obvala-do-razvitiya> (дата обращения: 20.01.2026).
3. NOVATEK. Yamal LNG Project Overview. URL: <http://yamallng.ru/> (дата обращения: 20.01.2026).
4. Журавель В. П., Назаров В. П. Северный морской путь: настоящее и будущее // *Российский социально-гуманитарный журнал*. 2020. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/severnyy-morskoy-put-nastoyashee-i-budushee> (дата обращения: 20.01.2026).
5. Mhiri M., Mkacher H., Al-Khatib M. и др. Enhancing Liquefied Natural Gas supply chain robustness through digital twin-driven machine learning models: A

special case of cryogenic heat exchanger // July 2025, Gas Science and Engineering
URL: <https://www.researchgate.net/publication/393999490> (дата обращения: 20.01.2026).

6. Елисеев Д. О., Наумова Ю. В. Транспортная инфраструктура арктических регионов России в условиях деградации вечной мерзлоты // Экономика и бизнес: теория и практика. 2019. №10-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/transportnaya-infrastruktura-arkticheskikh-regionov-rossii-v-usloviyah-degradatsii-vechnoy-merzloty> (дата обращения: 20.01.2026).

Literature:

1. Lyulinskaya Ya. L., Gagarin N. S. Prospects in the development of the Russian oil and gas industry in the Arctic // World Science. 2020. No. 11 (44).

2. Safonova T. Y. Prospects of Russian oil and gas production in the Arctic: from collapse to development // CE. 2020. No. 10.

3. NOVATEK. Yamal LNG Project Overview. URL: <http://yamallng.ru/>

4. Zhuravel V. P., Nazarov V. P. The Northern Sea Route: present and future // Russian Socio-Humanitarian Journal. 2020. No. 2.

5. Mhiri M., Mkacher H., Al-Khatib M. et al. Enhancing Liquefied Natural Gas supply chain robustness through digital twin-driven machine learning models: A special case of cryogenic heat exchanger // July 2025, Gas Science and Engineering

6. Eliseev D. O., Naumova Yu.V. Transport infrastructure of the Arctic regions of Russia in conditions of permafrost degradation // Economics and Business: theory and practice. 2019. No. 10-1.