ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
MIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2025;(11):166-181
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 622:621.31 DOI: 10.25018/0236_1493_2025_11_0_166

# ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

**В.Л. Петров[1], Н.М. Кузнецов[2]**

[1] НИТУ МИСИС, Москва, Россия, e-mail: pvlmsmu@.mail.ru
[2] Центр физико-технических проблем энергетики Севера Кольского научного центра РАН, Апатиты, Россия

***Аннотация:*** Актуальность исследования обусловлена необходимостью обеспечения надежного энергоснабжения в арктическом регионе, играющем ключевую роль в экономике страны, прежде всего в добывающей отрасли, а также важностью перехода к более устойчивым энергетическим решениям. Целью работы является анализ текущего состояния и перспектив развития энергетической системы региона в условиях Арктики для обеспечения развития добывающей промышленности. Исследование включает анализ топливно-энергетического комплекса (ТЭК), оценку электро- и теплоэнергетических систем, локальных энергоузлов и потенциала возобновляемых источников энергии (ВИЭ). В качестве методов исследования использованы: аналитическое исследование данных (статистика, отчеты, публикации), системный анализ и сравнительная оценка, а также технико-экономическая оценка с привлечением экспертов. Рассмотрена структура ТЭК, показана зависимость энергетической системы от добычи минерального сырья. Проанализировано состояние электроэнергетики, выявлено преобладание газовых электростанций и локальных дизельных установок. Исследована структура теплоснабжения и потребления топлива, в основном природного газа. Оценен потенциал ВИЭ, в том числе ветроэнергетики, гидроэнергетики и биоэнергетики, для использования в гибридных системах энергоснабжения. Выявлены проблемы, связанные с удаленностью, высокой стоимостью дизельного топлива и зависимостью от традиционных источников энергии. Сделан вывод о необходимости модернизации энергосистемы, диверсификации источников энергии, внедрения ВИЭ для повышения надежности и эффективности энергоснабжения добывающей промышленности в Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО).

***Ключевые слова:*** добывающая промышленность, энергоснабжение, промышленная энергетика, топливно-энергетический комплекс, электроэнергетическая система, возобновляемые источники энергии, гибридные энергокомплексы, арктический регион.

***Для цитирования:*** *Петров В. Л., Кузнецов Н. М.* Энергетический комплекс добывающей отрасли Ямало-Ненецкого автономного округа // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2025. – № 11. – С. 166–181. DOI: 10.25018/0236_1493_2025_11_0_166.

## The energy complex of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug

**V.L. Petrov[1], N.M. Kuznetsov[2]**

[1] NUST MISIS, Moscow, Russia, e-mail: pvlmsmu@.mail.ru
[2] Northern Energetics Research Centre of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia

***Abstract:*** The relevance of the study is due to the need to ensure reliable energy supply in the Arctic region, which plays a key role in the country's economy, as well as the importance of the transition to more sustainable energy solutions. The purpose of the work is to analyze the current state and prospects for the development of the region's energy system in the Arctic. The study includes an analysis of the fuel and energy complex, an assessment of electric and thermal power systems, local power plants and the potential of renewable energy sources (RES). The following research methods were used: analytical data analysis, system analysis and comparative assessment, as well as technical and economic assessment with the involvement of experts. The structure of the fuel and energy complex is considered, and the dependence of the energy system on hydrocarbon production is shown. The state of the electric power industry is analyzed, the predominance of gas-fired power plants and local diesel installations is revealed. The structure of heat supply and fuel consumption, mainly using natural gas, is investigated. The potential of renewable energy sources, including wind power, hydropower and bioenergy, for use in hybrid energy supply systems has been assessed. Problems related to remoteness, high cost of diesel fuel and dependence on traditional energy sources have been identified. It is concluded that it is necessary to modernize the energy system, diversify energy sources, and introduce renewable energy sources to improve the reliability and efficiency of energy supply in the Yamalo-Nenets Autonomous District.

***Key words:*** energy supply; industrial energy; fuel and energy complex; electric power system; renewable energy sources; hybrid energy complexes; Arctic region.

***For citation:*** Petrov V. L., Kuznetsov N. M. The energy complex of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2025;(11):166-181. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2025_11_0_166.

## Введение

Повышение надежности электроснабжения потребителей в добывающей отрасли в труднодоступных и удаленных от централизованного энергоснабжения районах является актуальной задачей [1, 2]. Для обеспечения надежного и бесперебойного энергоснабжения удаленных потребителей необходимо применение гибридных систем энергоснабжения с использованием возобновляемых источников энергии и интеллектуальных систем управления гибридными энергетическими комплексами арктического исполнения, которые позволят обеспечить непрерывное энергоснабжение удаленных объектов [3, 4]. Распределенная генерация и децентрализация энергоснабжения сокращает системные перетоки электроэнергии [4, 5]. Все большее распространение для управления электрическими сетями в разных отраслях используются новые технологии интеллектуального управления спросом на электрическую энергию [6 — 8].

С увеличением нагрузки потребителям необходимо осуществлять обоснование параметров автономных энергокомплексов и подбор источников гибкости в изолированном энергоузле [9] с минимизацией потерь мощности и повышением стабильности напряжения в распределительных сетях [10, 11].

Внедрение локальных энергетических систем на основе возобновляемых источников энергии [12, 13] для повышения энергоэффективности использования топливно-энергетических ресурсов, в том числе в арктических регионах, позволяет уменьшить затраты «север-

ного завоза» топлива, снизить экологическую нагрузку в северных районах, сократить затраты на субсидирование тарифов на энергоресурсы [14]. Недостаточная развитость инфраструктуры северных регионов, изолированных от энергетических систем, и определенная дороговизна внедрения возобновляемых источников энергии ограничивают развитие альтернативной энергетики на изолированных труднодоступных территориях [15, 16].

**Цель исследования**

Данное исследование направлено на анализ текущего состояния и перспектив развития энергетики Ямало-Ненецкого автономного округа для обеспечения добывающей промышленности.

В рамках исследования будет изучена структура производства и потребления электро- и теплоэнергии, а также произведена оценка потенциала применения возобновляемых источников энергии.

Задачи исследования:

1. Анализ структуры топливно-энергетического комплекса и его влияния на энергетическую систему региона на основе изучения объемов добычи минерального сырья и их влияния на энергетический баланс и структуру энергопотребления ЯНАО.

2. Оценка структуры и состояния электроэнергетической системы на базе анализа текущего состояния электроэнергетики, типов электростанций, структуры энергосистемы и особенностей электроснабжения в централизованной и децентрализованной зонах.

3. Исследование особенностей теплоснабжения и потребления топлива на основе анализа структуры теплоснабжения, потребления тепловой энергии, а также структуры и типов потребляемого топлива при производстве электро- и теплоэнергии.

4. Анализ потенциала и возможностей использования возобновляемых источников энергии путем оценки ресурсного потенциала ветро-, гидро-, приливной, солнечной и биоэнергетики в ЯНАО.

5. Выявление ключевых проблем и перспектив развития энергетической системы региона на основе комплексного анализа результатов исследований, проведенных в рамках предыдущих задач.

**Методы**

Объектом настоящего исследования является энергетическая система Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО), рассматриваемая как взаимосвязанный комплекс, включающий: топливно-энергетический комплекс (ТЭК), электроэнергетическую систему, систему теплоснабжения, локальные энергоузлы и потенциал возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Исследование направлено на изучение структуры, особенностей и перспектив развития данной системы в условиях Арктики.

Для достижения цели исследования был использован комплексный подход, включающий следующие методы:

- исследования на основе анализа статистических данных, официальных отчетов энергетических компаний, а также обзора научных публикаций;
- системный анализ и сравнительная оценка для изучения взаимосвязей между компонентами энергетической системы (ТЭК, электроэнергетика, теплоснабжение, локальные энергоузлы, ВИЭ) и их влияния на энергетическую безопасность региона;
- технико-экономическая оценка и экспертный анализ для выявления потенциала ВИЭ и различных вариантов энергоснабжения, а также привлечение экспертов для оценки полученных результатов, проверки выводов и обоснования рекомендаций.

**Общие сведения**

Ямало-Ненецкий автономный округ — крупный субъект Российской Федерации, который входит в Уральский федеральный округ и полностью относится к Арктической зоне. Суровость климата и резкая континентальность автономного округа определяется небольшим притоком солнечной радиации, многолетней мерзлотой, холодным Карским морем. Согласно Стратегии социально-экономического развития Ямало-Ненецкого автономного округа на период до 2035 г. (URL: https://docs.cntd.ru/document/574785875 (дата обращения 08.11.2023)), территория округа занимает 4,5% территории РФ, при этом плотность населения в регионе одна из самых низких и составляет 0,7 чел./км$^2$.

Минерально-сырьевая база Ямало-Ненецкого автономного округа крайне богата разнообразными твердыми полезными ископаемыми. Это каменный уголь (энергетический и коксующийся), горючие сланцы, железо, полиметаллы, медь, марганец, ванадий, титан, никель, редкие земли, кобальт, молибден, кадмий, германий, ртуть, мышьяк, селен, алюминий, уран, серебро, золото, платиноиды, алмазы, флюорит, барит, целестин, оптическое и камнесамоцветное сырье, фосфориты, цеолиты, коллекционные минералы, стройматериалы, известняки, доломиты и др.

Внушительный объем и разнообразие твердых полезных ископаемых дают высокий потенциал для их разработки, этому же способствует хорошая транспортная перспектива, позволяющая доставлять их до потребителей как по суше, так и по морю.

На Югорском полуострове наиболее перспективными объектами добычной промышленности являются месторождения и проявления угля, марганца, барита и флюорита. Подсчитано, что на нынешний день общие геологические ресурсы углей в ЯНАО составляют порядка 139,7 млрд т, из них 122 млрд т оцениваются как кондиционные. На втором месте по перспективам добычи рудных и неметаллических полезных ископаемых, в том числе алмазов и золота, является Северный Тиман. Чтобы реализовать весь этот потенциал, необходимо обеспечить добывающую промышленность и предприятия — потребители ресурсов надежным электроснабжением, особенно в труднодоступных и удаленных районах.

При разработке месторождений на территории округа возводились новые населенные пункты, ориентированные на развитие добывающей отрасли, что привело к неустойчивости урбанизации городов. Добывающая отрасль играет ключевую роль в экономике региона, обеспечивая более 79% валового регионального продукта, 97% промышленного производства и 70% доходов бюджета за счет предприятий, занимающихся добычей, транспортировкой и переработкой углеводородов [17]. В топливно-энергетическом комплексе и строительстве половину занятых составляет местное население, дополнительная кадровая потребность восполняется вахтой.

Климатические изменения, стремление к ресурсосбережению, перемещение населения, а также интенсивное освоение углеводородных ресурсов и производство СПГ приводят к возникновению стратегических рисков. Среди них: ухудшение экологической ситуации из-за потепления и активизации освоения северных территорий, уменьшение надежности инфраструктуры и нехватка квалифицированных специалистов. Увеличение добычи на севере, разработка шельфовых месторождений и рост грузопотока по Северному морскому пути окажут негативное воздействие на экосистемы Карского моря и всего региона. Хотя электроэнергетические системы

арктических регионов обладают рядом общих черт, Ямало-Ненецкий автономный округ (ЯНАО) имеет существенные отличия. Они обусловлены, прежде всего, особенностями исторического развития энергосистемы. Например, в Мурманской области электроэнергетика изначально развивалась в связи с добычей твердых полезных ископаемых. В ЯНАО же ключевым фактором становления энергосистемы стала добыча углеводородного сырья. Учитывая эту специфику, особую важность приобретает анализ использования энергетических ресурсов в добывающей отрасли, поскольку именно она играет ключевую роль в экономическом развитии региона.

**Электроэнергетика**

*Генерация электроэнергии электростанциями энергосистемы*

Установленная мощность электрических станций энергосистемы Ямало-Ненецкого автономного округа составляет 1032,7 МВт (см. табл. 1). На электростанциях установлены парогазовые, газотурбинные, паросиловые и газопоршневые генерирующие установки (рис. 1), основным топливом которых является природный газ, вырабатывается более 50% электроэнергии общего объема энергопотребления в регионе.

*Электросетевой комплекс*

Энергосистема региона объединяет Ноябрьский и Северный энергетические районы и соединяется с энергетическими системами Ханты-Мансийского автономного округа и Красноярского края высоковольтными линиями напряжением 110, 220 и 500 кВ. Протяженность линий электропередачи составляет более 12 тыс. км. Централизованная электроэнергетическая система обеспечивает электроснабжение городов Салехард, Новый Уренгой, Ноябрьск, Губкинский, Муравленко, Тарко-Сале, Надым, части Пуровского и Надымского районов.

Промышленные предприятия Ноябрьского энергорайона получают электрическую энергию от подстанций Холмогорская и Тарко-Сале напряжением 500 кВ и от подстанции Вынгапур напряжением 220 кВ. Генерация электрической энергии производится на Ноябрьской парогазовой электростанции, работающей на природном газе, и на газо-поршневой электрической станции Вынгапуровского ГПЗ, топливом на которой является попутный газ. Северный энергорайон является избыточным и передает электроэнергию потребителям Ноябрьского энергорайона.

*Локальные энергосистемы децентрализованной зоны энергоснабжения*

Завод СПГ, порт Сабетта и поселок в проекте «Ямал СПГ» обеспечиваются энергией от автономной ГТУ-ТЭЦ (376 МВт электричества и 138 Гкал/ч тепла), работающей на газе, с утилиза-

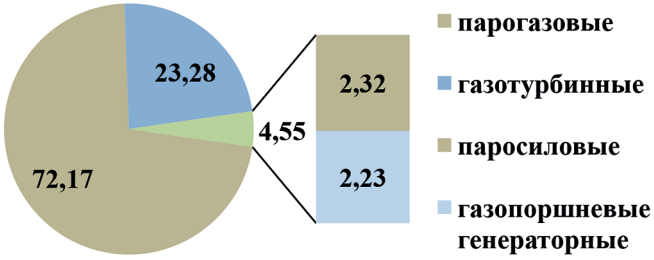


*Рис. 1. Структура электростанций по типам установок, %*
*Fig. 1. Structure of power plants by type of installations, %*

Таблица 1

***Электростанции централизованной энергосистемы ЯНАО***
***Power plants of the centralized energy system of Yamalo-Nenets Autonomous District***

| Генерирующая компания | Электростанция | Топливо | Установленная мощность, МВт |
|---|---|---|---|
| АО «Интер РАО-Электрогенерация» | Уренгойская ГРЭС | газ | 529,7 (51,3%) |
| ООО «Газпром Новоуренгойский газохимический комплекс» | Новоуренгойская ГТЭС | метановая фракция от производства этилена, газ | 120,0 (11,62%) |
| ООО «Ноябрьская парогазовая электрическая станция» | Ноябрьская ПГЭ | газ | 119,6 (11,58%) |
| ООО «Газпром добыча Ямбург» | Ямбургская ГТЭС | газ | 72,0 (6,97%) |
| | Харвутинская ГТЭС-15 | газ | 10,0 (0,97%) |
| ПАО «Передвижная энергетика» | ПЭС «Уренгой» | газ | 72,0 (6,97%) |
| АО «Салехардэнерго» | ГТЭС «Обдорск» | газ | 39,4 (3,82%) |
| | ТЭС «Салехард» | газ | 14,0 (1,36%) |
| ООО «Северная ПЛЭС» | ПЭС «Надым» | газ | 24,0 (2,32%) |
| ООО «Газпром добыча Уренгой» | ГТЭС «Песцовая» | газ | 15,0 (1,45%) |
| «Вынгапуровский ГПЗ» — филиал АО «Сибур-ТюменьГаз» | ГПЭС Вынгапуровского ГПЗ | попутный газ | 9,0 (0,87%) |
| ООО «НОВАТЭК — Юрхаровнефтегаз» | ГТЭС Юрхаровского НГКМ | газ | 8,0 (0,77%) |
| | | Всего | 1032,7(100%) |

цией тепла и не подключенной к общей сети. Электростанции, обеспечивающие промышленные предприятия по добыче нефти и природного газа в децентрализованной зоне энергоснабжения, приведены в табл. 2.

Установленная мощность электростанций северных территорий, использующих в качестве топлива природный газ, составляет 92%, остальная электрическая энергия вырабатывается на дизельных электрических станциях. Стои-

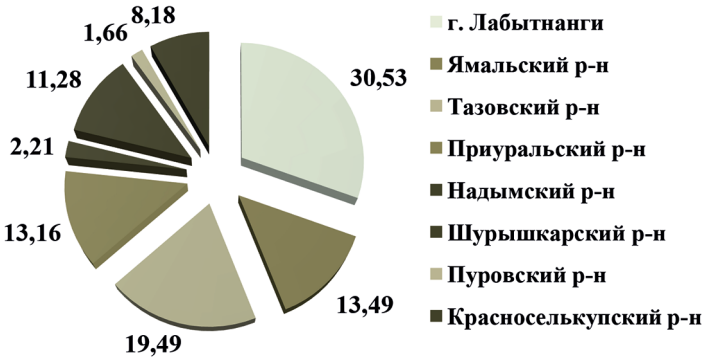


*Рис. 2. Максимум нагрузки в локальных энергоузлах, %*
*Fig. 2. Maximum load in local power plants, %*

Таблица 2

***Электростанции зоны децентрализованного энергоснабжения***
***Power plants of the decentralized energy supply zone***

| Генерирующая компания | Электростанция | Мощность, МВт | Тип станции |
|---|---|---|---|
| ООО «Газпром трансгаз Югорск» | Ямбургское ЛПУ | 36,5 | газотурбинные, дизельные |
| | Приозерное ЛПУ МГ | 23,3 | |
| | Правохеттинское ЛПУ | 22,4 | |
| | Ныдинское ЛПУ МГ | 21,8 | |
| | Надымское ЛПУ МГ | 18,5 | |
| | Ягельное ЛПУ МГ | 18,1 | |
| | Пангодинское ЛПУ МГ | 15,4 | |
| | Новоуренгойское ЛПУ МГ | 14,8 | |
| | Лонг-Юганское ЛПУ | 14,2 | |
| | ЭС Пуровской ГКС | 10 | |
| | Хасырейская п/п | 6,5 | |
| | всего | 201,5 | |
| ООО «Газпром добыча Надым» | ЭСН-3 Бованенского НГКМ | 36 | газотурбинные |
| | ЭСН-1 Бованенского НГКМ | 25 | |
| | ЭСН-2 Бованенского НГКМ | 24 | |
| | ЭС Ямсовейского НГМК | 15 | |
| | ЭС Юбилейного НГМК | 15 | |
| | ЭСН 4 Харасавэйского ГМК | 10 | |
| | всего | 125 | |
| ООО «Газпромнефть-Ямал» | ГТЭС Новый порт | 96 | газотурбинная |
| | ЭС Нефтяная | 14,9 | дизельная |
| | ГПЭС | 12,3 | газопоршневая |
| | всего | 123,2 | |
| ООО «Газпром добыча Ямбург» | ГТЭС-48 | 48 | газотурбинные |
| | ГТЭС-24 | 24 | |
| | ГТЭС-22,5 | 22,5 | |
| | всего | 94,5 | |
| ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь» | ГТЭС-36 | 36 | газотурбинная |
| | ГТЭС-14 | 14 | газотурбинная |
| | ЭСН ГКС | 10,5 | газопоршневая |
| | ЭСН УКПГ | 5,4 | газопоршневая |
| | всего | 65,9 | |
| ООО «РН-Пурнефтегаз» | ЭСН УГ Тарасовского месторождения | 52,4 | газопоршневая |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ООО «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз» | ГПЭС Чатылкинского месторождения | 18,1 | газо-поршневые, дизельные |
| | ГПЭС Холмистого месторождения | 11,3 | |
| | всего | 29,4 | |
| ООО «Газпром трансгаз Сургут» | ЭСН КС «Пуртазовская» | 22 | дизельная |
| АО «РИТЭК» | ГПЭС-1 Средне-Хулымского месторождения | 7,5 | газопоршневые |
| | ГПЭС-2 Средне-Хулымского месторождения | 7,5 | |
| | ГПЭС Сандибинского месторождения | 4,5 | |
| | всего | 19,5 | |
| ООО «Новатэк-Таркосаленефтегаз» | ЭС Таркосаленефтегаз | 7,2 | газотурбинная |
| АО «Тюменьнефтегаз» | ГПГУ Тюменьнефтегаз | 6,5 | газопоршневая |
| | Итого | 747,1 | |

мость доставки дизельного топлива на дизельные электростанции труднодоступных территорий высокая, поэтому перевод электростанций с дизельного топлива на местные энергоресурсы является актуальной задачей оптимизации топливного баланса в регионе. Электроснабжение в локальных энергоузлах

Таблица 3

***Электростанции населенных пунктов мощностью более 5 МВт***
***Power plants of settlements with a capacity of more than 5 MW***

| Генерирующая компания | Электростанция | Установленная мощность, МВт | Тип станции |
|---|---|---|---|
| ПАО «Передвижная энергетика» | ЭС «Лабытнанги» | 66 | газотурбинная |
| | ВЭС «Лабытнанги» | 0,25 | ветровая |
| | всего | 66,25 | |
| АО «Ямалкоммунэнерго» | с. Яр-Сале | 11,5 | дизельная |
| | с. Мужи | 9,6 | дизельная |
| | с. Белоярск | 7,72 | дизельная |
| | с. Сёяха | 6 | дизельная |
| | с. Мыс Каменный | 5,5 | газопоршневая |
| | с. Газ-Сале | 5,11 | газопоршневая |
| | всего | 45,43 | |
| АО «Ямалкоммунэнерго», ОАО «Хара-Энерго-Газ» | п. Харп | 13,1 | дизельная, газопоршневая |
| ООО «Фотон» | п. Тазовский | 12 | газопоршневая |
| АО «Ямалкоммунэнерго», ООО «Геолог-Инвест» | с. Аксарка | 10,6 | дизельная, газопоршневая |
| ООО Энергетическая компания «ТВЭС» | с. Красноселькуп | 6,4 | дизельная |
| Итого | 153,78 | | |

(г. Лабытнанги, районы Приуральский, Ямальский, Тазовский, Красноселькупский, Шурышкарский, Надымский, Пуровский) осуществляется от автономных электростанций. Структура максимума нагрузки по энергоузлам представлена на рис. 2.

Труднодоступность и высокие затраты на строительство объектов энергетической инфраструктуры в этих районах затрудняют развитие централизованного энергоснабжения потребителей.

Энергоснабжение населенных пунктов и предприятий, расположенных на изолированных труднодоступных территориях, осуществляется от газопоршневых, газотурбинных и дизельных электростанций (см. табл. 3).

Высокая себестоимость производства электрической энергии на дизельных электростанциях определяет необходимость бюджетного дотирования электроснабжения, строительство электрических станций на удаленных труднодоступных территориях ведется по инвестиционным программам энергоснабжающих предприятий. Выбор системы электроснабжения удаленных труднодоступных территорий определяется на основе сравнения сетевого варианта (рассматривается присоединение электрических сетей населенных пунктов к энергосистеме) и варианта локальной энергосистемы с распределенной генерацией, использующей возобновляемые источники энергии и местное топливо. Повышение надежности и энергетической эффективности при энергоснабжении потребителей труднодоступных районов осуществляется реконструкцией существующих источников генерации электроэнергии и электросетевого комплекса, строительством новых электростанций с комбинированным режимом выработки электрической и тепловой энергии, подключением населенных пунктов к системе централизованного энергоснабжения.

**Потребление электроэнергии в добывающей отрасли**

Промышленные предприятия добывающей отрасли являются основными потребителями электрической энергии. Производство электроэнергии осуществляется на электростанциях, расположенных на территории автономного округа, имеется переток мощности из энергосистемы Ханты-Мансийского автономного округа.

В соответствии со схемой и программой перспективного развития электроэнергетики Ямало-Ненецкого автономного округа на период 2022 — 2026 гг.

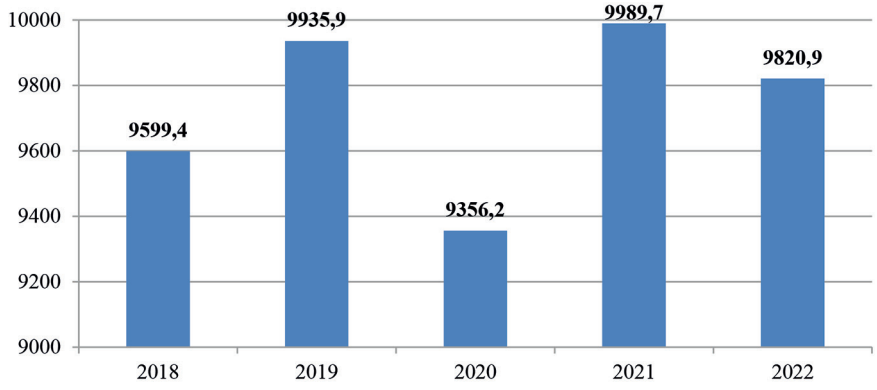


*Рис. 3. Потребление электроэнергии в ЯНАО, млн кВт-ч*
*Fig. 3. Electricity consumption in the Yamalo-Nenets Autonomous District, million kWh*

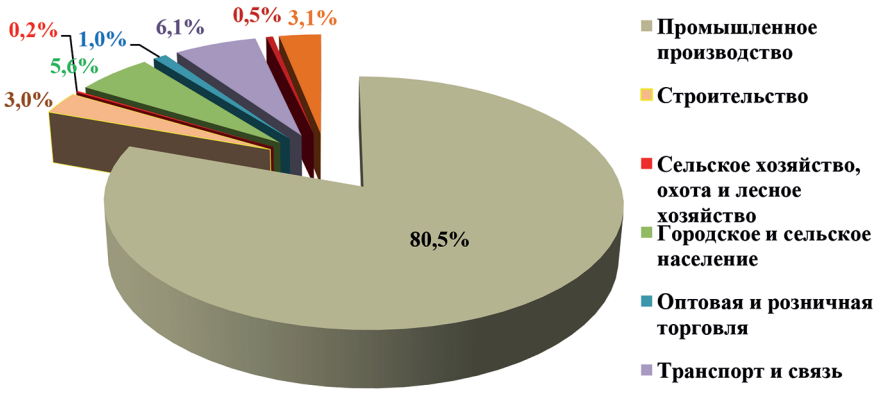


*Рис. 4. Потребление электрической энергии по видам экономической деятельности*
*Fig. 4. Electric energy consumption by type of economic activity*

(URL: https://ipbd.ru/doc/8900202105050003/ (дата обращения 03.10.22)), динамика потребления электрической энергии Ямало-Ненецкого автономного округа приведена на рис. 3.

В Ямало-Ненецком автономном округе основными потребителями электроэнергии являются «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз» (401 МВт), «РН-Пурнефтегаз» (162 МВт), Губкинский ГПЗ (98 МВт) и район г. Салехарда (76 МВт).

Крупными потребителями также являются предприятия «Газпром» и «ЛУКОЙЛ» со средней максимальной мощностью около 30 — 50 МВт, а также компании «Транснефть-Сибирь», «Харампурнефтегаз», Вынгапуровский ГПЗ и «Газпром переработка» с потреблением около 25 — 30 МВт [18].

Потребление электроэнергии по группам потребителей показано на рис. 4.

Развитие действующих предприятий по добыче нефти и природного газа, ввод в эксплуатацию новых углеводородных месторождений определяют увеличение потребления электрической энергии в Ямало-Ненецком автономном округе.

**Теплоснабжение**

Теплоснабжение предприятий, бюджетных учреждений и населения обеспечивается за счет тепловых электростанций и котельных. Наибольший объем производства тепловой энергии (60%) приходится на города Новый Уренгой и Ноябрьск, а также Надымский район. Около половины всей тепловой энергии потребляется населением. В качестве основного топлива на котельных используется природный газ и дизельное топливо. Информация о выработке тепла и суммарной установленной мощности источников теплоснабжения за 2020 г. представлена в табл. 4.

Тарифная политика на тепловую энергию предусматривает дифференцированный подход к различным категориям потребителей. Уровень тарифов зависит от нескольких факторов, таких как тип топлива, объем потребления и потери в теплосетях, обусловленные их состоянием, протяженностью и низкой концентрацией потребителей в малоэтажной застройке.

**Потребление топлива**

В структуре потребления топлива для производства электрической и тепловой энергии наибольшую часть составляет природный газ (см. рис. 5 и 6).

Ввиду низкой экономической целесообразности газификация населенных пунктов от удаленных месторождений

Таблица 4

***Выработка тепловой энергии и установленная тепловая мощность источников теплоснабжения***
***Heat generation and installed heat capacity of heat supply sources***

| Муниципальное образование | Суммарная установленная мощность, Гкал/час | Выработка тепловой энергии, тыс. Гкал | Вид топлива |
|---|---|---|---|
| г. Новый Уренгой | 1318,45 | 1388 | газ |
| г. Ноябрьск | 843,07 | 1693 | газ, попутный газ |
| г. Салехард | 339,36 | 484 | газ |
| г. Муравленко | 320,64 | 363 | газ |
| г. Лабытнанги | 281,34 | 312 | газ, нефть |
| г. Губкинский | 177 | 357 | газ, нефть |
| Надымский район | 880,76 | 1132 | газ, СКГ, ДТ |
| Пуровский район | 383,97 | 539 | газ, СКГ, нефть |
| Приуральский район | 195,71 | 148 | газ, ДТ |
| Тазовский район | 142,18 | 179 | газ, нефть |
| Ямальский район | 126,39 | 144 | газ, ДТ |
| Шурышкарский район | 84,49 | 74 | ДТ, уголь |
| Красноселькупский район | 75,93 | 107 | газ, СКГ, дрова |

углеводородов или газотранспортных систем сопряжена с определенными трудностями. Однако, учитывая социальную значимость данных проектов для региона, они реализуются при активном участии добывающих предприятий. Для привлечения инвестиций в газоснабжение газораспределительные компании, поставляющие газ в отдаленные районы, получают субсидии.

### Возобновляемые источники энергии

Возобновляемые источники энергии — одно из ключевых направлений энергетического обеспечения арктиче-

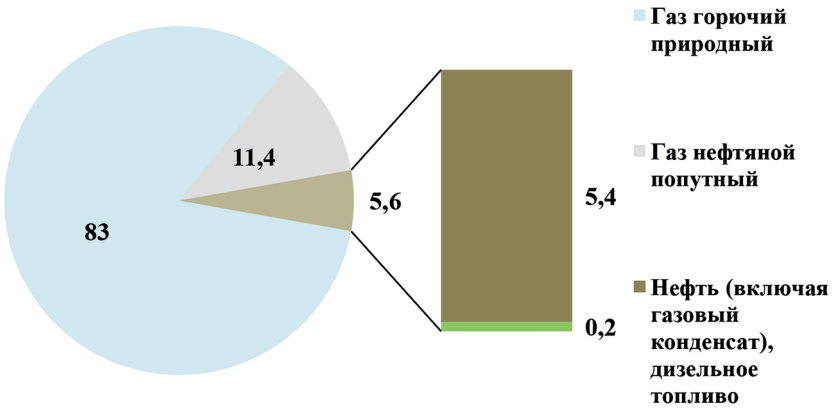


*Рис. 5. Структура потребления топлива на производство электрической энергии, %*
*Fig. 5. Structure of fuel consumption for electric energy production, %*

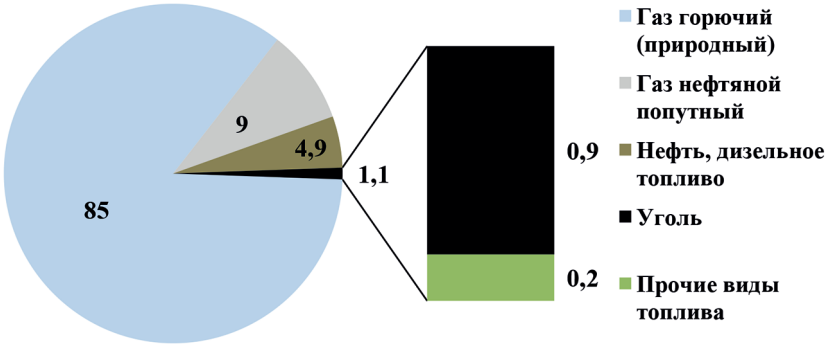


*Рис. 6. Структура потребления топлива при производстве теплоэнергии, %*
*Fig. 6. The structure of fuel consumption in the production of thermal energy, %*

ских регионов [19, 20]. Предлагаемые решения предусматривают как использование отдельных видов нетрадиционных источников энергии, так и их гибридизацию [21]. Многие предлагаемые решения имеют инвариантный характер [22].

*Ветроэнергетика*. Для удаленных населенных пунктов актуальным направлением развития энергетики является применение гибридных энергоустановок, включающих дизельные электростанции и ветрогенераторы. Опыт внедрения опытно-экспериментальной ветроустановки мощностью 250 кВт в г. Лабытнанги показал низкую экономическую эффективность, ветроэлектростанция не вырабатывает электроэнергию с 2018 г. [23]. Для обоснования структуры гибридных энергокомплексов, уровня замещения дизельных электростанций, выбора ветроэнергетического оборудования необходимо выполнять технико-экономические расчеты по каждому населенному пункту. Ямальский, Тазовский, Приуральский и Надымский районы, расположенные на северо-западе и севере округа, имеют потенциал для строительства ветроэлектростанций (0,4—1 кВт/м$^2$), при этом большинство населенных пунктов в них зависят от изолированных дизельных энергосистем, что является проблемой. Объем дизтоплива составляет 33% от жидкого топлива, потребляемого источниками генерации электроэнергии [24].

*Малая гидроэнергетика*. Большое количество рек в автономном округе может быть использовано для строительства малых гидроэлектростанций, работающих в составе локальных энергосистем с распределенной генерацией.

*Приливная энергетика*. Перспективным направлением является развитие приливных электростанций в многочисленных заливах побережья Карского моря, работающих в централизованной энергосистеме.

*Солнечная энергетика*. Суточная солнечная радиация составляет 3—4,5 кВт·ч/м$^2$, продолжительность солнечного сияния на территории округа менее 1700 ч/г. Эффективное использование солнечной энергии возможно с мая по сентябрь.

*Биоэнергетика*. Территория округа располагает значительными запасами торфа, который является перспективным топливом для развития биоэнергетики при производстве электрической и тепловой энергии на мини-ТЭЦ.

В автономном округе предпочтение отдается развитию традиционной энергетической инфраструктуры, а не строительству электро- и теплостанций на базе возобновляемых источников. Для

повышения надежности энергоснабжения отдаленных районов планируется реконструкция существующих объектов, обновление электросетей, а также строительство новых электростанций, способных производить как электрическую, так и тепловую энергию.

**Заключение**

Проведенный анализ энергетического комплекса Ямало-Ненецкого автономного округа выявил его ключевую роль в экономике региона и подтвердил актуальность обеспечения надежного и эффективного энергоснабжения, особенно в условиях Арктики. Исследование структуры топливно-энергетического комплекса показало, что ЯНАО является крупным центром добычи минерального сырья, играющим важную роль в энергетической безопасности страны. В то же время доминирование традиционных видов топлива (природный газ) в энергетике региона ставит вопросы повышения энергетической эффективности и диверсификации источников энергии.

Анализ электроэнергетики показал преобладание газовых электростанций, подключенных к централизованной энергосистеме. При этом было выявлено наличие большого количества локальных энергосистем, зависящих от дизельного топлива, что повышает стоимость электроэнергии и оказывает негативное влияние на экологию региона.

Оценка потребления энергии подтвердила, что основными потребителями являются предприятия добывающей отрасли, что обуславливает зависимость энергосистемы от потребностей промышленного сектора. Также исследование продемонстрировало важность теплоснабжения для населения и бюджетной сферы, которые также в основном используют природный газ и дизельное топливо.

Анализ потенциала возобновляемых источников энергии показал, что, несмотря на климатические ограничения, существуют возможности для развития ветроэнергетики, гидроэнергетики и биоэнергетики, особенно в контексте гибридных энергосистем, для обеспечения энергоснабжения удаленных и труднодоступных территорий. Таким образом, для устойчивого развития энергетического сектора ЯНАО необходима модернизация существующих мощностей, диверсификация источников энергии, применение интеллектуальных систем управления и более широкое внедрение возобновляемых источников энергии с целью снижения зависимости от ископаемого топлива, обеспечения энергетической безопасности и повышения надежности электроснабжения потребителей.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку моделей прогнозирования нагрузок в электроэнергетической системе Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) с учетом динамики развития добывающей отрасли.

Для этого необходимо:

- обосновать методы моделирования — выбрать подходы, наиболее соответствующие особенностям региона;
- адаптировать модели к специфике ЯНАО, включая климатические, инфраструктурные и экономические факторы;
- оценить достоверность и надежность прогнозов, особенно при определении параметров генерации электроэнергии;
- учесть влияние нетрадиционных источников энергии на устойчивость энергосистемы.
- Такой комплексный подход позволит повысить точность прогнозирования и оптимизировать развитие энергетики региона.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Зимин Р. Ю.*, *Кучин В. Н.* Альтернативная энергетика для повышения эффективности разработки нефтегазовых месторождений // Деловой журнал Neftegaz.RU. — 2020. — № 11(107). — С. 62—66.

2. *Клюев Р. В.* Анализ надежности элементов системы электроснабжения карьеров // Горные науки и технологии. — 2024. — Т. 9. — № 2. — С. 183—194. DOI: 10.17073/2500-0632-2024-03-254.

3. *Моргунова М.*, *Коваленко А.* Энергетические инновации в условиях Арктики // Энергетическая политика. — 2021. — № 4(158). — С. 30—43. DOI: 10.46920/2409-5516_2021_4158_30.

4. *Стенников В.* Устойчивое развитие энергетики: тенденции и вызовы // Энергетическая политика. — 2023. — № 2(180). — С. 32—39. DOI: 10.46920/2409-5516_2023_2180_32.

5. *Топно С. А.*, *Умре Б. С.*, *Аваре М. В.*, *Саху Л. К.* Внутренний и перекрестный сопоставительный анализ потребления электроэнергии на угольных разрезах // Горные науки и технологии. — 2023. — Т. 8. — № 3. — С. 232—244. DOI: 10.17073/2500-0632-2023-03-100.

6. *Петров В. Л.*, *Кузнецов Н. М.*, *Морозов И. Н.* Управление спросом на электроэнергию в горнопромышленном секторе на основе интеллектуальных электроэнергетических систем // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2022. — № 2. — С. 169—180. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_2_0_169.

7. *Клюев Р. В.*, *Моргоева А. Д.*, *Гаврина О. А.*, *Босиков И. И.*, *Моргоев И. Д.* Прогнозирование планового потребления электроэнергии для объединенной энергосистемы с помощью машинного обучения // Записки Горного института. — 2023. — Т. 261. — С. 392—402.

8. *Bayindir R., Colak I., Fulli G., Demirtas K.* Smart grid technologies and application // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016, vol. 66, pp. 499—516. DOI: 10.1016/j.rser.2016.08.002.

9. *Клюев Р. В.* Системный анализ методов расчета систем электроснабжения карьеров // Устойчивое развитие горных территорий. — 2024. — Т. 16. — № 1(59). — С. 302—310. DOI: 10.21177/1998-4502-2024-16-1-302-310.

10. *Бердников Р., Холкин Д., Чаусов И.* Оптимизация систем энергоснабжения удаленных и изолированных территорий за счет управления энергетической гибкостью // Энергетическая политика. — 2023. — № 1(179). — С. 94—106. DOI: 10.46920/2409-5516_2023_1179.94.

11. *Essallah S., Khedher A., Bouallegue A.* Integration of distributed generation in electrical grid: Optimal placement and sizing under different load conditions // Computers & Electrical Engineering. 2019, vol. 79, article 106461. DOI: 10.1016/j.compeleceng.2019.106461.

12. *Змиева К. А.* Проблемы энергоснабжения арктических регионов // Российская Арктика. — 2020. — № 8. — С. 5—14. DOI: 10.2441/2658-4255-2020-10086.

13. *Кузнецов Н. М.* Управление энергоэффективностью в регионах Арктической зоны Российской Федерации. — Апатиты: КНЦ РАН, 2020. — 92 с. DOI: 10.37614/978.5.91137.434.1.

14. *Лебедева М. А.* Состояние и перспективы развития возобновляемой энергетики в регионах Крайнего Севера России // Проблемы развития территории. — 2021. — Т. 25. — № 4. — С. 139—155. DOI: 10.15838/ptd.2021.4.114.8.

15. *Софронов М. А.*, *Петров В. Л.* Перспективы применения солнечных электростанций в системах электроснабжения горных предприятий // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2024. — № 10. — С. 152—165. DOI: 10.25018/0236_1493_2024_10_0_152.

16. *Глазкова В. В.*, *Верстин Н. А.*, *Пахоменко Е. С.* Применение возобновляемых источников энергии как фактор устойчивого развития горных территорий // Устойчивое развитие горных территорий. — 2024. — Т. 16. — № 2(60). — С. 518—533. DOI: 10.21177/1998-4502-2024-16-2-518-533.

17. *Брехунцов А. М.*, *Нестеров И. И.*, *Грамматчикова Е. Г.* Состояние и анализ развития ресурсной базы углеводородного сырья Ямало-Ненецкого автономного округа и шельфа Карского моря // Георесурсы. — 2023. — Т. 25. — № 1. — С. 15—23. DOI: 10.18599/grs.2023.1.2.

18. *Mortensen L., Hansen A. M., Shestakov A.* How three key factors are driving and challenging implementation of renewable energy systems in remote Arctic communities // Polar Geography. 2017, vol. 40, no. 3, pp. 163—185.

19. *Wies R., Whitney E., Schnabel W. E., Huang D., Karenzi J., Huntington H. P., Schmidt J. I., Dotson A. D.* MicroFEWs: A food—energy—water systems approach to renewable energy decisions in islanded microgrid communities in Rural Alaska // Environmental Engineering Science. 2019, vol. 36, no. 7, pp. 843—849.

20. *Zuo G., Dou Y., Chang X., Chen Y.* Design and application of a standalone hybrid wind-solar system for automatic observation systems used in the Polar Region // Applied Sciences. 2018, vol. 8, no. 12, article 2376. DOI: 10.3390/app8122376.

21. *Furqan Syed, Pei Shen, Zhe Wang, Rizwan Rafique, Tahir Iqbal, Salman Ijaz, Umair Javaid* Global power grid interconnection for sustainable growth: concept, project and research direction // IET Generation, Transmission & Distribution. 2018, vol. 12, no. 13, pp. 3114—3123. DOI: 10.1049/iet-gtd.2017.1536.

22. *Gassiy V., Potravny I.* The compensation for losses to indigenous peoples due to the Arctic industrial development in benefit sharing paradigm // Resources. 2019, vol. 8, no. 2, article 71. DOI: 10.3390/resources8020071.

23. *Потравный И. М., Яшалова Н. Н., Бороухин Д. С., Толстоухова М. П.* Использование возобновляемых источников энергии в Арктике: роль государственно-частного партнерства // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. — 2020. — Т. 13. — № 1. — С. 144—159. DOI: 10.15838/esc.2020.1.67.8.

24. *Гибридный* энергокомплекс в ЯНАО // Энергетика и промышленность России. — 2022. — № 19 (447). WWW.EPRUSSIA.RU — информационный портал Энергетика (дата обращения 28.09.2023). ГИАБ

## REFERENCES

1. Zimin R. Y., Kuchin V. N. Alternative energy for improving the efficiency of oil and gas field development. *Business Magazine Neftegaz.RU*. 2020, no. 11(107), pp. 62—66. [In Russ].

2. Klyuev R. V. Reliability analysis of open-pit power supply system components. *Mining Science and Technology (Russia)*. 2024, vol. 9, no. 2, pp. 183—194. [In Russ]. DOI: 10.17073/2500-0632-2024-03-254.

3. Morgunova M., Kovalenko A. Energy innovations in the Arctic. *Energy Policy*. 2021, no. 4(158), pp. 30—43. [In Russ]. DOI: 10.46920/2409-5516_2021_4158_30.

4. Stennikov V. Sustainable energy development: trends and challenges. *Energy Policy*. 2023, no. 2(180), pp. 32—39. [In Russ]. DOI: 10.46920/2409-5516_2023_2180_32.

5. Topno S. A., Umre B. S., Avare M. V., Sahu L. K. Internal and cross-comparative analysis of electricity consumption in coal mines. *Mining Science and Technology (Russia)*. 2023, vol. 8, no. 3, pp. 232—244. [In Russ]. DOI: 10.17073/2500-0632-2023-03-100.

6. Petrov V. L., Kuznetsov N. M., Morozov I. N. Electric energy demand management in mining industry using smart power grids. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2022, no. 2, pp. 169—180. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_2_0_169.

7. Klyuev R. V., Morgoeva A. D., Gavrina O. A., Bosikov I. I., Morgoev I. D. Forecasting planned electricity consumption for a unified energy system using machine learning. *Journal of Mining Institute*. 2023, vol. 261, pp. 392—402. [In Russ].

8. Bayindir R., Colak I., Fulli G., Demirtas K. Smart grid technologies and application. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016, vol. 66, pp. 499—516. DOI: 10.1016/j.rser.2016.08.002.

9. Klyuev R. V. System analysis of methods for calculating electricity supply systems for quarries. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2024, vol. 16, no. 1(59), pp. 302—310. [In Russ]. DOI: 10.21177/1998-4502-2024-16-1-302-310.

10. Berdnikov R., Holkin D., Chausov I. Optimization of energy supply systems for remote and isolated territories through energy flexibility management. *Energy Policy*. 2023, no. 1(179), pp. 94—106. [In Russ]. DOI: 10.46920/2409-5516_2023_1179.94.

11. Essallah S., Khedher A., Bouallegue A. Integration of distributed generation in electrical grid: Optimal placement and sizing under different load conditions. *Computers & Electrical Engineering*. 2019, vol. 79, article 106461. DOI: 10.1016/j.compeleceng.2019.106461.

12. Zmieva K. A. Problems of energy supply in the Arctic regions. *The Russian Arctic*. 2020, no. 8, pp. 5—14. [In Russ]. DOI: 10.2441/2658-4255-2020-10086.

13. Kuznetsov N. M. *Upravlenie energoeffektivnost'yu v regionakh Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii* [Energy efficiency management in the regions of the Arctic zone of the Russian Federation], Apatity, KNTs RAN, 2020, 92 p. DOI: 10.37614/978.5.91137.434.1.

14. Lebedeva M. A. The state and prospects of renewable energy development in the regions of the far north of Russia. *Problems of Territorial Development*. 2021, vol. 25, no. 4, pp. 139—155. [In Russ]. DOI: 10.15838/ptd.2021.4.114.8.

15. Sofronov M. A., Petrov V. L. Prospects for solar power plants in electricity supply systems in mines. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2024, no. 10, pp. 152—165. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2024_10_0_152.

16. Glazkova V. V., Verstin N. A., Pakhomenko E. S. The use of renewable energy sources as a factor of sustainable development of the mountainous territories of Russia. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2024, vol. 16, no. 2(60), pp. 518—533. [In Russ]. DOI: 10.21177/1998-4502-2024-16-2-518-533.

17. Brekhuntsov A. M., Nesterov I. I., Grammatchikova E. G. Status and development prospects of the hydrocarbon resource base of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug and the Kara Sea shelf. *Georesursy*. 2023, vol. 25, no. 1, pp. 15—23. [In Russ]. DOI: 10.18599/grs.2023.1.2.

18. Mortensen L., Hansen A. M., Shestakov A. How three key factors are driving and challenging implementation of renewable energy systems in remote Arctic communities. *Polar Geography*. 2017, vol. 40, no. 3, pp. 163—185.

19. Wies R., Whitney E., Schnabel W. E., Huang D., Karenzi J., Huntington H. P., Schmidt J. I., Dotson A. D. MicroFEWs: A food—energy—water systems approach to renewable energy decisions in islanded microgrid communities in Rural Alaska. *Environmental Engineering Science*. 2019, vol. 36, no. 7, pp. 843—849.

20. Zuo G., Dou Y., Chang X., Chen Y. Design and application of a standalone hybrid wind-solar system for automatic observation systems used in the Polar Region. *Applied Sciences*. 2018, vol. 8, no. 12, article 2376. DOI: 10.3390/app8122376.

21. Furqan Syed, Pei Shen, Zhe Wang, Rizwan Rafique, Tahir Iqbal, Salman Ijaz, Umair Javaid Global power grid interconnection for sustainable growth: concept, project and research direction. *IET Generation, Transmission & Distribution*. 2018, vol. 12, no. 13, pp. 3114—3123. DOI: 10.1049/iet-gtd.2017.1536.

22. Gassiy V., Potravny I. The compensation for losses to indigenous peoples due to the Arctic industrial development in benefit sharing paradigm. *Resources*. 2019, vol. 8, no. 2, article 71. DOI: 10.3390/resources8020071.

23. Potravny I. M., Yashalova N. N., Boroukhin D. S., Tolstoukhova M. P. The use of renewable energy sources in the Arctic: the role of public-private partnership. *Economic and Social Changes: facts, trends, forecast*. 2020, vol. 13, no. 1, pp. 144—159. [In Russ]. DOI: 10.15838/esc.2020.1.67.8.

24. Hybrid Energy Complex in the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug. *Energy and Industry of Russia*. 2022, no. 19 (447). WWW.EPRUSSIA.RU — energy information portal (accessed 28.09.2023). [In Russ].

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Петров Вадим Леонидович* — д-р техн. наук, профессор,
проректор по дополнительному образованию,
НИТУ МИСИС, e-mail: kancela@misis.ru,
*Кузнецов Николай Матвеевич* — канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник,
Центр физико-технических проблем энергетики
Севера Кольского научного центра РАН, e-mail: kuzn55@mail.ru.
**Для контактов:** Петров В.Л., e-mail: pvlmsmu@.mail.ru.

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*V.L. Petrov*, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Vice-Rector for Additional Education,
NUST MISIS, 119049, Moscow, Russia, e-mail: pvlmsmu@.mail.ru,
*N.M. Kuznetsov*, Cand. Sci. (Eng.), Leading Researcher,
Northern Energetics Research Centre of the Kola Science Centre
of the Russian Academy of Sciences, 184209, Apatity, Russia, e-mail: kuzn55@mail.ru.
**Corresponding author:** V.L. Petrov, e-mail: pvlmsmu@.mail.ru.

Получена редакцией 05.07.2025; получена после рецензии 08.08.2025; принята к печати 10.10.2025.
Received by the editors 05.07.2025; received after the review 08.08.2025; accepted for printing 10.10.2025.