

Арктика и Север. 2023. № 51. С. 73–88.
Научная статья
УДК [338.22:620.9](985)(045)
doi: 10.37482/issn2221-2698.2023.51.73

Инновационные процессы в энергетической отрасли арктического региона

Вопиловский Сергей Симонович ^{1✉}, кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник

¹ Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина — обособленное подразделение ФГБУН Федерального исследовательского центра КНЦ РАН, ул. Ферсмана, 24а, Апатиты, Россия

¹ simonovich.63@yandex.ru ✉, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2873-1425>

Аннотация. Движение вперёд, стремление к совершенству любой деятельности человечества связано с инновационным развитием технологий выпускаемого продукта, трудовых отношений и других факторов. В исследовании представлены результаты совместной деятельности образовательных, научных и производственных организаций в энергетической отрасли страны. Установлено, что с ускорением научно-технического прогресса инновации и инвестиционные технологические процессы становятся ключевыми компонентами деятельности государства и бизнеса, которые способствуют развитию компаний энергетического сектора для обеспечения их долгосрочной конкурентоспособности, что особенно важно при реализации арктических проектов. Важность разработки и создания инновационного технологического продукта особенно остро проявляется в энергетической отрасли, обеспечивающей жизнедеятельность людей, предприятий, страны. Энергетика является довольно консервативной отраслью в отношении инноваций (это связано с длительным жизненным циклом основного оборудования, который составляет несколько десятков лет), созданных отечественными предприятиями с использованием исключительно наших составляющих. Модернизация и строительство новых объектов в Арктической зоне Российской Федерации в энергетике требует значительных инвестиций с длительными сроками окупаемости, что является весомым фактором в принятии решений. Малый и средний бизнес, осуществляющий деятельность в энергетике, настроен на получение прибыли в краткосрочной или среднесрочной перспективе, но такие компании характеризуются низким уровнем научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. Тем не менее, реконструкция энергетического хозяйства является актуальной тематикой современного устройства отрасли в связи с тем, что износ оборудования превышает сроки эксплуатации. Отмечены ключевые результаты инвестиционной деятельности и ключевые направления развития энергетической отрасли, в том числе в Арктике. Цель исследования — выявить долгосрочные тренды инновационных технологических решений в различных областях энергетического сектора страны и определить методы их применения в арктических проектах.

Ключевые слова: экономика, энергетика, технологии, Арктическая зона России, инновации, инвестиции, возобновляемые источники энергии, атомная энергетика, научно-технический прогресс, генерация

Innovation Processes in the Energy Sector of the Arctic Region

Sergey S. Vopilovskiy ^{1✉}, Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Senior Researcher

¹ Luzin Institute for Economic Studies — Subdivision of the Federal Research Centre “Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences”, ul. Fersmana, 24a, Apatity, Russia

¹ simonovich.63@yandex.ru ✉, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2873-1425>

* © Вопиловский С.С., 2023

Для цитирования: Вопиловский С.С. Инновационные процессы в энергетической отрасли арктического региона // Арктика и Север. 2023. № 51. С. 73–88. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2023.51.73

For citation: Vopilovskiy S.S. Innovation Processes in the Energy Sector of the Arctic Region. *Arktika i Sever* [Arctic and North], 2023, no. 51, pp. 73–88. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2023.51.73

Abstract. Moving forward, striving for perfection of any human activity is associated with innovative development of technologies, manufactured products, labor relations and other factors. The study presents the results of the joint activities of educational, scientific and industrial organizations in the energy sector of the country. It has been established that with the acceleration of scientific and technological progress, innovations and investment technological processes are becoming key components of government and business activities that contribute to the development of energy sector companies to ensure their long-term competitiveness, which is especially important when implementing Arctic projects. The importance of developing and creating an innovative technological product is especially acute in the energy industry that provides life support for people, businesses, and the country. The energy sector is a rather conservative industry in terms of innovations (this is due to the long life cycle of the main equipment, which is several dozens of years), created by domestic enterprises using exclusively domestic components. Modernization and construction of new facilities in the Arctic zone of the Russian Federation in the energy sector requires significant investments with long payback periods, which is a significant factor in decision-making. Small and medium-sized businesses operating in the energy sector are set to make a profit in the short or medium term, but such companies are characterized by a low level of research and development. Nevertheless, the reconstruction of the energy sector is an urgent topic for the industry today, due to the fact that the wear and tear of equipment exceeds its service life. The key results of investment activities and key trends in the development of the energy sector, including in the Arctic, are highlighted. The purpose of the study is to identify long-term trends in innovative technological solutions in various areas of the country's energy sector and to determine methods for their application in Arctic projects.

Keywords: *economics, energy, technology, Russian Arctic zone, innovation, investment, renewable energy source, nuclear energy, scientific and technological progress, generation*

Введение

Энергообеспечение для промышленного и социально-экономического освоения и развития территорий является ключевым вопросом, а для Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) это особенно значимо и первостепенно: тепло и электричество являются главной жизненной необходимостью [1, 2]. Концептуально процессы технологического развития и безопасности энергетического сектора Арктики необходимо рассматривать с позиции таких ключевых аспектов, как:

- Арктическая территория и акватория — доминирующий источник ископаемой энергии для экономических интересов всего государства;
- АЗРФ как обширная площадка, на которой разворачивается большая хозяйственная деятельность, требующая внушительных энергетических ресурсов;
- энергетическая отрасль Арктической зоны — крупный инвестиционный проект государства и бизнеса.

Данные аспекты целесообразно рассматривать в совокупности и соответствии с общими тенденциями, сложившимися после февральских событий в энергетике и стране.

Объективная реальность текущего этапа — разделение мира на «дружественные» и «недружественные» страны, что приводит к стагнации международной кооперации во всех политико-экономических и социально-культурных аспектах между этими странами. Компании «недружественных» стран уходят из России, лишаясь доходного бизнеса на рынке, выстроенного десятилетиями, имевшем статус одного из значимых и востребованных в мировой экономике, неся большие финансовые потери. Зеркальная ситуация с российским бизнесом, покидающим рынки этих стран. Совместные экономические и научные проекты ста-

вят на паузу, в крайнем случае — закрывают. Энергетическая отрасль России, как «острейший индикатор», продемонстрировала несостоятельность теории о международном разделении труда (с «недружественными» странами), и Россия в своём развитии делает ставку на собственные ресурсы [3]. Тем не менее, Россия не опускает «железный занавес», а напротив, прилагает серьёзные усилия для сохранения экономических связей с ведущими экономиками восточного мира в целях создания и владения инновационными компетенциями и технологиями [4].

Высокотехнологичные процессы в энергетике страны формируют мировую конкурентоспособность, а консолидация и обмен научными разработками, основанными на инновационных компетенциях, становятся определяющим показателем в реализации уникальных технологий.

Инновации и инновационные технологии

Уникальные технологические инновационные системы (ТИС) находят широкое применение в развитии инноваций, увеличивают надёжность тепло-, энергоснабжения, повышают экономические показатели энергетических систем, определяют политико-социальные факторы граждан страны-разработчика [5].

Федеральным законом № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике»¹ определены основные понятия (ст. 2) в области научной, инновационной деятельности и др.

Инновационная деятельность — деятельность (включая научную, технологическую, организационную, финансовую и коммерческую деятельность), направленная на реализацию инновационных проектов, а также на создание инновационной инфраструктуры и обеспечение её деятельности.

Инновационная инфраструктура — совокупность организаций, способствующих реализации инновационных проектов, включая предоставление управленческих, материально-технических, финансовых, информационных, консультационных и организационных услуг.

Инновации — введённый в употребление новый или значительно улучшенный продукт (товар, услуга) или процесс, новый метод продаж или новый организационный метод в деловой практике, организации рабочих мест или во внешних связях.

Технологические инновации разрабатываются и используются в самом широком спектре энергетического сектора: генерация, транспортировка, преобразование, диагностика, управление режимами системы, автоматизация и цифровизация и др.

Определяющим условием является уровень внедрения научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок (НИОКР) и уровень научно-технического прогресса (НТП), в частности в области энергетики, в широком понимании, страны в целом [6, 7].

¹ Федеральный закон от 23.08.1996 г. № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике». URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/9973> (дата обращения: 05.01.2023).

Ключевые результаты инвестиционной деятельности по итогам 2020 г.

По результатам исследования «Инновационное развитие Российской Федерации в 2020 году» ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ² представлены данные по макроэкономическим показателям, инновационному потенциалу, инфраструктурному и кадровому потенциалу; финансовому обеспечению инноваций, результатам инновационной деятельности РФ в 2020 г.

Анализируя макроэкономические показатели, отметим ключевые:

- население: по данным на 01.01.2021 г., численность населения РФ составила 146 171,0 тыс. человек (в 2020 г. по сравнению с 2021 сокращение численности населения составило 577,6 тыс. человек);
- промышленность: в 2020 г. индекс промышленного производства сократился и составил 97,9% к уровню 2019 г. Рост отмечался в Центральном (+ 9%) и Северо-Кавказском (+ 8,4%) федеральных округах;
- инвестиции: в 2020 г. для развития экономики и социальной сферы РФ было привлечено 20 302,9 млрд рублей инвестиций. Динамика инвестиций в основной капитал в сопоставимых целях в 2020 г. составила 99,5% к уровню 2019 г.;
- инфраструктурный потенциал: инновационную деятельность в 2020 г. в РФ осуществляли 11 386 организаций, что на 15,7% больше, чем в 2019 г.;
- финансовое обеспечение инноваций: финансирование внутренних затрат на исследования и разработки в 2020 г. в РФ составило 1 174 534,3 млн рублей; в структуре внутренних затрат в 2020 г. в РФ 92,9% пришлось на внутренние текущие затраты и 7,1% на капитальные; по социально-экономическим целям в 2020 году в РФ более всего финансировались научные исследования и разработки в области промышленного производства — 28% и общего развития науки — 19,1% от общего объема внутренних затрат на исследования и разработки, представлены в табл. 1; затраты на технологические инновации (затраты на инновационную деятельность) в 2020 г. в РФ составили 2 134,0 млрд рублей, представлены в табл. 2;
- результаты инновационной деятельности: в 2020 г. предприятиями и организациями РФ было отгружено инновационных товаров, работ, услуг на 5 189 046,2 млн рублей; из объектов интеллектуальной собственности было использовано: 20 636 изобретений, 16 920 программ для ЭВМ, 7 098 полезных моделей, 2 825 промышленных образцов и др.; коэффициент изобретательской активности в РФ в 2020 г. составил 1,63 поданных патентных заявок на 10 тыс. человек населения. С 2015 г. инновационная активность учёных снизилась на 18,5%.

² Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт — республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы» (ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ). URL: https://www.miiris.ru/digest/analitika_RF.pdf (дата обращения: 05.01.2023).

Таблица 1
 Внутренние затраты на научные исследования и разработки в РФ по социально-экономическим целям в 2020 г., млн рублей; %

Научные исследования и разработки	млн рублей	%
Промышленное производство	329 248,2	
Общее развитие науки	223 783,0	19,1
Производство, распределение и рац. использование энергии	32 888,6	2,8
Социальные цели	70 988,4	6,0
Использование космоса в мирных целях	48 882,6	4,2
Сельское хозяйство, лесоводство, рыболовство	30 140,8	2,6
Исследование и использование Земли и атмосферы	44 365,8	3,8
Другие цели	394 236,8	33,6

Таблица 2
 Затраты на технологические инновации по социально-экономическим целям в РФ в 2020 г., млн рублей; %

Научные исследования и разработки	млн рублей	%
Исследование и разработка новых продуктов, услуг и методов их производства (передачи), новых производственных процессов	945 623,9	44,3
Приобретение машин, оборудования, прочих основных средств	713 523,8	33,4
Инжиниринг	149 772,7	7,0
Разработка и приобретение программ для ЭВМ и баз данных	87 331,9	4,1
Прочие затраты, связанные с осуществлением инновационной деятельности	237 786,2	11,1

Энергетика России переживает своё перерождение, развивая и внедряя новые технологии, она модернизируется стремительными темпами, поскольку население страны обеспокоено проблемами энергетической безопасности, экономного и безопасного использования энергетических ресурсов [8].

Производство электрической энергии

В Мурманской области, которая полностью входит Арктическую зону Российской Федерации (АЗРФ), строится гидроэлектростанция (ГЭС) «Арктика» в рамках реализации концепции развития экологически чистых электрических мощностей, осуществляющих генерацию с минимальным «углеродным следом» (проектная мощность станции составит 16 МВт). ПАО ТГК-1 («Территориальная генерирующая компания № 1») ³ планирует запустить ГЭС с использованием новейших технологий в 2026 году. ГЭС «Арктика» станет восьмой станцией Пазского каскада. Строительство на реке Паз (Патсойоки), вытекающей из озера Инари (Финляндия) в северо-западной части Кольского полуострова, началось в 1955 г. в рамках советско-финляндско-норвежского сотрудничества, предполагающего совместное использование водных ресурсов [9, 10].

³ ПАО ТГК-1 («Территориальная генерирующая компания №1»). URL: <https://www.tgc1.ru/about/> (дата обращения: 05.01.2023).

Госкорпорация «Росатом»⁴ на практике реализует концепцию двухкомпонентной атомной энергетики с использованием реакторов большой мощности с замкнутым ядерно-топливным циклом (ЗЯТЦ) [11]. Российскими учёными-ядерщиками в 2022 г. выведен на 100%-й уровень мощности с полной загрузкой инновационным МОКС-топливом⁵ 4-й энергоблок Белоярской АЭС в Свердловской области⁶. Данный факт демонстрирует технологический прорыв к замкнутому ядерному циклу, а применение МОКС-топлива позволит в разы увеличить топливную базу атомной энергетики — повторно, после соответствующей обработки, использовать облучённое ядерное топливо других АЭС, скопившееся на ядерных «могильниках» в том числе (в нашей стране в хранилищах находится примерно 14 тыс. т ОЯТ, которое можно использовать для производства МОКС-топлива и реакторов на быстрых нейтронах)⁷.

В данном случае «мирный атом» будет работать на благо человечества и сможет обеспечивать потребителей дешёвой электроэнергией, не принося вреда экологии. Реализована концепция, ради которой проектировался БН-800, строился уникальный энергоблок и автоматизированное производство топлива на горно-химическом комбинате (ГХК)⁸. В проектах Белоярской АЭС в 2023 г. начать испытания реактора БН-1200М, который может стать серийным проектом и на практике замкнуть ядерно-топливный цикл в ядерной энергетике России.

С уникальными технологиями в атомной энергетике Росатом осуществляет проект «Прорыв» с применением концепции БРЕСТ⁹ (Быстрый Реактор Естественной безопасности / Быстрый Реактор Естественной безопасности со Свинцовым Теплоносителем), обладающий свойствами: исключения аварий, требующих эвакуации, выводящих из хозяйственного использования значительные территории, за счёт уникальных конструктивных методов.

На текущем этапе малые модульные ядерные реакторы (ММР) представляют перспективное развитие атомной энергетики. Действующие и создаваемые новые образцы ММР позволяют говорить об их проекционном применении.

- Действующие. В морской арктический порт Певек в 2020 г. для устойчивого развития северных удалённых территорий электроэнергией и теплом доставлен российский плавучий энергоблок (ПЭБ) «Академик Ломоносов». Плавучая атомная тепло-

⁴ Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом» (Госкорпорация «Росатом»). URL: <https://www.rosatom.ru/index.html> (дата обращения: 05.01.2023).

⁵ МОКС-топливо (англ. Mixed-Oxide fuel) — ядерное топливо, содержащее несколько видов оксидов делящихся материалов.

⁶ Реактор БН-800 полностью перешёл на МОКС-топливо. URL: <https://strana-rosatom.ru/2022/09/09/reaktor-bn-800-polnostju-pereshel-na-moks/> (дата обращения: 05.01.2023).

⁷ Шамые Г. Бесконечная энергия: в России придумали способ сделать атомные электростанции «вечными». URL: https://hi-tech.mail.ru/review/59791-beskonechnaya-energiya-v-rossii-pridumali-sposob-sdelat-atomnye-elektrostantsii-v/#a03_59791 (дата обращения: 05.01.2023).

⁸ Горно-химический комбинат. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Горно-химический_комбинат (дата обращения: 05.01.2023).

⁹ Герасименко В. Реактор БРЕСТ-300 и замкнутый цикл в ядерной энергетике. URL: <https://habr.com/ru/company/macloud/blog/563830/> (дата обращения: 05.01.2023).

электростанция (ПАТЭС) — это новый класс мобильных источников энергии на базе современных российских атомных технологий, её запуск стал реальным прорывом в генерации электроэнергии и тепла. В её состав входит сеть уникальной инфраструктуры: ПЭБ — оснащённый двумя реакторами КЛТ-40С; специальные гидротехнические сооружения — обеспечивают безопасную стоянку в морском порту; береговая площадка со специальными сооружениями — обеспечивают доставку электро- и тепловой энергии потребителям. ПАТЭС «Академик Ломоносов» — полностью отечественная разработка, проект 20870 электрической мощностью 70 МВт, тепловой — 50 Гкал/час [1].

- Новые. В планах ОАО «Атомэнергомаш»¹⁰ предусмотрено строительство четырёх ПАТЭС для Баимского ГОКа в акватории мыса Наглеингын в Чукотском автономном округе (полностью входит в АЗРФ) с восьмью реакторами «РИТМ-200М», оптимизированные плавучие энергетические блоки способны вырабатывать 100 МВт электричества и 350 Гкал/ч тепловой энергии. Срок эксплуатации модернизированных установок — до 60 лет. В Чукотском АО будет реализован проект электрификации промышленного кластера с использованием ПАЭС в области применения «зелёной» генерации, также данный проект является пилотным проектом серийного выпуска атомных плавучих энергетических блоков разной мощности и разных дизайнов. Новые плавэнергоблоки будут выпускаться для разных климатических условий — для Крайнего Севера и для тропических широт — на базе РУ «РИТМ-200» и «РИТМ-400» (более мощная версия)¹¹. В целом представляется инновационное и прорывное решение по подключению потребителей к электрической и тепловой энергии в удалённых районах.

Строительство объектов Биамского ГОКа для освоения медно-порфирового месторождения «Песчанка» является самым северным из крупнейших месторождений в мире и, возможно, станет одним из наиболее технологически оснащённых.

ГК «Росатом» является одним из технологических лидеров в секторе чистой энергетики. Компания ведёт активную работу по созданию высокотехнологичной основы на всех направлениях: так, на Кольской АЭС (Мурманская область) новая электролизная установка отечественного производства произвела первый водород, необходимый для охлаждения турбогенераторов. Данная установка производит водород чистотой 99,999%, а специальная система деионизации и другие технические решения обеспечивают надёжность и безопасность работы. Водородная энергетика является приоритетным направлением научно-технологического развития ГК «Росатом», а опыт Кольской АЭС по обращению с водородом сделал её пилотной площадкой для производства водорода в стране.

¹⁰ Открытое акционерное общество «Атомное и энергетическое машиностроение». URL: <https://www.atomic-energy.ru/Atomenergomash> (дата обращения: 05.01.2023).

¹¹ «Плавучие АЭС: мобильные атомные решения для энергосистем будущего». Энергетический форум «Томэкс-по-2022». URL: <https://www.atomic-energy.ru/news/2022/11/24/130533> (дата обращения: 05.01.2023).

В планах ГК «Росатом» возведение свыше трёх десятков блоков в разных странах. На заводах госкорпорации на разных стадиях изготовления находится современное технологичное оборудование для индийской АЭС «Куданкулам», турецкой «Аккую», китайских «Сюйдапу» и Тяньваньской АЭС, станции «Руппур» в Бангладеш, египетской «Эль-Дабаа» и др [12].

В Отчёте Всемирной ядерной ассоциации (World Nuclear Performance Report 2022 ¹²) подведены итоги 2021 г. в мировой атомной отрасли, основанные на данных, собранных Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ) для реакторов, находящихся в эксплуатации сегодня и тех, которые в настоящее время находятся на стадии строительства. Данный Отчёт даёт оценку вклада атомной энергетики в энергоснабжение во всём мире.

Отмечена следующая статистика в ядерной энергетике.

Атомные реакторы в 2021 г. выработали — 2653 ТВт/ч, увеличение составило 100 ТВт/ч к 2020 г. В 2021 г. атомная генерация увеличилась в Африке, Азии, Восточной Европе, России и Южной Америке. Выработка увеличилась в Западной и Центральной Европе, но в этом регионе общая тенденция остаётся понижательной. В северной Америке выработка снижается второй год подряд, поскольку в США было закрыто больше реакторов.

Коэффициент использования установленной мощности (КУИМ) станций в среднем по миру в 2021 г. составил 82,4% (в 2020 г. — 80,3%). Увеличение КУИМ в среднем по миру наблюдается у реакторов всех возрастов, а не только у реакторов современной конструкции.

Анализируя Отчёт Единой энергетической системы России ¹³, следует выделить такие ключевые показатели, как:

- объём производства электроэнергии в мае 2022 г. электростанциями ЕЭС России составил 85 834,1 млн кВт/ч. Основную нагрузку по обеспечению спроса на электроэнергию несли тепловые электростанции, выработка которых составила 41 671,5 млн кВт/ч. Выработка ГЭС за тот же период составила 19 380,8 млн кВт/ч, выработка АЭС — 18 511,8 млн кВт/ч, производство электроэнергии возобновляемыми источниками ВЭС, СЭС составило 451,6 млн кВт/ч и 307,2 млн кВт/ч соответственно, выработка электростанций, являющихся частью технологических комплексов промышленных предприятий и предназначенных в основном для снабжения их электроэнергией (электростанций промышленных предприятий) — 5 511,0 млн кВт/ч. [13].
- структура вводов генерирующего оборудования на электростанциях ЕЭС России (табл. 3).

¹² World Nuclear Performance Report 2022. URL: <https://www.world-nuclear.org/our-association/publications/global-trends-reports/world-nuclear-performance-report.aspx> (дата обращения: 05.01.2023).

¹³ «Единая энергетическая система России: промежуточные итоги». URL: https://www.soups.ru/fileadmin/files/company/reports/ups-review/2022/ups_review_0522.pdf (дата обращения: 05.01.2023).

Таблица 3

Структура вводов генерирующего оборудования на электростанциях ЕЭС России в период 2020–2022 гг. (МВт)

Год	Всего	ТЭС всего	ТЭС газ	ТЭС уголь	ТЭС прочее	ГЭС	АЭС	ВЭС	СЭС
2020	1 865,2	636,9	310,0	327,0		20,9		843,4	364,0
2021	2 716,1	286,1	286,1				1 188,2	1 008,9	232,9
01.06.2022	214,6	112,0	12,0	100,0					102,6

В итоге атомная энергетика воспринимается как важная мера по защите климата — это признание роли атомной энергетики в достижении целей по декарбонизации.

Строительство линий электропередачи, трансформация в области силового оборудования

Строительство энергообъектов в АЗРФ ведётся в экстремально сложных природно-климатических условиях Арктики, следовательно, подход к проведению строительных работ в этих условиях должен опираться на выполнение основных принципов — экологической безопасности, экономической эффективности и технической надёжности. На текущем этапе осуществляется строительство новой линии электропередачи (ЛЭП) 100 кВ «Певек — Билибино», она заменит существующую ЛЭП, характеризующуюся высоким износом, и обеспечит надёжное энергоснабжение крупнейшего инфраструктурного энергоцентра в Билибино. На первом этапе реализации проекта предполагается установка одноцепной линии электропередачи длиной 490,6 км, строительство подстанции 110 кВ «Комсомольский» и распределительного пункта «Билибино». На втором этапе будет установлена вторая цепь линии электропередачи, построен переключательный пункт «Бетта» и реконструирована подстанция «Южный». Реализация проекта предполагает применение инновационных высокотехнологических решений, которые находят широкое применение в различных областях энергетического сектора. В частности, при строительстве подстанций 110 кВ, обеспечивающих энергетические мощности Амурского газохимического комплекса, московский «Электрозавод» спроектировал новый современный трёхфазный блочный трансформатор повышенной мощности 80 МВт и 160 МВт. При производстве этого силового оборудования применены передовые конструкторские решения и инновационные технологии изготовления. В результате электрические аппараты по техническим характеристикам соответствуют отечественным и мировым стандартам, оборудование стало удобнее в монтаже и эксплуатации, а спроектированные интеллектуальные системы мониторинга и диагностики российского производства позволяют контролировать параметры состояния силовых агрегатов и заранее формировать прогноз об их техническом состоянии в режиме онлайн: для своевременного технического обслуживания. Для эффективной эксплуатации новой ЛЭП возможно применение комплексной системы мониторинга воздушных линий, которую разработали и внедрили в работу сотрудники Казанского государственного энергетического университета. Электрический аппарат, входящий в систему, работает автономно на энергии провода ЛЭП, считывает и передаёт её параметры, необходимые диспетчер-

скому управлению, в онлайн-режиме: короткое замыкание (КЗ), обрыв, образование льда, измерение температуры окружающей среды и многое другое.

В Мурманской области для строительства ЛЭП для технологического присоединения объектов территории опережающего развития (ТОР) «Столица Арктики» и Арктической зоны на западном берегу Кольского залива прорабатываются предложения по организации финансирования, по предварительным подсчётам, необходимо около 3 млрд рублей.

При реализации проекта «Восток Ойл» (север Красноярского края) [14] ключевое значение имеют объекты энергетики. Планируется строительство 13 электростанций суммарной установленной мощностью около 3,5 ГВт, примерно 200 электроподстанций и более 7 000 км ЛЭП. Данные объекты энергоснабжения крупнейшего инвестиционного проекта российской экономики будут возводиться с использованием высокотехнологических решений для обеспечения максимального использования условий надёжности и экологической безопасности.

В Арктической зоне РФ реализация проектов преимущественно направлена на использование «чистой» энергии с нулевым уровнем выброса парниковых газов [15]. Компании, осуществляющие проекты в АЗРФ, стремятся глобально использовать энергию ветра. В Мурманской области в декабре 2022 г. введена в эксплуатацию первая очередь (мощность 170 МВт) самой крупной ветроэлектростанции России Кольской ВЭС — проектная мощность 201 МВт (ввод второй завершающей очереди оставшейся мощности запланирован на 1 квартал 2023 г.). Реализацию проекта осуществляет ПАО «Энел Россия», более 65% процентов оборудования и работ произведено на территории Российской Федерации местными заводами и специализированными компаниями. На площади 257 гектаров установлено 57 ветроэнергоустановок, для технического присоединения проекта к Единой энергетической системе (ЕЭС) России построена ЛЭП 150 кВ протяжённостью около 70 км, лопасти ветроустановок оснащены системами обнаружения обледенения, которые позволяют заранее определить риск возникновения наледи и в автоматическом режиме остановить их вращение, установлены ветрогенераторы SG 3.4-145 номинальной мощностью 3,465 МВт и диаметром ротора 145 метров (производство Siemens Gamesa).

При строительстве силового оборудования электрических станций и подстанций широкое применение получили автоматизированные системы управления — одно из направлений применения прорывных технологий. Расширение внедрения интеллектуальных электрических аппаратов, ввод гибких систем мониторинга открывает возможности повысить экономический эффект энергообъектов [16, 17]. Передовые технологии позволяют в большей мере использовать мехатронные сервисные устройства, подъёмно-транспортные роботы и дроны. В частности, в больших масляных трансформаторах применяют передовые роботизированные решения — компактное устройство с дистанционным управлением — робот с герметическим корпусом, функционал которого позволяет проводить съёмку трансформатора изнутри, по проводным каналам связи передавать видео

оператору, что позволяет оперативно изучить проблему с привлечением узкопрофильных специалистов. Неоспоримым преимуществом внедрения автоматизированных устройств с применением инновационных технологий является экономическая составляющая — робот может работать в режиме 24/7 [18].

Наука и высшее образование

Активное участие отечественной науки по разработке наукоёмких продуктов, услуг и обеспечению конкурентоспособности нашей страны в сфере высоких технологий позволяет материализовать востребованные экономикой решения и внедрять уникальные образцы промышленной продукции. Одним из важнейших направлений, где необходимы прорывные научные открытия для укрепления технологического суверенитета, является электроника [19]. Правительством РФ поставлены задачи по развитию собственного профильного электронного машиностроения, производства компонентов, технологического и вспомогательного оборудования, разработана обновлённая концепция развития российской микроэлектроники до 2030 г.¹⁴, выделено финансирование около 2,74 трлн рублей. Тем не менее, ведущие научные институты уже работают над решением задач, связанных с запуском новых технологий [20].

Учёные из Новосибирского Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН и Института неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН создали технологию создания приборов для электроники нового поколения. Инновационная технология позволяет выращивать высококачественные монокристаллы VO_2 М-фазы. Кристаллы М-фазы способны переключаться из полупроводникового состояния в металлическое при температурах, близких к комнатной. Российские учёные смогли управляемо синтезировать не только отдельные нанокристаллы и их массивы, но и более сложные структуры VO_2 в виде трёхмерных массивов наноколец. В результате исследований создана технология формирования наноприборов для нанофотоники, которая нашла применение в создании логических наноэлементов в «умных» материалах, нейроморфных компьютерах, сенсорах и оптических фотонных устройствах¹⁵.

«Зеленоградский нанотехнологический центр» («ЗНТЦ») является резидентом особой экономической зоны (ОЭЗ) «Технополис Москва», планирует запустить производство фотонных интегральных микросхем и модулей для телекоммуникационного оборудования. Фотонные технологии востребованы у ведущих производителей и заказчиков высоко-

¹⁴ Минпромторг подготовил концепцию развития отечественной микроэлектроники до 2030 года. URL: <https://www.gazeta.ru/business/news/2022/09/13/18549703.shtml> (дата обращения: 05.01.2023).

¹⁵ Новосибирские учёные создали технологию формирования приборов для электроники будущего. URL: <https://scientificrussia.ru/articles/razrabotana-tehnologiya-formirovaniya-nanopriborov-dlya-nejromorfnyh-sistem-i-nanofotoniki> (дата обращения: 05.01.2023).

скоростного оборудования, они позволяют увеличить скорость передачи информации более чем в 100 раз¹⁶.

Учёными Томского государственного университета проведены исследования фотопроводящих дипольных антенн и характеристик терагерцевого излучения¹⁷. В результате исследователям радиофизического факультета удалось увеличить мощность терагерцевого излучения в пять раз. Метод по облучению терагерцевой антенны высокоэнергетическими электронами позволит расширить область применения разрабатываемых антенн. Данные антенны успешно применяются в промышленности — при проведении спектроскопии для диагностики качества материалов; в медицине — для проведения томографии; в коммуникациях — для создания терагерцевых беспроводных систем связи и др. Спектр частот субмиллиметрового ТГц-излучения находится между инфракрасным и микроволновым диапазонами, соответственно, исследования учёных направлены на открытие новых способов улучшения его характеристик, которые создадут возможность качественно повысить и существенно расширить спектр применения антенн.

НИЦ «Курчатовский институт» — ЦНИИ КМ «Прометей» разработали полимерные композитные материалы (ПКМ) для энергетической отрасли — гидроэлектростанций (ГЭС), атомных электрических станций (АЭС), нефтегазовой, космической отраслей, судостроения и других важных стратегических направлений промышленности и экономики.

Холдинг «Росэлектроника» госкорпорации «Ростех» на выставке «Иннопром — 2022» продемонстрировал образец монокристаллического кремния, созданного из российских материалов — инновационная технология позволит полностью заменить иностранное сырьё при производстве электронных силовых приборов.

Открытия отечественной научной школы, созданные ими высокотехнологичные материалы, электронные устройства, электрические аппараты и другое уникальное технологическое оборудование формирует новую модель реализации арктических проектов в новых экономических реалиях.

Заключение

Современная российская энергетика переживает серьёзную трансформацию, она модернизируется стремительными темпами, поскольку этого требует экономический рост страны и потребительский спрос населения, а также экономное и безопасное использование ресурсов. Процесс обновления и совершенствования осуществляется в тесном взаимодействии научных организаций с производственными предприятиями. Разработка и внедрение инновационных технологий в энергетике открывают новые возможно-

¹⁶ Резидент ОЭЗ «Технополис Москва» начнёт серийное производство фотонных чипов. URL: <https://technomoscow.ru/press/rezident-oez-tekhopolis-moskva-nachnet-seriynoe-proizvodstvo-fotonnykh-chipov/> (дата обращения: 05.01.2023).

¹⁷ В ТГУ нашли способ в пять раз увеличить мощность терагерцевых антенн. URL: <https://rossaprimavera.ru/news/8c1158d6> (дата обращения: 05.01.2023).

сти повышения эффективности в работе станций, линий, теплоснабжения, управления и контроля в энергетической отрасли. Новые автоматические и автоматизированные системы управления, сетевые технологии и микросетевые комплексы обеспечат возможность эффективного управления солнечными панелями, ветрогенераторами, приливной и геотермальной энергетикой, биогенерацией и атомными станциями малой мощности, системами климат-контроля, умными домами, элементами отопления и др.

В Санкт-Петербурге ПАО «Газпром нефть» открыла Центр управления добычи на нефтедобывающей платформе на шельфе российской Арктики «Приразломная». Высокотехнологичный комплекс позволяет более эффективно управлять операционной деятельностью на Приразломном месторождении. Цифровая модель и IT-инструменты обеспечивают онлайн-контроль за основными этапами добычи и отгрузки нефти на танкеры, эффективную и безопасную работу платформы на шельфе Арктики, контроль целостности оборудования и отслеживание движения судов с учётом ледовой обстановки, позволяют увеличить скорость и эффективность принятия решений по управлению платформой в Баренцевом море [21].

На базе ведущих научно-исследовательских институтов [22], передовых предприятий и корпораций постоянно ведутся работы по созданию новых электротехнологий для разных отраслей экономики, современные инновационные разработки ознаменуют начало новой технологической эпохи и технологического суверенитета страны.

Список источников

1. Вопиловский С.С. Стратегические тренды энергетического развития северных территорий России // Арктика и Север. 2022. № 49. С. 23–37. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2022.49.23
2. Вопиловский С.С. Тенденциозность надёжного развития российской энергетики // Научное обозрение: теория и практика. 2022. Т. 12. № 4 (92). С. 682–695. DOI: 10.35679/2226-0226-2022-12-4-682-695
3. Ершов М.В. Российская экономика в условиях новых санкционных вызовов // Вопросы экономики. 2022. № 12. С. 5–23. DOI: 10.32609/0042-8736-2022-12-5-23
4. Климова М.В. Государство и энергетическая безопасность в мире и Европе как общественное благо // Вопросы экономики. 2022. № 6. С. 110–125. DOI: 10.32609/0042-8736-2022-6-110-125
5. Невзорова А.И., Кучеров В.Г. Концепция технологической инновационной системы: основные положения и возможности // Вопросы экономики. 2022. № 5. С. 99–120. DOI: 10.32609/0042-8736-2022-5-99-120
6. Kendall Jr J.J., Marino E.K., Briscoe M.G., Cluck R.E., McLean C.N., Wiese F.K. Research partnerships and policies: a dynamic and evolving nexus // Science of Sustainable Systems. 2022. Pp. 183–197. DOI: 10.1016/B978-0-323-90427-8.00011-3
7. Wiese F.K., Auad G., Marino E.K., Briscoe M.G. Lessons learned from nine partnerships in marine research. In: Partnerships in Marine Research. Ch. 10. Elsevier. 2022. Pp. 167–181. DOI: 10.1016/B978-0-323-90427-8.00010-1
8. Шпуров И., Трофимова О. Создание ресурсного суверенитета как основа устойчивого развития России до 2050 года // Энергетическая политика. 2022. № 12 (178). С. 12–17. DOI: 10.46920/2409-5516_2022_12178_12
9. Афанасьева О., Мингалеева Г., Набиуллина М. Перспективы развития гибридных источников автономного энергоснабжения // Энергетическая политика. 2022. № 9 (175). С. 88–99. DOI: 10.46920/2409-5516_2022_9175_88

10. Verde S.F., Acworth W., Kardish C., Borghesi S. Achieving zero emissions under a cap-and-trade system // *Environmental Science*. 2020. No. 26. DOI: 10.2870/343248
11. Новак А. Атомная энергия XXI века: доступность, экологичность, надёжность // *Энергетическая политика*. 2022. № 12 (178). С. 6–11. DOI: 10.46920/2409-5516_2022_12178_6
12. Адамов Е.О., Иванов В.К., Мочалов Ю.С., Рачков В.И., Шадрин А.Ю., Хомяков Ю.С., Лачканов Е.В., Орлов А.И. К вопросу о различных подходах к национальной стратегии развития ядерной энергетики // *Атомная энергия*. 2022. № 3. С. 131–141.
13. Зайченко В.М., Лавренов В.А., Чернявский А.А., Шевченко А.Л. Развитие возобновляемой и водородной энергетики в России // *Альтернативная энергетика и экология*. 2021. № 25–27 (382–384). С. 64–71. DOI: 10.15518/isjaee.2021.09.064-071
14. Вопиловский С.С. Зарубежные экономические партнёры России в арктической зоне // *Арктика и Север*. 2022. № 46. С. 33-50. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2022.46.33
15. Fadeev A.M., Vopilovskiy S.S., Fedoseev S.V., Zaikov K.S., Kuprikov N.M., Kuprikov M.Yu., Avdonina N.S. Industrial support of the energy projects as a part of the blue economy development in the Arctic // *Sustainability*. 2022. 14 (22). P. 15346. DOI: 10.3390/su142215346
16. Манкевич С.К., Орлов Е.П. Лазерное устройство для мониторинга аварийной ситуации уровня IV на АЭС // *Атомная энергия*. 2022. № 3. С. 181–185.
17. Стенников В.А., Барахтенко Е.А., Майоров Г.С. Распределение нагрузки между источниками в иерархической интегрированной энергетической системе с использованием мультиагентных технологий // *Энергетик*. 2022. № 11. С. 39–44.
18. Аминов Р.З., Счастливец А.И., Байрамов А.Н. Экспериментальные результаты исследования недожога водорода при сжигании в среде кислорода // *Альтернативная энергетика и экология*. 2022. № 1 (394). С. 52–68. DOI: 10.15518/isjaee.2022.01.052-068
19. Чапайкин Д. Интернет вещей как платформа трансформации бизнес-моделей нефтегазовых компаний: инвестиционный анализ и оценка рисков // *Энергетическая политика*. 2022. № 9 (175). С. 80–91. DOI: 10.46920/2409-5516_2022_11177_80
20. Авдеева О.А. Экспорт высокотехнологичной продукции Китая в 2000–2020 гг. // *Вопросы экономики*. 2022. № 6. С. 126–143. DOI: 10.32609/0042-8736-2022-6-126-143
21. Ефимов И.П., Гуртов В.А., Степуть И.С. Кадровая потребность экономики российской Арктики: взгляд в будущее // *Вопросы экономики*. 2022. № 8. С. 118–132. DOI: 10.32609/0042-8736-2022-8-118-132
22. Бутузов В.А., Будников Д.А. Научные кадры по возобновляемой энергетике России: подготовка в 2000–2021 гг. // *Энергетик*. 2022. № 12. С. 43–49.

References

1. Vopilovskiy S.S. Strategic Trends in Energy Development of the Northern Territories of Russia. *Arktika i Sever* [Arctic and North], 2022, no. 49, pp. 23–37. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2022.49.23
2. Vopilovskiy S.S. Tendentsioznost' nadezhnogo razvitiya rossiyskoy energetiki [Tendentiousness of the Reliable Development of Russian Energy]. *Nauchnoe obozrenie: teoriya i praktika* [Science Review: Theory and Practice], 2022, vol. 12, no. 4 (92), pp. 682–695. DOI: 10.35679/2226-0226-2022-12-4-682-695
3. Ershov M.V. Rossiyskaya ekonomika v usloviyakh novykh sanktsionnykh vyzovov [Russian Economy in the Face of New Sanctions Challenges]. *Voprosy ekonomiki* [Issues of Economics], 2022, no. 12, pp. 5–23. DOI: 10.32609/0042-8736-2022-12-5-23
4. Klinova M.V. Gosudarstvo i energeticheskaya bezopasnost' v mire i Evrope kak obshchestvennoe blago [The State and Energy Security in the World and Europe as a Public Good]. *Voprosy ekonomiki* [Issues of Economics], 2022, no. 6, pp. 110–125. DOI: 10.32609/0042-8736-2022-6-110-125
5. Nevzorova A.I., Kutcherov V.G. Kontseptsiya tekhnologicheskoy innovatsionnoy sistemy: osnovnye polozheniya i vozmozhnosti [The Concept of Technological Innovation System: The Basic Principles and Opportunities]. *Voprosy ekonomiki* [Issues of Economics], 2022, no. 5, pp. 99–120. DOI: 10.32609/0042-8736-2022-5-99-120

6. Kendall Jr. J.J., Marino E.K., Briscoe M.G., Cluck R.E., McLean C.N., Wiese F.K. Research Partnerships and Policies: A Dynamic and Evolving Nexus. *Science of Sustainable Systems*, 2022, pp. 183–197. DOI: 10.1016/B978-0-323-90427-8.00011-3
7. Wiese F.K., Auad G., Marino E.K., Briscoe M.G. Lessons Learned from Nine Partnerships in Marine Research. In: *Partnerships in Marine Research*. Chapter 10. Elsevier, 2022, pp. 167–181. DOI: 10.1016/B978-0-323-90427-8.00010-1
8. Shpurov I., Trofimova O. Sozdanie resursnogo suvereniteta kak osnova ustoychivogo razvitiya Rossii do 2050 goda [Creation of Resource Sovereignty as a Basis for Russia's Sustainable Development Until 2050]. *Energeticheskaya politika* [Energy Policy], 2022, no. 12 (178), pp. 12–17. DOI: 10.46920/2409-5516_2022_12178_12
9. Afanasyeva O., Mingaleeva G., Nabiullina M. Perspektivy razvitiya gibridnykh istochnikov avtonomnogo energosnabzheniya [Assessment of the Prospects for the Development of Hybrid Sources of Autonomous Power Supply]. *Energeticheskaya politika* [Energy Policy], 2022, no. 9 (175), pp. 88–99. DOI: 10.46920/2409-5516_2022_9175_88
10. Verde S.F., Acworth W., Kardish C., Borghesi S. Achieving Zero Emissions under a Cap-And-Trade System. *Environmental Science*, 2020, no. 26. DOI: 10.2870/343248
11. Novak A. Atomnaya energiya XXI veka: dostupnost', ekologichnost', nadezhnost' [Nuclear Energy of the 21st Century: Availability, Environmental Friendliness, Reliability]. *Energeticheskaya politika* [Energy Policy], 2022, no. 12 (178), pp. 6–11. DOI: 10.46920/2409-5516_2022_12178_6
12. Adamov E.O., Ivanov V.K., Mochalov Yu.S., Rachkov V.I., Shadrin A.Yu., Khomyakov Yu.S., Lachkanov E.V., Orlov A.I. K voprosu o razlichnykh podkhodakh k natsional'noy strategii razvitiya yadernoy energetiki [On the Question of Different Approaches to the National Strategy for the Development of Nuclear Energy]. *Atomnaya energiya* [Atomic Energy], 2022, no. 3, pp. 131–141.
13. Zaichenko V.M., Lavrenov V.A., Chernyavsky A.A., Shevchenko A.L. Razvitie vozobnovlyаемой i vodorodnoy energetiki v Rossii [Development of Renewable and Hydrogen Energy in Russia]. *Al'ternativnaya energetika i ekologiya* [Alternative Energy and Ecology], 2021, no. 25–27 (382–384), pp. 64–71. DOI: 10.15518/isjaee.2021.09.064-071
14. Vopilovskiy S.S. Foreign Economic Partners of Russia in the Arctic Zone. *Arktika i Sever* [Arctic and North], 2022, no. 46, pp. 29–43. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2022.46.33
15. Fadeev A.M., Vopilovskiy S.S., Fedoseev S.V., Zaikov K.S., Kuprikov N.M., Kuprikov M.Yu., Avdonina N.S. Industrial Support of the Energy Projects as a Part of the Blue Economy Development in the Arctic. *Sustainability*, 2022, 14 (22), p. 15346. DOI: 10.3390/su142215346
16. Mankevich S.K., Orlov E.P. Lazernoe ustroystvo dlya monitoringa avariynoy situatsii urovnya IV na AES [Laser Device for Monitoring the 4th Level of an Emergency Situation at a Nuclear Power Plant]. *Atomnaya energiya* [Atomic Energy], 2022, no. 3, pp. 181–185.
17. Stennikov V.A., Barakhtenko E.A., Mayorov G.S. Raspredelenie nagruzki mezhdru istochnikami v ierarkhicheskoy integrirovannoy energeticheskoy sisteme s ispol'zovaniem mul'tiagentnykh tekhnologiy [Load Distribution between Sources in a Hierarchical Integrated Power System Using Multi-Agent Technologies]. *Energetik*, 2022, no. 11, pp. 39–44.
18. Aminov R.Z., Schastlivtsev A.I., Bayramov A.N. Eksperimental'nye rezul'taty issledovaniya nedozhoga vodoroda pri szhiganii v srede kisloroda [Experimental Results of the Study of Underburned Hydrogen during Burning in Oxygen Medium]. *Al'ternativnaya energetika i ekologiya* [Alternative Energy and Ecology], 2022, no. 1 (394), pp. 52–68. DOI: 10.15518/isjaee.2022.01.052-068
19. Chapaikin D. Internet veshchey kak platforma transformatsii biznes-modeley neftegazovykh kompaniy: investitsionnyy analiz i otsenka riskov [Internet of Things as Platform for Transformation of Oil and Gas Companies' Business Models: Investment Analysis and Risk Assessment]. *Energeticheskaya politika* [Energy Policy], 2022, no. 9 (175), pp. 80–91. DOI: 10.46920/2409-5516_2022_11177_80
20. Avdeeva O.A. Eksport vysokotekhnologichnoy produktsii Kitaya v 2000–2020 gg. [China's High-Tech Exports in 2000-2020]. *Voprosy ekonomiki* [Issues of Economics], 2022, no. 6, pp. 126–143. DOI: 10.32609/0042-8736-2022-6-126-143
21. Efimov I.P., Gurtov V.A., Stepus I.S. Kadrovaya potrebnost' ekonomiki rossiyskoy Arktiki: vzglyad v budushchee [Recruitment Needs of the Russian Arctic Economy: Future Outlook]. *Voprosy*

- ekonomiki* [Issues of Economics], 2022, no. 8, pp. 118–132. DOI: 10.32609/0042-8736-2022-8-118-132
22. Butuzov V.A. Budnikov D.A. Nauchnye kadry po vozobnovlyаемой energetike Rossii: podgotovka v 2000–2021 gg. [Scientific Personnel on Renewable Energy in Russia: Training in 2000–2021]. *Energetik*, 2022, no. 12, pp. 43–49.

Статья поступила в редакцию 08.01.2023; одобрена после рецензирования 16.01.2023; принята к публикации 18.01.2023

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов