

УДК 621.039:621.311.25(1-194.6)
DOI: 10.36979/1694-500X-2025-25-4-4-11

**ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ УДАЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ:
РОЛЬ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ МАЛОЙ МОЩНОСТИ
В УСТОЙЧИВОЙ ГЕНЕРАЦИИ**

В.И. Гусева, В.В. Бологова, А.А. Гетто, А.А. Воробьев

Аннотация. Атомная энергетика представляет собой один из наиболее перспективных источников экологически чистой и доступной энергии, обеспечивая устойчивое энергоснабжение как промышленных объектов, так и населения, независимо от их территориальной удаленности, временных или экономических ограничений. Развитие атомных электростанций малой мощности (АСММ) представляет собой важное стратегическое направление, направленное на повышение эффективности использования энергетических ресурсов. Обосновано строительство АСММ в качестве основного источника генерации в связке с возобновляемыми источниками энергии на труднодоступных территориях. Внедрение АСММ создаст дополнительные возможности для индустриального роста, поскольку АСММ представляют собой не только конкурентоспособную, но и перспективную технологию, способную обеспечить стабильное энергоснабжение при минимальном влиянии рыночных факторов.

Ключевые слова: электроснабжение удаленных территорий; атомная энергетика; атомные электростанции малой мощности; малая гидроэнергетика.

**АЛЫСКЫ АЙМАКТАРДЫ ЭЛЕКТР МЕНЕН КАМСЫЗ КЫЛУУ:
ТУРУКТУУ ГЕНЕРАЦИЯДА АЗ КУБАТТУУЛУКТУ КАМСЫЗ КЫЛУУЧУ
АТОМДУК ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРЫНЫН РОЛУ**

В.И. Гусева, В.В. Бологова, А.А. Гетто, А.А. Воробьев

Аннотация. Атомдук энергетика экологиялык жактан таза жана жеткиликтүү энергиянын эң келечектүү булактарынын бири болуп саналат, алардын аймактык алыстыгына, убактысына жана экономикалык чектөөлөрүнө карабастан өнөр жай объектилерин да, калкты да туруктуу энергия менен камсыз кылат. Чакан атомдук электр станцияларын (чакан АЭС) өнүктүрүү энергетикалык ресурстарды пайдалануунун натыйжалуулугун жогорулатууга багытталган маанилүү стратегиялык багыт болуп саналат. Чакан АЭС курулушу жетүүгө кыйын аймактарда энергиянын кайра жаралуучу булактары менен бирге генерациянын негизги булагы катары негизделген. Чакан АЭСти ишке ашыруу өнөр жайдын өсүшү үчүн кошумча мүмкүнчүлүктөрдү түзөт, анткени чакан АЭС атаандаштыкка жөндөмдүү гана эмес, ошондой эле рыноктук факторлордун минималдуу таасири менен туруктуу энергия менен камсыздоону камсыз кылууга жөндөмдүү келечектүү технология болуп саналат.

Түйүндүү сөздөр: алыскы аймактарды электр энергиясы менен камсыздоо; атомдук энергетика; чакан атомдук электр станциялары; чакан гидроэнергетика.

**POWER SUPPLY TO REMOTE AREAS:
THE ROLE OF LOW-POWER NUCLEAR POWER PLANTS
IN SUSTAINABLE GENERATION**

V.I. Guseva, V.V. Bologova, A.A. Ghetto, A.A. Vorobyov

Abstract. It is substantiated that nuclear energy is one of the most promising sources of environmentally friendly and affordable energy, providing a stable supply for both industrial facilities and the population, regardless of their territorial

remoteness, time or economic restrictions. The development of small nuclear power plants (SMRs) is an important strategic direction aimed at improving the efficiency of energy resource use. It is proposed to build a SMR as the main source of generation in conjunction with renewable energy sources in hard-to-reach areas. The introduction of SMRs will create additional opportunities for industrial growth, since SMRs are not only competitive, but also a promising technology capable of ensuring a stable power supply with minimal influence of market factors.

Keywords: power supply to remote areas; nuclear energy; low-power nuclear power plants; small hydropower.

Атомная энергетика представляет собой один из наиболее перспективных источников экологически чистой и доступной энергии, обеспечивая устойчивое энергоснабжение как промышленных объектов, так и населения, независимо от их территориальной удаленности, временных или экономических ограничений. Ресурсы атомной энергетики ограничены преимущественно технологическими факторами. Однако при достаточных инвестициях в замкнутый топливный цикл обеспеченность топливной базы атомной энергетики может достигать тысяч лет.

Развитие атомных электростанций малой мощности (АСММ) представляет собой важное стратегическое направление, которое будет способствовать повышению эффективности использования энергетических ресурсов. Внедрение АСММ позволит не только оптимизировать эксплуатацию существующих месторождений, но и стимулировать разведку новых, что создаст дополнительные возможности для индустриального роста.

Ограниченность традиционных энергетических ресурсов также представляет собой серьезную проблему. По итогам 2022 года в Российской Федерации было добыто 535 млн тонн нефти и 672,57 млрд куб. м газа. С учетом текущих темпов добычи прогнозируется, что нефти хватит на 35 лет, а газа – на 50 лет [1]. В связи с этим повышается и актуальность внедрения энергоэффективных технологий для производства энергии, что особенно важно для нужд промышленности. Использование атомных электростанций малой мощности позволит сократить зависимость от органических топливно-энергетических ресурсов, таких как нефть и газ, и перейти к использованию уранового топлива, что откроет новые перспективы для развития высокотехнологичных и наукоемких отраслей.

Общая характеристика Ненецкого автономного округа

Ресурсный потенциал Ненецкого автономного округа. Ненецкий автономный округ полностью располагается в арктической зоне, более 90 % его территории находится за полярным кругом. В регионе преобладает добывающая промышленность, доля которой в общем объеме производства составляет 98 %. Округ располагает значительными запасами полезных ископаемых, в первую очередь углеводородного сырья, что делает его важным элементом энергетической безопасности Российской Федерации.

Согласно данным государственного баланса запасов полезных ископаемых Российской Федерации по состоянию на 01.01.2022, в Ненецком автономном округе учтено 97 месторождений углеводородного сырья. Из них: 84 – нефтяных, 6 – нефтегазоконденсатных, 5 – газоконденсатных, 1 – газовое и 1 – газонефтяное месторождение. Разбуренные технологические извлекаемые и оцененные запасы углеводородов составляют [2]:

➤ **Нефть:** общие извлекаемые запасы составляют 1 010,918 млн тонн, из которых на разрабатываемых месторождениях – 604,308 млн тонн, на разведываемых месторождениях – 85,610 млн тонн. Неразбуренные извлекаемые запасы (оцененные) на разрабатываемых месторождениях составляют 191,788 млн тонн, и 129,212 млн тонн – на разведываемых месторождениях.

➤ **Природный газ (включая газ газовых шапок):** общий объем извлекаемых запасов составляет 535,710 млрд м³, из которых на разрабатываемых месторождениях – 120,514 млрд м³, на разведываемых месторождениях – 371,181 млрд м³.

Неразбуренные извлекаемые запасы (оцененные) составляют 11,703 млрд м³ на разрабатываемых месторождениях и 32,312 млрд м³ на разведываемых месторождениях.

Несмотря на богатство природных ресурсов, Ненецкий автономный округ является самым малонаселенным субъектом Российской Федерации, по состоянию на 01.01.2021 г. его население составляет

всего 44 389 человек. Концепция развития энергетического комплекса региона ставит своей основной целью модернизацию энергетической инфраструктуры и снижение зависимости от внешних источников энергии.

На рисунке 1 показан график освоения всех открытых месторождений в округе, иллюстрирующий динамику их разработки.

Современное состояние электроэнергетики Ненецкого автономного округа. Энергосистема Ненецкого автономного округа имеет децентрализованный характер. Инфраструктура энергетического обеспечения региона условно делится на две основные группы объектов. Первая группа включает в себя объекты, находящиеся в государственной и муниципальной собственности. Данные объекты ориентированы на энергообеспечение муниципальных образований округа. Вторая группа состоит из объектов, принадлежащих частным нефтегазовым компаниям, которые занимаются добычей углеводородного сырья на территории округа. Объекты этих двух групп функционируют, с технологической точки зрения, изолированно друг от друга.

Компании первой группы не делятся на генерирующие, сетевые и сбытовые. В эту категорию входят такие предприятия, как Государственное унитарное предприятие Ненецкого автономного округа «Нарьян-Марская электростанция» (ГУП НАО «Нарьян-Марская электростанция», суммарная установленная мощность которой 37,05 МВт) и Муниципальное предприятие Заполярного района «Севержилкомсервис» (МП ЗР «Севержилкомсервис»).

ГУП НАО «Нарьян-Марская электростанция» является единственным генерирующим источником, который обеспечивает электроэнергией город Нарьян-Мар, а также поселки Искателей, Красное и село Тельвиска. Электроснабжение сельских населенных пунктов Ненецкого автономного округа обеспечивают 36 локальных дизельных электростанций (ДЭС), суммарная установленная мощность которых составляет 31 МВт. Эти электростанции находятся в хозяйственном ведении МП ЗР «Севержилкомсервис».

Спрос на электроэнергию в Ненецком автономном округе стабильно превышает объемы полезного отпуска, что обусловлено рядом факторов (рисунок 2). Одной из ключевых причин является недостаточная мощность действующих генерирующих объектов, особенно в удаленных и труднодоступных районах, где энергоснабжение осуществляется преимущественно локальными дизельными



Рисунок 1 – Количество открытых месторождений

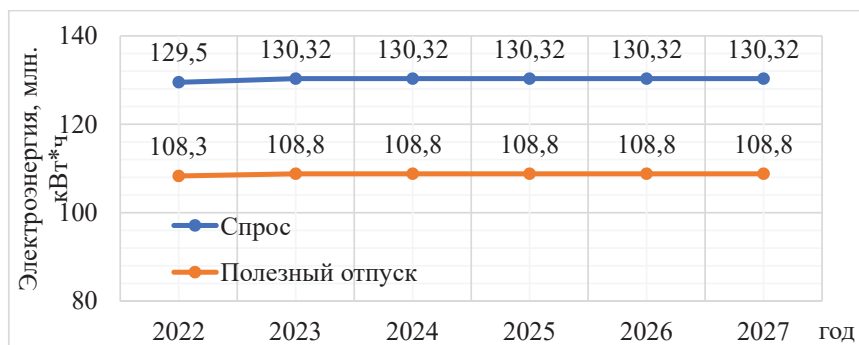


Рисунок 2 – Структура спроса и предложения на рынке электрической энергии по основным группам потребителей

электростанциями. Дополнительно дефицит мощности усугубляется ростом потребления электроэнергии, вызванным развитием нефтегазовой отрасли и необходимостью обеспечения жизнедеятельности удаленных населенных пунктов.

Эксплуатация энергетической инфраструктуры округа осложняется его географическим положением в зоне дальнего севера, что приводит к высоким затратам электроэнергии на собственные нужды. В частности, Нарьян-Марская электростанция, имея установленную мощность с коэффициентом использования (КИУМ) 49,9 %, обеспечивает полезный отпуск электроэнергии лишь на уровне 27,4 % от номинальной мощности [2]. Это свидетельствует о значительных ограничениях энергосистемы округа и подчеркивает необходимость инвестиций в модернизацию и расширение энергетической инфраструктуры с целью повышения эффективности энергоснабжения и удовлетворения растущего спроса.

Объекты энергетической инфраструктуры второй группы, принадлежащие предприятиям нефтегазового сектора, играют ключевую роль в обеспечении энергоснабжения технологических процессов добычи, первичной переработки и транспортировки углеводородов в Ненецком автономном округе. Совокупная установленная мощность этих объектов превышает 350 МВт, однако данный показатель подвержен значительным колебаниям вследствие постоянного перераспределения генерирующего оборудования между месторождениями для покрытия текущих потребностей.

Энергетическая инфраструктура нефтегазовых компаний представлена различными типами установок, включая дизельные и газопоршневые электростанции, газотурбинные установки и энергоцентры, работающие на попутном нефтяном газе. Так, ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» эксплуатирует 103 дизель-генераторные установки суммарной мощностью 65,7 МВт, а также три газотурбинные электростанции общей мощностью 164,6 МВт. ООО «СК «РУСВЬЕТПЕТРО» располагает 15-ю дизельными электростанциями (19,8 МВт), 12-ю газопоршневыми установками (18,4 МВт), газотурбинной электростанцией мощностью 36 МВт, двумя микротурбинными установками (2,4 МВт) и пятью электростанциями, работающими на сырой нефти (8,5 МВт).

На Василковском месторождении ОП ЗАО «Печорнефтегазпром» эксплуатирует две газопоршневые установки общей мощностью 0,6 МВт. Энергосистема ООО «Башнефть-Полнос», работающая в изолированном режиме, включает энергоцентр мощностью 46,2 МВт, состоящий из 42 газопоршневых установок, а также 46 аварийных дизельных электростанций суммарной мощностью 19,8 МВт.

Таким образом, совокупная установленная мощность энергетического комплекса Ненецкого автономного округа по всем потребителям составляет ~420 МВт.

Проблемы инфраструктуры энергетики ненецкого автономного округа. Крупнейший источник электроэнергии в округе – Нарьян-Марская ГТЭС, которая работает на природном газе Василковского

месторождения и снабжает электроэнергией Нарьян-Мар, п. Искателей и с. Тельвиска. Электроснабжение остальных поселков осуществляется, в основном, дизель-электрическими станциями [3].

Тарифы на электроэнергию, вырабатываемую на ДЭС, при нынешнем раскладе цен на нефть имеют очень мало шансов на снижение. По прогнозу МЭР РФ, цены на нефть к 2030 г. достигнут отметки в 151 долл. за баррель по реалистичному прогнозу и 226 долл. – по оптимистичному. Естественно, что в таких условиях цены на дизельное топливо будут только расти, а вслед за ними и тарифы на электроэнергию. Чтобы снизить негативный эффект от роста цен на нефть, необходимо внедрять, где это возможно, комбинированную энергетику.

По данным Госкомстата на 2014 г. из 717 котельных области более 400 работают на дровах, щепе, древесно-топливных гранулах [4].

Для небольших изолированных энергоузлов характерны: высокие удельные расходы топлива, низкие коэффициенты использования установленной мощности, высокий износ оборудования, высокий износ и уровень потерь в местных электрических сетях. Все это приводит к устойчивой тенденции на повышение стоимости энергетических ресурсов в муниципалитетах, и ограничивает развитие экономики данных районов, а предельные значения роста тарифов затрудняют приток инвестиций в модернизацию локальных энергосистем.

Из всего сказанного выше можно выделить первую основную проблему: нынешняя энергетика Ненецкого автономного округа является низкоэффективной и требует значительной модернизации или полного замещения на альтернативные источники.

Топливо-энергетические ресурсы поставляются морским и речным транспортом в период навигации, а в ряд населенных пунктов – по временным дорогам. Существуют поселения, где срок для доставки ресурсов судоходным транспортом при разливе рек в весенний период составляет всего 1–2 недели в год. Состояние генерирующего оборудования поселков и сельских поселений округа изношено, о чем свидетельствует высокий удельный расход топлива – 317 г/кВт·ч. Таким образом, тяжелые климатические условия, неразвитая инфраструктура, отсутствие централизованной системы электроснабжения, труднодоступность территорий и экологические загрязнения привели к тому, что полезный отпуск электроэнергии по муниципальным образованиям постоянно падает [5].

Второй основной проблемой является транспортная доступность источников генерации. Ее актуальность обусловлена высоким удельным потреблением топлива нынешних источников энергии.

Нетрадиционная энергетика в регионах Севера основана на использовании местных ресурсов (энергия ветра, энергия малых рек, солнечная энергия, поэтому их вовлечение в региональную энергетическую систему позволит решить проблемы завоза топлива в населенные пункты арктических регионов и повысит энергетическую безопасность арктических территорий [6].

Автономный округ с его относительно высокой среднегодовой скоростью ветра более 5 м/с (более 40–50 % времени в году 8–10 м/с) и низким коэффициентом вариации в пределах 5–8 % в прибрежных районах, является перспективным для развития ветрогенерации, но низкий КПД ветрогенераторов и большие первоначальные затраты без субсидирования государства делают данную технологию коммерчески не выгодной, что ограничивает ее применение [5].

В границах Ненецкого автономного округа самый крупный город – Нарьян-Мар. Население города 23579 человек. В 90 км от города расположена турбаза «Ханавэй Ся», которая для данного региона является экспериментальным проектом. В качестве источника энергии используется альтернативная энергия, а именно – ветряные станции и 8 солнечных панелей. За год в данном районе количество солнечных дней в году составляет менее 70 дней (менее 1700 часов) [7]. Опыт эксплуатации данной площадки показал, что при работе 5 солнечных панелей энергией в минимальном количестве можно обеспечить работу маломощной сушилки и электрочайника, а также полив огорода. Остаток энергии накапливается в аккумуляторах от КАМАЗов. Такие панели эффективны только в полярный день, но с учетом количества световых дней в году, количество полученной энергии из года в год не увеличится и необходимо искать дополнительные меры генерации, например, в полярную ночь возможно

использовать ветрогенераторы. По опыту эксплуатации солнечные панели, в отличие от ВЭС, показали себя как более надежный источник генерации, поскольку для ВЭС необходимо каждый год выделять дополнительные средства на техническое обслуживание лопастей – они замерзают, ломаются, трескаются. Эти детали требуют постоянной замены и, соответственно, больших затрат [8].

Малая гидроэнергетика в Архангельской области также развита довольно слабо, однако в качестве пилотного проекта подписано соглашение «Норд Гидро» с правительством области о строительстве Соловецкой ГЭС на Большом Соловецком острове.

Малая гидроэнергетика – это один из способов решения проблемы получения дешевой и доступной электроэнергии, но её ограниченная мощность, связанная с отсутствием дополнительных водных ресурсов, делает её непригодной для покрытия бесконечно растущих потребностей промышленных предприятий.

Помимо всего прочего существует еще и ряд недостатков ВИЭ: это зависимость от природных, климатических и погодных условий конкретной местности; относительно малая потенциальная мощность производимой энергии; высокие первоначальные затраты на строительство и монтаж энергообъектов и период окупаемости проекта; отсутствие отечественного оборудования и зависимость от импортных комплектующих; невозможность поддержки бесперебойной работы энергообъектов без наличия резервных источников энергоснабжения.

Все это создает третью проблему изолированных регионов – ВИЭ могут работать только в качестве вспомогательной системы в связке с основным источником генерации.

Решением проблем энергетики Дальнего Севера может быть АСММ (рисунок 3). В отличие от традиционных источников энергии, станция не требует огромных финансовых затрат на транспортировку топлива. Это обусловлено работой одной большой топливной компанией, период между перегрузками топлива составляет 6 лет. При этом удельное тепловыделение уранового топлива превышает, по сравнению с органическими ресурсами, десятки тысяч раз. Также общие затраты на строительство АСММ значительно меньше по сравнению с иными источниками генерации. Кроме того, при реализации ториево-уранового цикла АСММ смогут работать на уране 233, что позволит расширить ресурсную базу и повысить стабильность энерговыработки. Высокая мощность атомной станции позволит покрыть

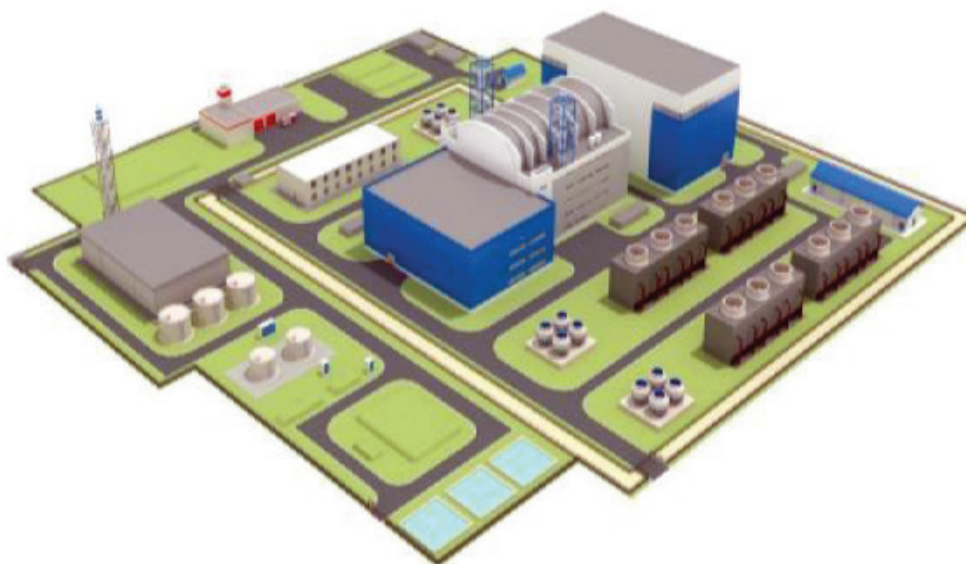


Рисунок 3 – Предполагаемый проект АСММ

Таблица 1 – Удельные капитальные вложения в различные виды генерации электроэнергии

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Значение
1	Наземные ВЭС	Долл. США/кВт	1325 [10]
2	Морские ВЭС		2858 [10]
3	Малые ГЭС		2459 [11]
4	Большие ГЭС		1865 [11]
5	ТЭС (ПГУ-450)		2366 [12]
6	ТЭС (К-300-240)		3374 [12]
7	АЭС		1681 [13]
8	Модульные АЭС малой и средней мощности		2017–3362 [14]

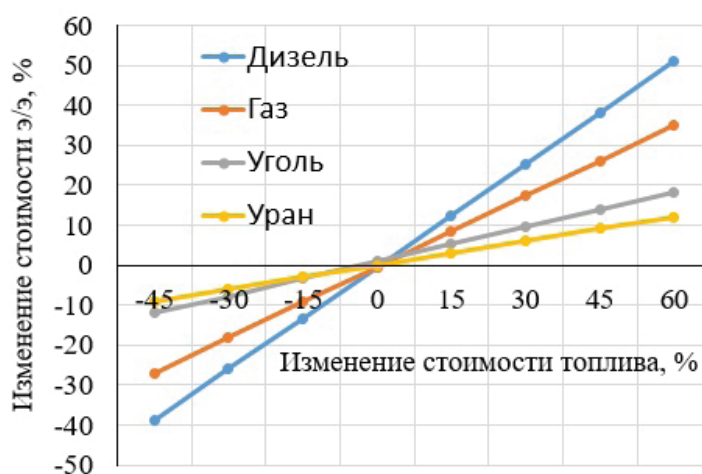


Рисунок 4 – Чувствительность стоимости э/э к ценам на топливо

все потребности в электроэнергии и теплоте как промышленных предприятий, так и населения. Еще одно преимущество АСММ – это отсутствие выбросов. Причем не только парниковых газов, о которых принято говорить в связи с изменениями климата, но и сажи, и других вредных веществ [9].

Таким образом, все сказанное выше позволяет сделать вывод о том, что единственный способ решить все вышеупомянутые проблемы – это строительство АСММ в качестве основного источника генерации в связке с возобновляемыми источниками энергии и ДЭС на труднодоступных территориях.

Анализ имеющихся литературных данных позволил провести сравнительную оценку удельных капитальных вложений в различные виды генерации электроэнергии. Удельные капитальные вложения в различные виды генерации электроэнергии приведены в таблице 1.

В настоящее время строительство и проектирование АСММ происходит по рекомендациям, изложенным в регулирующих документах для строительства АЭС, а в случае внесения изменений в регулирующие документы, стоимость удельных капитальных вложений в строительство малых станций будет сопоставима с АЭС. Однако даже несмотря на это, учитывая приведенные выше данные, можно предположить, что технология создания АСММ вполне может конкурировать с традиционными источниками генерации и ВИЭ.

Удельные капитальные вложения в строительство АСММ могут быть сопоставимы с традиционными источниками генерации, однако их эксплуатационные расходы значительно ниже. Кроме того, анализ чувствительности стоимости электроэнергии к ценам на топливо (рисунок 4) показывает, что в отличие от традиционных энергоресурсов, цена уранового топлива оказывает минимальное влияние на стоимость вырабатываемой энергии [10–15]. Это объясняется тем, что его доля в себестоимости генерации на АЭС составляет менее 10 %. Таким образом, даже при изменениях в топливной политике или рыночных колебаниях цен на энергоносители, атомные станции, включая АСММ, остаются экономически устойчивыми.

В заключение можно с большой долей ответственности утверждать, что АСММ представляют собой не только конкурентоспособную, но и перспективную технологию, способную обеспечить стабильное энергоснабжение при минимальном влиянии рыночных факторов. Высокая устойчивость к колебаниям стоимости топлива делает их важным элементом будущей энергосистемы, ориентированной на надежность и эффективность.

Поступила: 13.03.2025; рецензирована: 28.03.2025; принята: 31.03.2025.

Литература

1. Гальперин А. Запасы нефти и газа в России: на сколько лет хватит и чем грозит их истощение / А. Гальперин // «Риано». URL: [https://riano.ru/article/692488/zapasy-nefti-i-gaza-v-rossii-na-skolko-let-hvatit-i-chem-grozit-ih-ischischanie#:~:text=\(data%20obrasheniya%3A24.03.2024\).](https://riano.ru/article/692488/zapasy-nefti-i-gaza-v-rossii-na-skolko-let-hvatit-i-chem-grozit-ih-ischischanie#:~:text=(data%20obrasheniya%3A24.03.2024).)
2. Схемы и программы развития электроэнергетики Ненецкого автономного округа / Департамент строительства, жилищно-коммунального хозяйства, энергетики и транспорта Ненецкого автономного округа. URL: <https://gkh.adm-nao.ru/energetika/elektroenergetika/shemy-i-programmy-razvitiya-elektroenergetiki-nenetskogo-avtonomnogo-ok/?ysclid=m8gzd09skx121914593> (дата обращения: 24.03.2024).
3. Коновалова О.Е. Малая возобновляемая энергетика на северо-западе Арктики / О.Е. Коновалова, Г.В. Никифорова // Труды Кольского научного центра РАН. 2016.
4. Малая возобновляемая энергетика Архангельской области // Bellona: сайт. URL: <https://www.belona.ru> (дата обращения: 24.03.2024).
5. Иванов А.В. Проблемы развития изолированных энергорайонов в арктической зоне Российской Федерации / А.В. Иванов // Филиал АО «СО ЕЭС». 2021.
6. Гасникова А.А. Роль традиционной и альтернативной энергетики в регионах Севера / А.А. Гасникова // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2013. № 5. С. 77–88.
7. Количество солнечных часов и дней в году по городам России. Инфографика. URL: https://aif.ru/society/nature/kolichestvo_solnechnyh_chasov_i_dney_v_godu_po_gorodam_rossii_infografika.
8. Ветряк или солнечная батарея: опыт хозяина турбизнеса в ненецкой тундре. URL: <https://fedpress.ru/article/3216232>.
9. Дорохова И. АСММ на подходах к воплощению / И. Дорохова // Атомный эксперт. 2020. № 1-2_
10. Возобновляемая энергетика в России и мире / РЭА Минэнерго России. 105 с.
11. Марков М.О. Механизмы поддержки развития малых ГЭС в России и в мире / М.О. Марков // ПАО «Русгидро». 24 с. URL: <https://hydropower.ru/lib/catalog/55/element/54/11037/>
12. Барановский В.В. Техно-экономическое обоснование создания тепловых электрических станций: учебное пособие. Ч. 1. / В.В. Барановский, Т.Ю. Короткова. СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2018. 29 с.
13. Какие станции строить? // Атомный эксперт/ URL: <https://archive.atomicexpert.com/page218810.html> (дата обращения: 12.05.2024).
14. Атомные станции малой мощности: новое направление развития энергетики. Т. 2 / под ред. акад. РАН А.А. Саркисова. М.: Академ-Принт, 2015. 387 с.
15. Гетто А. А. Оценка влияния энергоисточника на возможности развития ресурсной базы / А.А. Гетто, А.А. Воробьев // Экономические и социальные аспекты развития энергетики: 19-я всеросс. (11-я международная) научно-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых: в 6 т. Иваново, 14–16 мая 2024 г. Иваново: Иванов. гос. энергетич. ун-т им. В.И. Ленина, 2024. С. 27.