

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ



DOI: 10.26794/2220-6469-2026-20-2-6-21
УДК 620.92(045)
JEL O32

Конвергенция развития искусственного интеллекта и атомной энергетики в перспективе до 2050 года

Ю.Б. Пономарева^а, И.М. Степнов^б, И.Э. Фролов^с

^а АО «Атомстройэкспорт», Москва, Российская Федерация

^б Финансовый университет при Правительстве РФ, Москва, Российская Федерация;

^с Институт народно-хозяйственного прогнозирования РАН, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Настоящее исследование посвящено анализу взаимного влияния и конвергенции двух ключевых технологических мегатрендов современности — искусственного интеллекта (ИИ) и ренессанса атомной энергетики (АЭ) в рамках трансформации мировой энергетики на пути к декарбонизации. **Цель статьи:** системный анализ возможности конвергенции и оценка перспектив ее реализации на горизонте до 2050 г. Авторами проанализированы ключевые тренды и возможные сценарии развития ИИ; главные международные инициативы, направленные на утроение мощностей АЭ до 2050 г., включая «Обязательство крупных потребителей энергии» (Large Energy Users Pledge), принятое на конференции CERAWeek-2025. Рассмотрены направления стратегических инвестиций ведущих технологических корпораций в проекты АЭ, в том числе технологии, связанные с разработкой малых модульных реакторов (ММР) и реакторов на быстрых нейтронах. Также внимание уделено технологическим инновациям в области реакторостроения и их потенциалу касательно обеспечения потребностей высокоэнергоемких центров обработки данных (ЦОД — Big Data). **Результаты.** В работе представлены возможные сценарии конвергенции и установлены ключевые тренды. Сделаны **выводы** о реально существующей возможности использования потенциала АЭ для обеспечения экспоненциального роста ИИ, что и определяет **практическую ценность** работы.

Ключевые слова: атомная энергетика; цифровая экономика; малые модульные реакторы; центры обработки данных; искусственный интеллект; инвестиции; экономика атомной отрасли

Для цитирования: Пономарева Ю.Б., Степнов И.М., Фролов И.Э. Конвергенция развития искусственного интеллекта и атомной энергетики в перспективе до 2050 года. *Мир новой экономики*. 2026;20(2):6-21. DOI: 10.26794/2220-6469-2026-20-2-6-21

ORIGINAL PAPER

Convergence of the Future Development of Artificial Intelligence and Nuclear Energy until 2050

Yu.B. Ponomareva^a, I.M. Stepnov^b, I.E. Frolov^c

^a JSC Atomstroyexport, Moscow, Russian Federation;

^b Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation;

^c Institute of Economic Forecasting, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

This study is devoted to the analysis of the mutual influence and convergence of two key technological megatrends of our time — artificial intelligence (AI) and the renaissance of nuclear energy (NE) as part of the transformation of global energy towards decarbonisation. **The purpose** of the study is a systematic analysis of the possibility of convergence and an assessment of the prospects for its implementation on the horizon up to 2050. **The analysis** centers on key trends and possible scenarios for the development of AI, as well as core international initiatives aimed at tripling the AE capacity by 2050, including the “Large Energy Users Pledge” adopted at the CERAWeek-2025 conference. The directions of strategic investments of leading technology corporations in NE projects, including technologies related to the development of small modular reactors (SMR) and fast neutron reactors, are considered. Attention is also paid

© Пономарева Ю.Б., Степнов И.М., Фролов И.Э., 2026



to technological innovations in the field of reactor engineering and their potential to meet the needs of high-energy Big Data Centers. As a **result**, possible convergence scenarios are presented and key trends are identified. **In conclusion**, findings indicate the real possibility of using the NE potential to ensure AI exponential growth, which determines **the practical value** of this study.

Keywords: nuclear energy; digital economy; small modular reactors; data processing centers; artificial intelligence; investments; economics of the nuclear industry

For citation: Ponomareva Yu.B., Stepnov I.M., Frolov I.E. Convergence of the future development of artificial intelligence and nuclear energy until 2050. *The World of the New Economy*. 2026;20(2):6–21. DOI: 10.26794/2220-6469-2026-20-2-6-21

ВВЕДЕНИЕ

Широкое внедрение искусственного интеллекта

Два наиболее значимых технологических мегатренда современности — стремительное развитие искусственного интеллекта (ИИ) [1] и трансформация мировой энергетики в условиях декарбонизации [2–4] — все чаще имеют общие точки соприкосновения, создавая возможность конвергенции и взаимно усиливающего развития. При этом декарбонизация не является безусловно ожидаемым результатом энергетического перехода: так, в прогнозе до 2050 г. РЭА Минэнерго России¹ общие тенденции рассматриваются через призму реализации трех сценариев: инерционного, «чистый ноль» и рационального, и выбор делается в пользу последнего. В перспективе широкого внедрения ИИ также выделяются три сценария: сверхоптимистичный, эволюционный и кризисный («ИИ-зима») [5, с. 124].

При этом именно ИИ-системы (что неожиданно для концепций четвертого энергетического перехода) сформировали беспрецедентные возрастающие требования к энергоснабжению: по оценкам Международного энергетического агентства (МЭА), глобальное потребление электроэнергии центрами обработки данных (ЦОД) может удвоиться в 2026 г., достигнув более 1000 ТВт·ч, что сопоставимо с показателем Японии². С другой стороны, атомная энергетика, обеспечивающая около 10% мирового производства электроэнергии³, нуждается в технологической модернизации и новом векторе развития, где ИИ способен стать ключевым инструментом повышения безопасности, эффективности и конкурентоспособности⁴. При этом в научной и научно-популярной литературе

все чаще говорится о том, что только атомные мощности смогут удовлетворить потребность ИИ в электроэнергии. В то же время закономерен вопрос: как изменится оптимистичный тренд по увеличению мировых атомных мощностей в случае существенного повышения энергоэффективности ИИ-систем? Таким образом, требуются соответствующие сценарии, что и является целью данной статьи.

Несомненно, в настоящее время искусственный интеллект переживает период бурного роста, обусловленный несколькими ключевыми факторами:

- увеличение вычислительных мощностей по закону Мура или его обновления для ИИ по закону Хуанга [6]: производительность вычислительных систем удваивается каждые 1,5–2 года;
- рост объемов данных, используемых для обучения моделей, что увеличивает затраты на их обработку и хранение;
- нарастающее развитие алгоритмов: новые архитектуры нейронных сетей (трансформеры, диффузионные модели, нейронные сети с памятью) повышают точность ИИ, но требуют большего количества вычислительных процедур и соответствующих ресурсов;
- коммерциализация ИИ: его внедрение в промышленность, медицину, финансы и другие сферы увеличивает спрос на вычислительные ресурсы, хранение и обработку данных.

Указанные факторы сегодня во многом определяют образ формируемой современной цифровой экономики, что вызывает необходимость оценки ее динамики в части ИИ-систем [5]. Для этого был использован подход, учитывающий влияние ограничений по объемам финансирования частных НИОКР на рост рыночных секторов ИИ. Долгосрочные прогнозы затрат на сектор исследований и разработок оценивались на основе соотношения темпов: роста частных инвестиций в 2011–2023 гг. и наращивания выпуска и чистой прибыли новых производств (с учетом общих темпов мировой экономики)⁵. Таким

¹ URL: <https://rosenergo.gov.ru/press-center/news/rea-minenergo-rossii-predstavilo-stsenarii-razvitiya-mirovoy-energetiki-do-2050-goda/>

² URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/6b2fd954-2017-408e-bf08-952fdd62118a/Electricity2024-Analysisandforecastto2026.pdf>

³ URL: <https://naked-science.ru/community/1114551>; <https://www.worldnuclearreport.org/IMG/pdf/wnsr2025-v2.pdf>

⁴ URL: https://iea.blob.core.windows.net/assets/ad5a93ce-3a7f-461d-a441-8a05b7601887/Nuclear_Power_in_a_Clean_Energy_System.pdf

⁵ Результаты прогнозирования излагались на Международной научно-практической конференции «Управление активами — 2025: Искусственный интеллект в принятии экономических

образом удалось установить, что после 2028–2029 гг. общих объемов прибыли высокотехнологичных компаний для инвестирования в новые технологические заделы, необходимые для столь же масштабного наращивания существующих темпов производства высокотехнологичной продукции, будет недостаточно. Следовательно, после 2028–2029 гг. должны снизиться темпы прироста частных НИОКР, в том числе в сфере цифровой экономики и, в частности, в — ИИ.

В результате представлены следующие варианты: 1) прямая экстраполяция данных мировых консалтинговых агентств (*сверхоптимистичный* сценарий); 2) прогноз с учетом ограничений из-за недостаточного прироста частных инвестиций в исследования и разработки (*эволюционный* сценарий). Кроме того, ретроспективный анализ разработки и использования ИИ (смены поколений разных его видов) показал, что уже дважды наблюдались так называемые «зимы», т.е. частное инвестирование в его системы резко сокращалось. Первый раз (начало 1970-х — 1980-е гг.) бизнес осознал, что ИИ не способен решать задачи выше определенного порога сложности, а второй (с 1988 г. до середины 1990-х гг.) был связан с разочарованием в возможностях экспертных систем 1980-х гг. и компьютеров 5-го поколения [7]. Соответственно, появление очередных диспропорций в развитии

цифровой экономики (динамика рынков ИИ имеет признаки финансового пузыря) позволяет выдвинуть гипотезу, состоящую в том, что не позднее 2028–2029 гг. возможен новый кризис в развитии высокотехнологичных производств, связанных с формированием цифровой экономики, который, в свою очередь, вызовет очередную «зиму» (временное сокращение инвестиционной активности). Указанные сценарии представлены на рис. 1.

Результаты прогнозирования демонстрируют следующее:

- *сверхоптимистичный* сценарий предполагает увеличение мирового рынка ИИ в 2035 г. до 4,4 трлн долл., что составит примерно 2,3% мирового валового продукта;
- *эволюционный* сценарий вводит ряд ограничений на объемы частных инвестиций в исследования, разработки и эффекты ИИ в воплощенных технологиях. В этом случае мировой рынок ИИ в 2035 г. возрастет до 2,8 трлн долл. (1,4% мирового валового продукта);
- *кризисный* сценарий подразумевает кризис цифровой экономики не позднее 2029–2030 гг. с последующим восстановлением динамики. При этом мировой рынок ИИ в 2035 г. вырастет до 2,2 трлн долл., т.е. будет практически в 2 раза ниже, чем в прогнозах мировых консалтинговых агентств.

Реализация сценария с «третьей зимой ИИ» повышает риски инвестиций в энергетику, особенно в капиталоемкие и долгосрочные проекты. Однако

решений: активы, акторы, стратегии» (AM-2025). URL: <https://mgimo.ru/study/faculty/meo/kua/docs/asset-management-conf/>

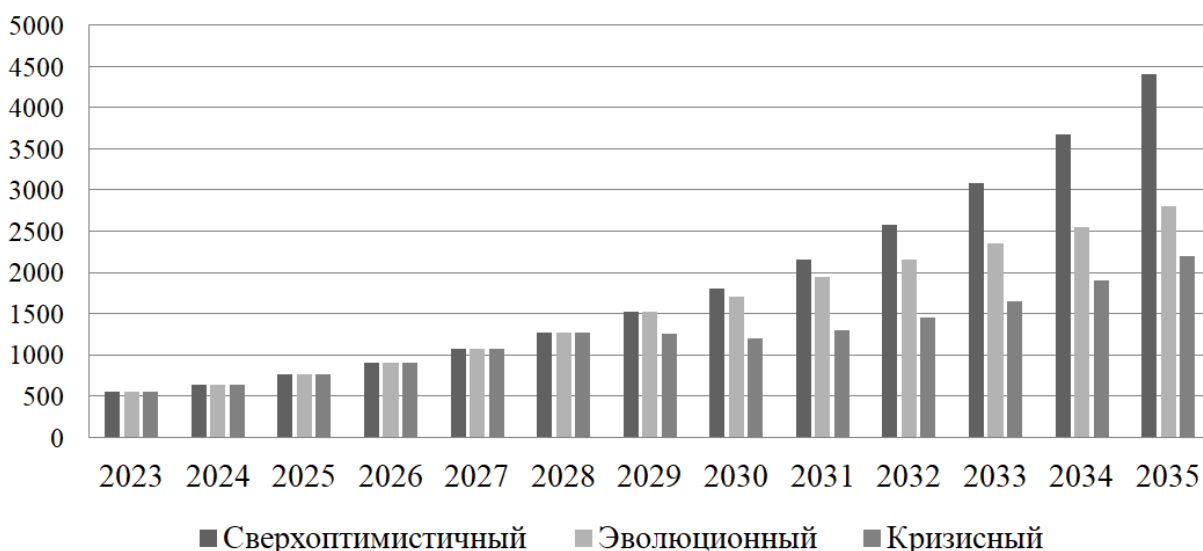


Рис. 1 / Fig. 1. Прогноз мирового рынка искусственного интеллекта до 2035 г., млрд долл. / Forecast of the Global Artificial Intelligence Market until 2035, Billion Dollars

Источник / Source: составлено автором И.Э. Фроловым на основе [5] / compiled by the author I.E. Frolov based on [5].



они, вероятнее всего, реализуются в ближайшие годы, а в долгосрочной перспективе (после исчезновения финансового пузыря и прекращения ажиотажного инвестирования) ИИ станет вполне предсказуемым инструментом, который повысит эффективность решений преимущественно алгоритмизируемых конечномерных задач, в том числе позволит сэкономить ресурсы при повторяющихся (рутинных) процессах.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ГОЛОД ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Потребление электроэнергии искусственным интеллектом значимо отличается на каждом из двух функционально различных этапов: обучение и эксплуатация моделей. На первом осуществляется масштабная обработка неструктурированных данных (тексты, изображения, программный код) с целью формирования внутренних параметров (весов) нейронной сети, чтобы научиться генерировать собственное содержание. На втором — при эксплуатации модели — обрабатываются единичные пользовательские запросы к нейросети (текстовые, генерация изображений), которые имеют низкие удельные затраты, высокую кумулятивную нагрузку из-за масштабирования числа обращений, вариативности энергопотребления в зависимости от типа задачи. Таким образом, обучение требует колоссальных единовременных затрат, а эксплуатация генерирует непрерывный фоновый расход, который растет линейно с увеличением числа пользователей. При миллиардных объемах запросов годовое потребление может превышать затраты на обучение.

Указанная нарастающая совокупность затрат (первоначальных и текущих) приведет (и уже приводит) к ряду следующих проблем в энергоснабжении ИИ:

- увеличение дефицита электроэнергии (прежде всего, для ЦОД);
- обострение экологических проблем, так как используемые для питания ЦОД угольные или газовые электростанции увеличивают углеродный след;
- потребность в надежности энергоснабжения, так как ИИ-системы критически зависят от бесперебойного питания (перебои могут привести к потерям данных и последующим финансовым убыткам);
- расширение регуляторных ограничений из-за введения законов об энергоэффективности ЦОД.

Все вышесказанное свидетельствует о том, что будут приниматься (и уже принимаются) меры для оптимизации энергопотребления ИИ-системами, включая:

- разработку более рациональных алгоритмов;
- снижение точности вычислений;
- обучение малых моделей на основе больших (уже обученных);
- создание специализированных чипов;
- использование оптических вычислений и — в перспективе — квантовых компьютеров;
- разработку новых решений для ЦОД (в том числе новые подходы к охлаждению, привязка к климату и к возобновляемым источникам энергии);
- введение углеродных налогов на энергопотребление ЦОД;
- сертификацию «зеленых» ЦОД (например, LEED⁶, ISO 50001⁷).

Но ЦОД и внедрение технологий с ИИ-элементами предъявляют специфические требования к энергоснабжению:

- непрерывность бесперебойной подачи электроэнергии 24/7/365;
- минимизация рисков отключений и колебаний напряжения;
- масштабируемость наращивания мощности по мере роста потребностей;
- экологичность и соответствие корпоративным целям по декарбонизации.

В настоящее время только атомная энергетика удовлетворяет всем перечисленным требованиям: так, согласно Constellation Research, «атомные электростанции — это единственные источники энергии, которые могут стабильно обеспечивать потребности ИИ» [8], создавая высокооплачиваемые рабочие места на длительный срок, снижая общие затраты на энергосистему примерно на 20%⁸.

Динамика роста глобального энергопотребления центрами обработки данных за период 2010–2050 гг. коррелирует с динамикой роста потребления их мощностей элементами ИИ (прежде всего, нейронными сетями и ИИ-агентами) при 35-кратном росте роли ИИ в потреблении мощностей ЦОД (рис. 2–4).

При этом необходимо выделить ряд фактов:

- уже в 2022 г. доля энергопотребления центрами обработки данных на основе технологий

⁶ URL: <https://hpb-s.com/en/news/leed-certification-2/>

⁷ URL: <https://www.iso.org/iso-50001-energy-management.html>

⁸ URL: <https://energy.mit.edu/research/future-nuclear-energy-carbon-constrained-world/>

с элементами ИИ (при их активном внедрении практически во всех отраслях промышленности) составила 10–13% от общего потребления ЦОД⁹;

- в 2024 г. одно обращение к приложению ChatGPT потребляло в 10–30 раз больше электроэнергии, чем один стандартный поисковый запрос в Google (2,9 Вт·ч против 0,3 Вт·ч), а количество строящихся в США специализированных дата-центров увеличилось на 70% по сравнению с 2023 г.¹⁰;

- в 2025 г. обучение одной крупной языковой модели для нейронной сети (типа GPT-4) потребовало 50–100 ГВт·ч электроэнергии¹¹;

- в 2026 г., по данным МЭА, только в США энергопотребление ЦОД удвоится до 260 ТВт¹².

⁹ URL: <https://www.ifri.org/en/papers/ai-data-centers-and-energy-demand-reassessing-and-exploring-trends-0>

¹⁰ URL: <https://www.reuters.com/markets/us/north-america-sees-70-jump-data-center-supply-construction-cbre-report-says-2024-08-20>

¹¹ URL: <https://www.livescience.com/technology/artificial-intelligence/why-do-ai-chatbots-use-so-much-energy>

¹² URL: [https://www.datacenterdynamics.com/en/news/global-](https://www.datacenterdynamics.com/en/news/global-data-center-electricity-use-to-double-by-2026-report/)

Также необходимо указать следующие тренды:

- среднегодовой темп роста энергопотребления ИИ 16%¹³ значительно превышает рост общего потребления ЦОД (9–10%)¹⁴ и глобального энергопотребления (3,4%)¹⁵;

- насыщение рынка энергопотребления и повышение энергоэффективности с помощью технологий ИИ в период 2025–2040 гг. обеспечат удвоение потребления каждые 4–4,5 года, а к 2050 г. (с тенденцией последующего замедления) — каждые 6–7 лет;

- рост доли ИИ в структуре потребления ЦОД: с 9% в 2020 г., 14% в 2023 г., 25% в 2025 г., до 47% к 2030 г. и 70% к 2050 г. — элементы и программы

[data-center-electricity-use-to-double-by-2026-report/](https://www.datacenterdynamics.com/en/news/global-data-center-electricity-use-to-double-by-2026-report/)

¹³ URL: <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai/energy-demand-from-ai>

¹⁴ URL: URL: <https://www.spglobal.com/energy/en/news-research/latest-news/electric-power/101425-data-center-grid-power-demand-to-rise-22-in-2025-nearly-triple-by-2030>

¹⁵ URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/18f3ed24-4b26-4c83-a3d2-8a1be51c8cc8/Electricity2024-Analysisandforecastto2026.pdf>

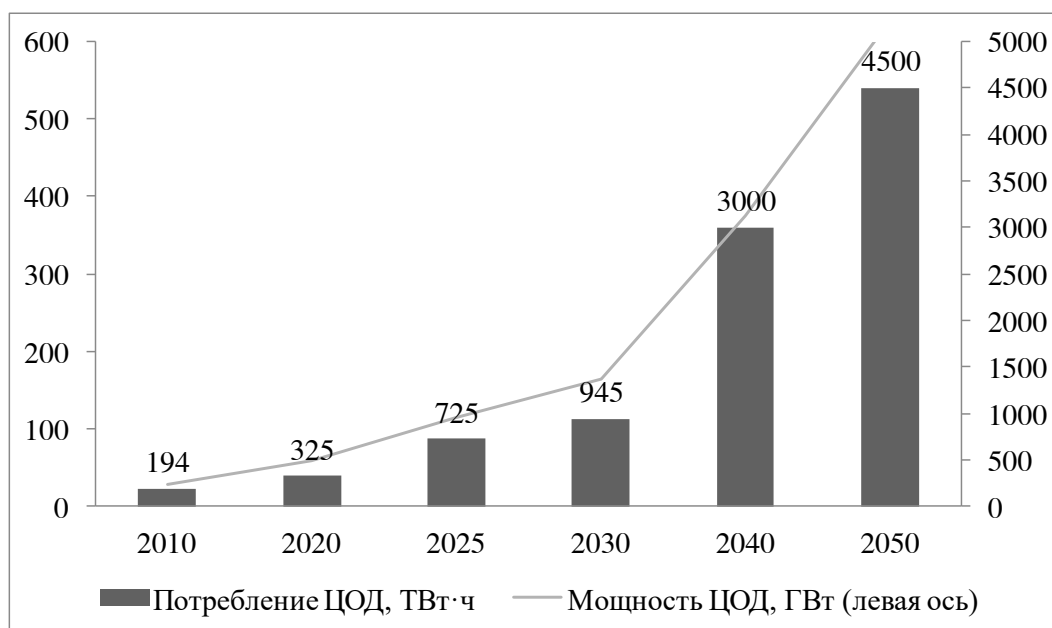


Рис. 2 / Fig. 2. Тенденции роста мощности и потребления энергии центрами обработки данных / Trends in the Growth of Power and Energy Consumption by Data Centers

Источник / Source: рассчитано и составлено автором Ю.Б. Пономаревой на основе данных / calculated and compiled by author based on the data: URL: https://www.koomey.com/koomey_blog/our-article-on-changes-in-data-center-electricity-use-from-2010-to-2018-out-in-science-magazine-today/; <https://incorrys.com/data-centers/power-consumption-of-data-centers/>; <https://iea.blob.core.windows.net/assets/18f3ed24-4b26-4c83-a3d2-8a1be51c8cc8/Electricity2024-Analysisandforecastto2026.pdf>; <https://www.datacenterdynamics.com/en/news/iea-data-center-energy-consumption-set-to-double-by-2030-to-945twh/>; <https://www.mckinsey.com.br/industries/energy-and-materials/our-insights/global-energy-perspective-2024>; <https://www.visualcapitalist.com/charted-the-growth-of-global-data-center-capacity-2005-2025/>; <https://www.woodmac.com/news/opinion/ai-power-and-the-new-geopolitics-of-energy2>; https://www.wpr.org/wp-content/uploads/2024/06/3002028905_Powering-Intelligence_Analyzing-Artificial-Intelligence-and-Data-Center-Energy-Consumption.pdf

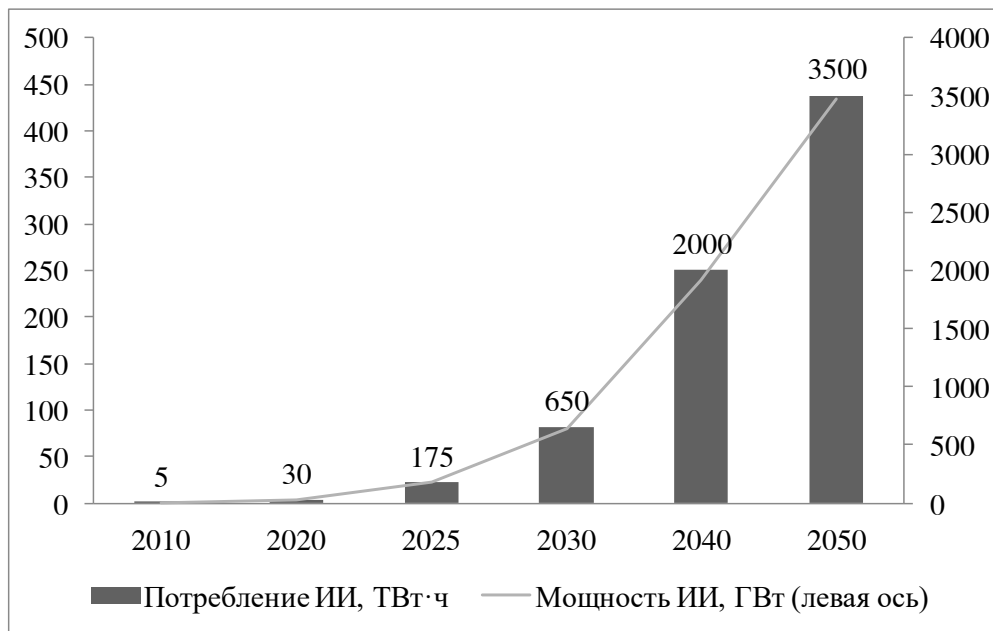


Рис. 3 / Fig. 3. Динамика роста мощности и потребления ИИ /
Dynamics of AI Power Growth and Consumption

Источник / Source: рассчитано и составлено автором Ю.Б. Пономаревой на основе данных / calculated and compiled by author Ю.Б. Пономаревой based on the data: URL: <https://arxiv.org/abs/1906.02243>; <https://iea.blob.core.windows.net/assets/18f3ed24-4b26-4c83-a3d2-8a1be51c8cc8/Electricity2024-Analysisandforecastto2026.pdf>; <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai/energy-demand-from-ai>; <https://www.techrepublic.com/article/deloitte-generative-ai-predictions/>; <https://expert.ru/tekhnologii/intellektu-nuzhny-elektrostantsii/>; https://www.wpr.org/wp-content/uploads/2024/06/3002028905_Powering-Intelligence_-; <https://ict.moscow/analytics/2026-global-data-center-outlook/>

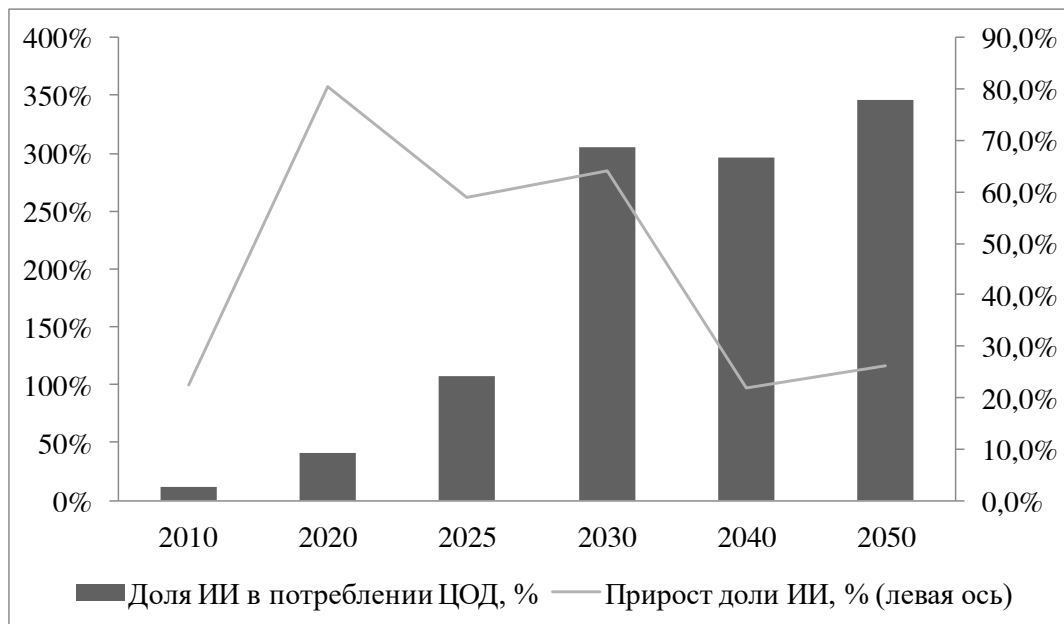


Рис. 4 / Fig. 4. Динамика роста доли ИИ в потреблении ЦОД /
Dynamics of the AI Share Growth in AI Consumption

Источник / Source: рассчитано и составлено автором Ю.Б. Пономаревой на основе данных / calculated and compiled by author Ю.Б. Пономаревой based on the data: URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/18f3ed24-4b26-4c83-a3d2-8a1be51c8cc8/Electricity2024-Analysisandforecastto2026.pdf>; <https://economictimes.indiatimes.com/tech/technology/ai-data-centers-to-drive-160-surge-in-power-demand-by-2030-goldman-sachs/articleshow/124838471.cms>; https://www.wpr.org/wp-content/uploads/2024/06/3002028905_Powering-Intelligence_-Analyzing-Artificial-Intelligence-and-Data-Center-Energy-Consumption.pdf; <https://www.foreignaffairs.com/world/coming-ai-economic-revolution>

ИИ становятся доминирующими в данной структуре¹⁶;

- абсолютный прирост мощности, потребляемой элементами и программами ИИ: с 4 ГВт в 2020 г. до 435 ГВт к 2050 г. — более чем 100-кратное увеличение за 30 лет;
- соотношение с атомными мощностями: прогнозируемое потребление ИИ к 2050 г. (320–550 ГВт) превышает текущую общую установленную мощность мировой атомной энергетики (395 ГВт), что наглядно демонстрирует тенденцию и масштаб нового энергетического вызова¹⁷;
- региональная концентрация: около 45% глобального энергопотребления ЦОД приходится на США, 25% — на Китай, 15% — на Европу¹⁸. К 2030 г. ожидается рост концентрации энергопотребления в регионах с развитой промышленностью и индустрией активного внедрения элементов и программ ИИ.

Однако взрывной рост энергопотребления с угрозой возвращения к технологиям, не соответствующим целям «чистый ноль» (нулевой уровень выбросов), опасен для человечества и требует поиска пути развития энергетики, который обеспечит приемлемый уровень углеродного следа. И, как уже было отмечено, среди масштабируемых, надежных (с низким углеродным следом) источников генерации атомная энергетика занимает приоритетное положение благодаря способности обеспечивать круглосуточную базовую нагрузку при наименьшем углеродном следе, что и определяет сегодня ренессанс атомной генерации.

Современное состояние атомной энергетики: преимущества и ограничения

Атомная энергетика обладает рядом уникальных преимуществ (см. таблицу), делающих ее оптимальным решением для энергоснабжения объектов цифровой инфраструктуры, обеспечивая коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) свыше 90% и практически нулевые выбросы CO₂ при генерации [9, 10].

Современная мировая атомная энергетика представлена 440 действующими атомными реакторами общей установленной мощностью до

396 ГВт¹⁹. За последние пять лет были приняты решения о продлении срока службы более чем 60 реакторов (около 15% мирового парка АЭС). По данным Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), в стадии строительства находятся 63 реактора суммарной мощностью около 66,2 ГВт, что является одним из самых высоких показателей с 1990 г.²⁰ Строительство идет преимущественно в Китае, Индии, России, Турции и странах Ближнего Востока.

На рис. 5 отражена динамика строительства атомных электростанций с использованием технологий национального происхождения по странам начиная с 2017 г., а на рис. 6 — количество строящихся атомных электростанций по регионам и странам происхождения технологий (по состоянию на декабрь 2024 г.).

Сегодня происходит смена лидера на рынке: половина строящихся проектов находится в Китае, который к 2030 г. обгонит США и Европейский союз по установленной мощности атомных электростанций.

Атомные электростанции обладают рядом следующих характеристик, делающих их привлекательными для питания ИИ-инфраструктуры:

- высокая энергоемкость и стабильность (одна АЭС мощностью 1 ГВт может обеспечивать электроэнергией 5–10 крупных ЦОД);
- АЭС работают в базовом режиме (24/7), что критически важно для ЦОД;
- низкий углеродный след (см. таблицу);
- долгосрочная экономическая эффективность с учетом низкой себестоимости электроэнергии и обеспечения стабильности цен;
- возможность размещения рядом с ЦОД (при использовании малых модульных реакторов (ММР), что снижает потери и затраты при передаче электроэнергии);
- устойчивость к внешним факторам: не зависят от погодных условий в отличие от ВИЭ) и геополитических рисков (в отличие от ископаемых видов топлива).

Одновременно заметим, что в атомной энергетике продолжается развитие технологических инноваций: малые модульные реакторы, мощностью 10–300 МВт (вместо 1000+ МВт у традиционных АЭС): NuScale (США) первый сертифицированный

¹⁶ URL: <https://economictimes.indiatimes.com/tech/technology/ai-data-centers-to-drive-160-surge-in-power-demand-by-2030-goldman-sachs/articleshow/124838471.cms>

¹⁷ URL: https://www.iaea.org/newscenter/news/iaea-releases-projections-on-global-nuclear-power-capacity-through-2050?utm_source=

¹⁸ URL: <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai/energy-demand-from-ai>

¹⁹ URL: <https://naked-science.ru/community/1114551>; <https://www.statista.com/statistics/267158/number-of-nuclear-reactors-in-operation-by-country/>

²⁰ URL: <https://www.energiainitalia.news/wp-content/uploads/2025/01/ThePathtoaNewEraforNuclearEnergy.pdf>



Таблица / Table

Сравнительные характеристики источников энергии / Comparative Characteristics of Energy Sources

Параметр	Атомная энергетика	Солнечная энергетика	Ветровая энергетика	Гидроэнергетика
Коэффициент использования установленной мощности	90–96%	20–25%	25–45%	25–60%
Зависимость от погодных условий	Отсутствует	Высокая	Высокая	Средняя-высокая
Выбросы CO ₂ при эксплуатации, г CO ₂ -экв/кВт·ч	12	11	41	4–14
Плотность энергии, Вт/м ²	240–1000 Очень высокая	5–20 Низкая	1–3 Низкая	3–10 Низкая
Стабильность генерации	Круглосуточная	Переменная	Переменная	Сезонно-переменная
Сроки строительства, лет	5–20	0,5–3	0,5–6	4–15
LCOE*, \$ / МВт·ч	25–210	24–96	24–140	20–100

Источник / Source: составлено авторами на основе данных / compiled by the authors based on the data: URL: <https://www.iea.org/reports/hydropower-special-market-report>; <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>; <https://indd.adobe.com/view/ad45f7fb-0b2a-4cef-9647-21cc6a888368>; https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Aug/IRENA_Renewable_power_generation_costs_in_2022.pdf?utm_source; <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>; <https://www.eia.gov/electricity/annual/>; https://world-nuclear.org/images/articles/comparison_of_lifecycle1.pdf?utm_source; <https://www.eia.gov/electricity/annual/>; <https://www.lazard.com/research-insights/>

Примечание / Note: LCOE (от англ. Levelised Cost of Energy) — нормированная стоимость электроэнергии, как средняя расчетная себестоимость производства электроэнергии на протяжении всего жизненного цикла электростанции (включая все возможные инвестиции, затраты и доходы) / LCOE — (Levelised Cost of Energy) — Normalized cost of electricity, defined as the average calculated cost of generation of electricity over the entire lifecycle of a power plant (including all potential investments, costs, and revenues).

ММР (77 МВт), Rolls-Royce SMR (Великобритания, 470 МВт), BWRX-300 (GE Hitachi, 300 МВт); реакторы на быстрых нейтронах, которые позволяют использовать отработанное ядерное топливо (ОЯТ) и снизить объем радиоактивных отходов: БН-800 (Россия), PRISM (США); термоядерный синтез в долгосрочной перспективе: проекты ITER (Франция), SPARC (MIT), DEMO (ЕС); плавучие АЭС, способные обеспечить энергией удаленные ЦОД (например, в Арктике): российские КЛТ-40С, Академик Ломоносов и РИТМ-200 (Росатом) — реактор для ледоколов и перспективных наземных ММР.

Малые модульные реакторы (мощностью до 300 МВт) представляют собой потенциально перспективную технологию для АЭ и ИИ. Такие характеристики, как компактность, модульность, заводское изготовление, пассивные системы безопасности, делают их особенно привлекательными для размещения вблизи крупных дата-центров или непосредственно на их территории. По данным МАГАТЭ, по состоянию на 2024 г., в мире раз-

рабатываются более 80 проектов ММР в различных стадиях готовности²¹.

Отметим проблемы и ограничения атомной энергетики:

- высокие капитальные затраты, что делает ее менее привлекательной для частных инвесторов по сравнению с ВИЭ;
- длительные сроки строительства: от 10 до 15 лет (по сравнению с 2–5 годами для солнечных и ветровых электростанций);
- общественное мнение: аварии на Чернобыльской АЭС (1986 г.) и Фукусиме (2011 г.) сформировали негативное отношение к данной сфере. В некоторых странах (Германия, Бельгия) приняты программы отказа от АЭС;
- вопрос, касающийся радиоактивных отходов (несмотря на то, что современные реакторы производят их меньше);

²¹ URL: <https://www.iaea.org/publications/15790/small-modular-reactors-advances-in-smr-developments-2024>

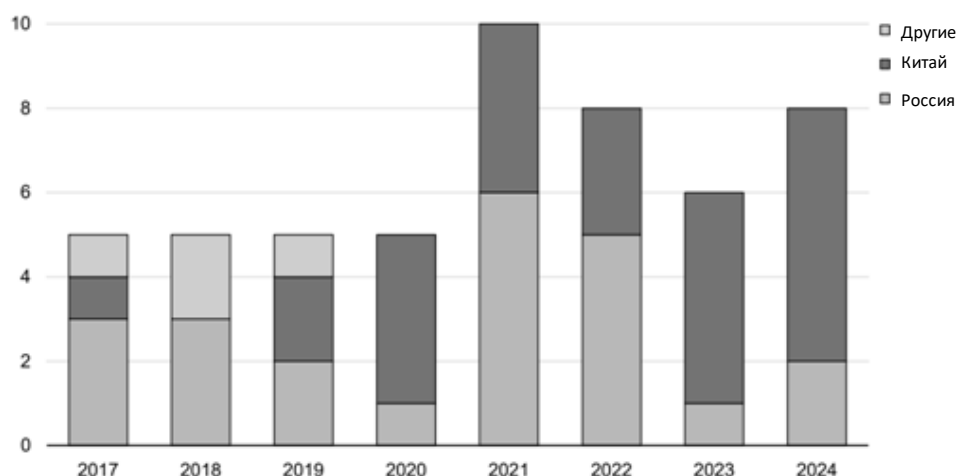


Рис. 5 / Fig. 5. Динамика начала строительства атомных электростанций с использованием технологий национального происхождения по странам / Dynamics of Commencement of the Nuclear Power Plants Construction Based on Domestic Technologies by Countries

Источник / Source: составлено авторами по: URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/21947d24-cbe3-4fbe-a5b7-5c94de5c60f2/ThePathtoaNewEraforNuclearEnergy.pdf> / compiled by the authors based on: URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/21947d24-cbe3-4fbe-a5b7-5c94de5c60f2/ThePathtoaNewEraforNuclearEnergy.pdf> /

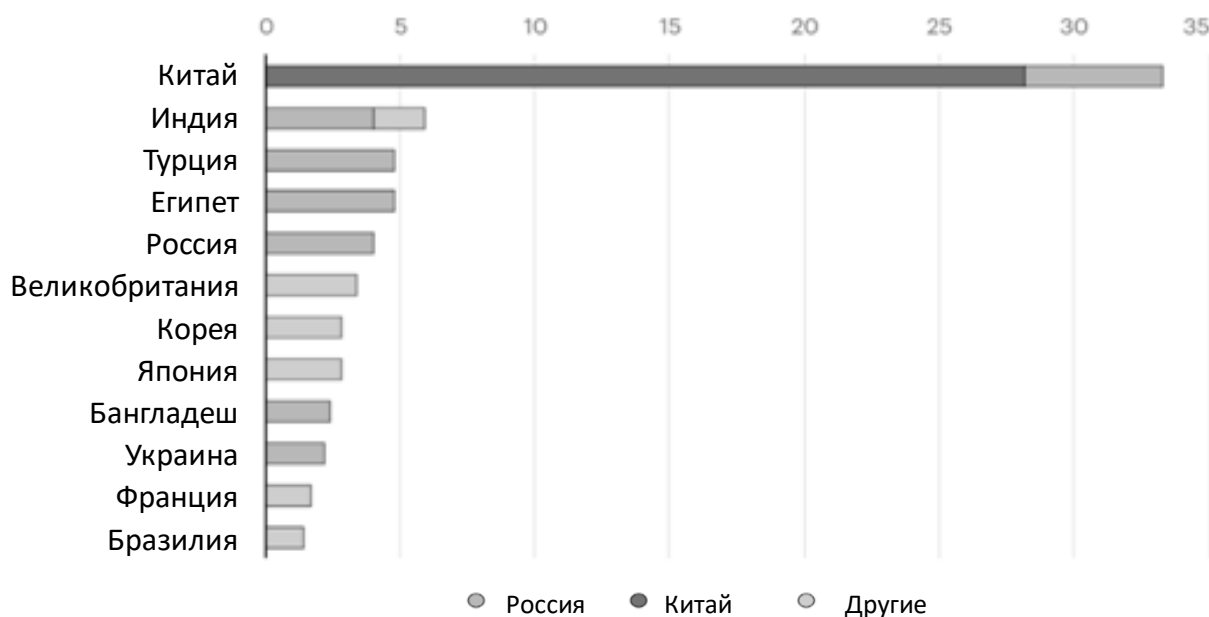


Рис. 6 / Fig. 6. Количество строящихся атомных электростанций по регионам и странам происхождения технологий / Number of Nuclear Power Plants under Construction by Region And Country of Technology Origin

Источник / Source: составлено авторами по: URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/21947d24-cbe3-4fbe-a5b7-5c94de5c60f2/ThePathtoaNewEraforNuclearEnergy.pdf> / compiled by the authors based on: URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/21947d24-cbe3-4fbe-a5b7-5c94de5c60f2/ThePathtoaNewEraforNuclearEnergy.pdf> /

- регуляторные барьеры: лицензирование новых реакторов (особенно ММР) занимает годы.

На 28-й конференции участников Рамочной конвенции ООН по изменению климата была признана ведущая роль атомной энергии в обеспечении над-

ежности энергоснабжения и одновременно отмечена важность развития возобновляемых источников энергии [11]. Там же было принято международное обязательство по утроению глобальных мощностей атомной энергетики к 2050 г.— с текущих 395 при-



мерно до 1185 ГВт²². Согласно сценариям, предлагаемым Международным энергетическим агентством (МЭА), для достижения к 2050 г. целей Net Zero²³ потребуется увеличение атомных мощностей до 1000 ГВт²⁴ (в три раза больше текущего уровня), что предполагает ввод 35–45 ГВт новых мощностей ежегодно с пятикратным превышением современных темпов строительства²⁵.

Всемирная ядерная ассоциация по сценарию «Гармония» прогнозирует к 2050 г. достижение 1000 ГВт установленной мощности с увеличением доли атомной генерации до 25% от мирового производства. Однако, по оценке МЭА, в 2025 г. уже достигнут исторический максимум общего объема атомной генерации за счет ее восстановления во Франции, возобновления функционирования реакторов в Японии, а также запуска новых энергоблоков в России, Китае, Индии и Южной Корее²⁶.

В нашей стране, согласно Генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики до 2042 г., планируется ввод 38 энергоблоков АЭС, что позволит увеличить долю атомной генерации в энергобалансе страны с нынешних 19 до 24% к 2045 г. [12]²⁷.

Начиная с 2020 г. ежегодные глобальные инвестиции в атомную энергетику увеличились на 50%, составив 70 млрд долл. США²⁸. По мнению экспертов, для сценария МЭА «Чистый ноль выбросов к 2050 г.» в период 2024–2050 гг. потребуется 2,9 трлн долл. США для достижения мощности более 1000 ГВт²⁹. В настоящее время ожидается, что за указанный период объем инвестиций составит всего 1,7 трлн долл. США, что соответствует 650 ГВт — чуть более половины от запланированного показателя.

Если принятые обязательства будут выполнены, то объем инвестиций в атомную энергетику способен вырасти до 2,5 трлн долл. США, а установленная мощность — до 870 ГВт. Вместе с тем, согласно

большинству прогнозов, к 2050 г. мир не сможет полностью достичь цели по нулевому уровню выбросов, но при этом атомная отрасль будет ощущать впечатляющий рост [13].

Сформировавшийся глобальный консенсус по расширению атомных мощностей для обеспечения приемлемых темпов развития технологий ИИ оказывает существенное влияние как на перспективы роста атомной генерации, так и на происходящую в мире трансформацию инвестиционной модели данной отрасли: впервые в истории крупные технологические корпорации выступают в качестве стратегических инвесторов и долгосрочных заказчиков.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СТРАТЕГИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ГИГАНТОВ

Рассмотрим примеры инвестиционных стратегий частных технологических корпораций в атомной энергетике.

1. Корпорация Microsoft подписала с энергетической компанией Constellation Energy инвестиционное соглашение сроком на 20 лет о покупке электроэнергии с первого энергоблока АЭС «Три-Майл-Айленд» мощностью 837 МВт, который будет расконсервирован после 6-летнего перерыва в эксплуатации³⁰.

2. Корпорация Microsoft основала компанию Terra Power, которая разработала проект атомной электростанции IV поколения с реактором на быстрых нейтронах Sodium с натриевым теплоносителем³¹ номинальной мощностью 345 МВт с возможностью увеличения выходной мощности до 500 МВт в течение более 5,5 часов. Особенности проекта эксперты считают систему хранения энергии на основе расплавов солей и возможность размещения на площадках угольных электростанций, выводимых из эксплуатации.

3. Корпорация Alphabet подписала инвестиционное соглашение о покупке электроэнергии, вырабатываемой 6–7 ММП суммарной мощностью 500 МВт, которые разрабатывает компания Kairos Power³². Соглашение предусматривает ввод в эксплуатацию первого ММП к 2030 г. и развертывание ряда дополнительных реакторов до 2035 г. Технология основана на использовании системы охлаждения расплавлен-

²² URL: https://world-nuclear.org/images/articles/Declaration-to-Triple-Nuclear-Energy_-_COP28_-_28-November-2023-FINAL.pdf

²³ URL: <https://www.iso.org/ru/climate-change/embracing-net-zero>

²⁴ URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/21947d24-cbe3-4fbc-a5b7-5c94de5c60f2/ThePathtoaNewEraforNuclearEnergy.pdf>

²⁵ URL: <https://www.mckinsey.com.br/industries/energy-and-materials/our-insights/global-energy-perspective-2024>

²⁶ URL: <https://world-nuclear.org/our-association/the-harmony-programme>

²⁷ URL: <https://interfax.com/newsroom/top-stories/108979/>

²⁸ World Energy Investment 2025. IEA. URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2025>

²⁹ URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/d1b10e92-3f9b-4cfc-9b51-dabbd9e29fd0/NetZeroRoadmap-AGlobalPathwaytoKeepthe1.5CGoalinReach2023Update-Launchpresentation.pdf>

³⁰ URL: <https://www.constellationenergy.com/newsroom/2024/Constellation-to-Launch-Crane-Clean-Energy-Center-Restoring-Jobs-and-Carbon-Free-Power-to-The-Grid.html>

³¹ URL: <https://www.techspot.com/news/103365-nuclear-reactor-design-company-terrapower-begins-construction-next.html>

³² URL: https://kairopower.com/external_updates/google-and-kairos-power-partner-to-deploy-500-mw-of-clean-electricity-generation/

ной солью в сочетании с керамическим топливом в виде гальки, что позволяет реактору работать при низком давлении и снижает общую стоимость³³.

4. Корпорация Alphabet в мае 2025 г. подписала стратегическое инвестиционное соглашение с компанией Elementl Power по развертыванию в США трех площадок для проектов атомной энергетики мощностью не менее 600 МВт каждый³⁴.

5. Компания TAE Technologies при поддержке Alphabet и Chevron создала совместное предприятие с Управлением по атомной энергии Великобритании: данное партнерство позволит экономически эффективно разрабатывать систему создания нового поколения нейтральных пучков для обеспечения процесса термоядерного синтеза. Ожидается, что первые коротко-импульсные нейтральные пучки будут поставлены в течение 18–24 месяцев³⁵.

6. Дочерняя компания Amazon — Amazon Climate Change Pledge Fund — стала якорным инвестором и объявила о приобретении доли в компании X-energy на сумму 500 млн долл. США с целью создания на базе высокотемпературных газоохлаждаемых ММП мощностей по генерации 5 ГВт электроэнергии в США к 2039 г.³⁶ Проект предусматривает строительство совместно с консорциумом коммунальных предприятий Energy Northwest четырех усовершенствованных ММП общей мощностью до 320 МВт с возможностью ее расширения до 960 МВт.

7. Дочерняя компания Amazon — Amazon Web Services (AWS) — приобрела кампус центра обработки данных Cumulus компании Talen Energy площадью 1200 акров на атомной электростанции в Пенсильвании. Обе компании объявили о новом долгосрочном соглашении о покупке энергии, по которому Talen будет поставлять Amazon 1,9 ГВт с атомной электростанции Саскуэханна в Пенсильвании³⁷.

8. Компания в сфере информационных технологий и консалтинга Uvation Inc — поставщик технологических решений интегрированной инфраструктуры элементов ИИ — и разработчик ми-

кромодульных атомных реакторов — компания Terra Innovatum — подписали протокол о намерениях по запуску пилотной программы, использующей микромодульный реактор SOLO мощностью в 1 МВт.

9. Компания — стартап Oklo, занимающаяся разработкой ММП, которую поддерживает OpenAI, подписала несколько соглашений на поставку мощностей электроэнергии с ММП на быстрых нейтронах Aurora, способной вырабатывать 15 МВт: 100 МВт — для Wyoming Hyperscale (США)³⁸, специализирующейся на строительстве ЦОД; до 500 МВт — для компании Equinix для обслуживания центров обработки данных Equinix в США в течение 20 лет по тарифам, которые будут определены в будущих соглашениях о покупке электроэнергии (Power Purchase Agreements, PPA)³⁹; до 12 ГВт — оператору дата-центров Switch (необязательное)⁴⁰.

10. Японская компания Ubitus KK планирует построить новый ЦОД рядом с действующими японскими АЭС⁴¹. Его первоначальная мощность будет составлять 2–3 МВт, но в дальнейшем ее планируется увеличить до 50 МВт.

11. Росатом уже осуществил строительство ЦОД «Калининский» в Удомле (Тверская область) рядом с Калининской АЭС⁴². Проект стал пилотным для госкорпорации «Росатом». Более 80% инфраструктуры этого ЦОДа, в соответствии с условиями действующего контракта, передано в долгосрочную аренду Ростелекому⁴³.

Таким образом, мы наблюдаем две стратегии использования АЭС для развития инфраструктуры ЦОД и ИИ-систем: размещение ЦОД вблизи действующей АЭС (что можно осуществлять уже сейчас) или использование ММП как части проекта ЦОД при его строительстве (в перспективе — при достаточно быстром развитии технологии ММП).

Проект размещения ЦОД на территории действующей АЭС имеет ряд существенных преимуществ:

³³ URL: <https://x-energy.com/reactors/xe-100>

³⁴ URL: <https://news.pm-global.co.uk/2025/05/google-partners-with-elementl-power-to-fund-new-nuclear-energy-projects-for-data-center-infrastructure/>

³⁵ URL: <https://www.portfolio.hu/uzlet/20251202/nuklearis-fuzios-projektbe-kezd-bele-a-google-lel-az-europai-nagyhatalom-803666/>

³⁶ URL: <https://x-energy.com/media/news-releases/amazon-invests-in-x-energy-to-support-advanced-small-modular-nuclear-reactors-and-expand-carbon-free-power/>

³⁷ URL: <https://carboncredits.com/amazon-to-power-ai-data-center-expansion-with-1920-mw-nuclear-ppa-from-talen-energy/>

³⁸ URL: <https://www.datacenterdynamics.com/en/news/oklo-to-supply-100mw-of-nuclear-power-to-wyoming-hyperscale/>

³⁹ URL: <https://www.datacenterdynamics.com/en/news/equinix-signs-deal-to-procure-up-to-500mw-of-nuclear-power-from-oklo-smrs-makes-25m-pre-payment/>

⁴⁰ URL: <https://servernews.ru/1115662>

⁴¹ URL: <https://www.world-nuclear-news.org/articles/japanese-data-centre-seeks-nuclear-electricity-supplies/>

⁴² URL: <https://www.techinsider.ru/technologies/1571071-atomdata-kak-rosatom-sozdaet-centry-obrabotki-dannyh-pitayushchihsya-ot-aes/>

⁴³ URL: <https://presscentr.rbc.ru/tpost/v6f0iv54n1-kak-kontsern-rosenergoatom-stroit-tsifro>



- минимальное количество звеньев от источника электропитания до потребителя, что обеспечивает высокую надежность хранения данных;
- наличие постоянного бесперебойного источника энергии в непосредственной близости от ЦОД;
- возможность подключения больших мощностей, увеличение размера ЦОД;
- низкий тариф на электроэнергию для клиентов ЦОД — около 3 руб. за кВт·ч (для сравнения: в Москве тариф составлял 5–6 руб. за кВт·ч)⁴⁴.

ВЫЗОВЫ КОНВЕРГЕНЦИИ И ВОЗМОЖНЫЕ СЦЕНАРИИ

Существуют следующие вызовы конвергенции:

- синхронизация темпов развития: строительство АЭС занимает 10–15 лет, тогда как потребности ИИ растут экспоненциально;
- финансирование: частные компании (Google, Microsoft, Amazon) инвестируют в АЭС, но государственная поддержка необходима для снижения рисков;
- общественное мнение: необходимы образовательные кампании для изменения отношения к атомной энергетике («атомная грамотность»);
- интеграция с ВИЭ, так как АЭС и ВИЭ могут дополнять друг друга: АЭС обеспечивает базовую нагрузку, а ВИЭ — пиковую;
- экономика: стоимость электроэнергии от ММР, по текущим оценкам, составляет 60–100 долл./МВт·ч, что выше, чем у крупных АЭС и ВИЭ. Однако для дата-центров критическим параметром является не только цена киловатт-часа, но и совокупная стоимость владения, включающая затраты на обеспечение надежности, системы хранения энергии и сетевую инфраструктуру. При учете этих факторов конкурентоспособность ММР существенно возрастает.

Одновременно ИИ в перспективе начинает действовать модернизации атомной отрасли в ее ренессансе — это касается:

- повышения безопасности и надежности, а также анализа огромных массивов данных от датчиков реакторных установок в режиме реального времени, когда аномалии выявляются задолго до того, как они станут критическими (например, деградация компонентов реакторных установок). Росатом реализует программу цифровизации,

включающую создание цифровых двойников АЭС — виртуальных моделей, использующих ИИ для моделирования поведения реакторных установок в различных сценариях, включая аварийные;

- оптимизации топливного цикла, при которой методы машинного обучения позволяют находить наилучшие конфигурации загрузки, увеличивающие длительность топливной кампании и снижающие неравномерность энерговыделения;
- ускорения проектирования и лицензирования;
- робототехники и дистанционных операций: ИИ-управляемые робототехнические системы находят все более широкое применение в атомной отрасли в зонах высокой радиоактивности: проведение инспекции оборудования, дезактивации; вывод из эксплуатации.

СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ ДО 2050 ГОДА

Сценарий 1. Эволюционная интеграция:

- постепенное внедрение ИИ в эксплуатацию существующих АЭС и строительство новых;
- развертывание первых коммерческих ММР для энергоснабжения дата-центров к 2030–2035 гг.;
- доля АЭ в энергоснабжении ИИ-инфраструктуры достигает 15–25% к 2050 г.;
- термоядерная энергетика остается на стадии демонстрационных проектов.

Сценарий 2. Ускоренная конвергенция:

- массовое серийное производство ММР с 2030-х гг. при снижении стоимости до уровня, способного составить конкуренцию газовой генерации;
- ИИ обеспечивает прорыв в проектировании реакторов IV поколения при ускорении лицензирования государствами;
- технологические компании становятся крупнейшими заказчиками ядерных мощностей;
- первые коммерческие термоядерные реакторы вводятся в эксплуатацию к 2045–2050 гг.;
- доля атомной энергетiki в энергоснабжении ИИ-инфраструктуры достигает 35–50% к 2050 г.

Сценарий 3. Дивергенция:

- регуляторные, общественные и экономические барьеры замедляют развертывание ММР;
- проблемы кибербезопасности и инциденты с ИИ-системами на ядерных объектах приводят к ужесточению регулирования;
- технологические компании переориентируются на ВИЭ с системами хранения энергии;
- доля атомной энергетiki в энергоснабжении ИИ-инфраструктуры не превышает 5–10% к 2050 г.

⁴⁴ URL: <https://www.techinsider.ru/technologies/1571071-atomdata-kak-rosatom-sozdaet-centry-obrabotki-dannyh-pitayushchihsya-ot-aes/>

КЛЮЧЕВЫЕ ТРЕНДЫ

Тренд 1. Цифровая экономика формирует новый энергетический вызов одновременно с симбиотической связью между энергетикой и цифровыми решениями

Экспоненциальный рост доли цифровой экономики и вычислительных мощностей приводит к совокупной мощности цифровой инфраструктуры (ЦОД и ИИ-системы) 320–550 ГВт — величине, сопоставимой с установленной мощностью всей текущей мировой атомной энергетики. Традиционные источники возобновляемой энергии не способны удовлетворить в полной мере требования, предъявляемые цифровой инфраструктурой к непрерывности, надежности, плотности электроэнергии и масштабируемости энергоснабжения в мире.

Тренд 2. Атомная энергетика как оптимальное решение требований цифровой инфраструктуры в условиях геополитической конкуренции

Атомная энергетика обладает уникальным сочетанием характеристик, соответствующих требованиям ЦОД и ИИ-систем, и определяет стратегический выбор ведущих технологических корпораций для инвестиций (как основы энергообеспечения цифровой экономики). Малые модульные реакторы — ключевая ожидаемая технология конвергенции. Модульность, масштабируемость и возможность размещения вблизи потребителей делают их оптимальным решением для энергоснабжения ИИ-инфраструктуры. Потенциальный коммерческий успех ММР в 2030-х гг. станет определяющим фактором темпов конвергенции.

Тренд 3. Глобальный консенсус по расширению атомных мощностей

Принятие на саммите COP28 (2023 г.) обязательств по утроению глобальных мощностей атомной энергетики к 2050 г. ознаменовало формирование международного консенсуса. К марту 2025 г. к данной инициативе присоединились 31 государство, 140 компаний атомной отрасли и 14 ведущих мировых банков. Подписание «Обязательства крупных потребителей энергии» (Large Energy Users Pledge) на конференции CERAWeek-2025 технологическими гигантами Microsoft, Google, Amazon и промышленными корпорациями свидетельствует о качественно новом этапе — вовлечении крупнейших потребителей энергии в продвижение атомной энергетики.

Тренд 4. Трансформация инвестиционной модели атомной отрасли

Впервые в истории атомной энергетики крупные технологические корпорации выступают в качестве

стратегических инвесторов и долгосрочных заказчиков атомных мощностей. Международные технологические компании: Microsoft, Google, Amazon и др. уже подписали различные инвестиционные соглашения, обеспечивающие потребности цифровизации стабильной и непрерывной электроэнергией АЭС за счет модернизации действующих или создания новых атомных мощностей. Данная модель якорного заказчика создает новую парадигму финансирования, снижающую риски инвесторов и ускоряющую реализацию проектов.

Тренд 5. Технологические инновации как драйвер развития отрасли

Развитие малых модульных реакторов на основе технологий на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем и высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов (ВТГР) открывает широкие возможности по преодолению традиционных барьеров в атомной энергетике. Ключевые инновации включают: модульное заводское производство, пассивные системы безопасности, интеграцию с системами хранения вырабатываемой тепловой энергии на расплавах солей, сокращение сроков строительства до 3–5 лет.

Тренд 6. Синергия атомной энергетики и технологий с элементами искусственного интеллекта

Взаимодействие атомной энергетики и технологий с элементами ИИ взаимовыгодно. С одной стороны, генерация атомной энергии гарантирует надежное электроснабжение энергоемких технологий с элементами ИИ. С другой стороны, технологии с элементами ИИ и цифровых двойников применяются для оптимизации проектирования реакторов, их прогнозного технического обслуживания и управления процессами эксплуатации. ИИ способен обеспечить качественный скачок в ядерной безопасности: предиктивная аналитика, цифровые двойники, автономные системы мониторинга на его основе могут вывести ее на принципиально новый уровень, что, в свою очередь, изменит общественное восприятие атомной энергетики.

Тренд 7. Экономическое и социальное воздействие

Масштабное развертывание мощностей атомной энергетики для целей цифровой экономики создает дополнительные рабочие места. По оценке Росатома, реализация контрактов поставки продукта АЭС обладает высоким мультипликативным синергетическим эффектом и дает возможность долгосрочного прироста валютной выручки, а также финансирования для развития научного потенциала высокотехнологичной атомной отрасли. Усилия и средства, затраченные на реализацию каждого проекта,



возвращаются не только в виде роста экспорта российской высокотехнологичной продукции и обеспечения благоприятных условий для повышения конкурентоспособности наших предприятий и специалистов: «Каждый рубль, вложенный в проект по сооружению АЭС, дополнительно приносит в ВВП страны заказчика АЭС 1,9 рубля, когда станция строится, и не менее 1,7 рубля, когда она эксплуатируется. <...> помимо прямых эффектов на развитие экономики и промышленности АЭС вносит вклад в климатическую и экологическую повестку страны. Каждый инвестированный в проект сооружения АЭС малой мощности в Республике Саха (Якутия) рубль в среднем даст экономике России 2,6 рублей на стадии сооружения и 2,4 рубля на стадии эксплуатации»⁴⁵.

Тренд 8. Необходимость системных преобразований и регулирование

Реализация потенциала атомной энергетики при обеспечении цифровой экономики требует комплексных преобразований в большинстве сфер политики, промышленности, финансирования и регулирования. Ключевые направления включают: обеспечение равного доступа атомной энергетики к финансированию наравне с другими источниками; оптимизацию лицензионных процедур для инновационных реакторных технологий; развитие цепочек поставок и производственных мощностей; подготовку высококвалифицированных кадров. Консолидированная позиция крупнейших потребителей электроэнергии создает импульс для проведения необходимых политических реформ.

⁴⁵ URL: <http://www.atominform.ru/newsz05/a0234.htm>

ВЫВОДЫ

Энергоснабжение ИИ-систем и ЦОД электроэнергией АЭС формируется как определяющий тренд очередного этапа развития мировой энергетики до 2050 г. Прогнозируемый рост энергопотребления в результате внедрения ИИ-технологий с текущих 22 до 320–550 ГВт к 2050 г. потребует адекватного расширения генерирующих мощностей. Эту тенденцию подтверждает и тот факт, что в настоящее время строятся 62 новых атомных энергоблока, 28 из которых — в Китае, и уже есть планы по строительству еще 400–450 в ближайшие десятилетия⁴⁶.

Достижение целевого показателя в 1000–1200 ГВт установленной мощности атомной энергетики потребует использования инвестиций объемом более 2–2,5 трлн долл. США и скоординированных усилий правительств, финансовых институтов и частных инвесторов ведущих стран мира.

Конвергенция интересов основных технологических корпораций и ряда правительств государств, обладающих атомной энергетикой, создает беспрецедентные возможности для ренессанса отрасли.

Достижение цели по утроению глобальных атомных мощностей к 2050 г. потребует соответствующих усилий по масштабированию производства, подготовке кадров и развитию цепочек поставок электроэнергии. Растущая поддержка атомной энергетики со стороны ведущих мировых корпораций и правительств стран создает благоприятные предпосылки для реализации этой амбициозной задачи.

⁴⁶ URL: <https://magyarhaz.hu/gazdasag/2026/01/atomenergia-attores>

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гохберг Л.М., Туровец Ю.В., Вишневский К.О. и др. Искусственный интеллект в России: технологии и рынки. М.: ИСИЭЗ ВШЭ; 2025. 148 с.
2. Сечин И.И. Новый облик мировой энергетики. *Вестник МГИМО-Университета*. 2025;18(4):137–163. DOI: 10.24833/2071-8160-2025-4-103-137-163
3. Клавдиенко В.П. Структурные сдвиги в первичном энергопотреблении как фактор декарбонизации мировой энергетики. *Вестник Института экономики Российской академии наук*. 2025;(1):129–151. DOI: 10.52180/2073-6487_2025_1_129_151
4. Локонова Е.Л., Железнякова А.В., Рябышев М.В. Будущее атомной энергетики в контексте современных социальных изменений. *Глобальная ядерная безопасность*. 2025;15(2):107–116. DOI: 10.26583/gns-2025-02-11
5. Фролов И.Э., Киселев В.Н. Искусственный интеллект как драйвер прорывных технологий: глобальные тренды и уроки для России. *Проблемы прогнозирования*. 2025;(3):122–134. DOI: 10.47711/0868-6351-210-122-134
6. Шкарупета Е.В. и др. Законы научно-технологического инновационного развития в парадигме устойчивого развития и циркулярной экономики. *Цифровая и отраслевая экономика*. 2022;(2):115–120.
7. Brockman J., ed. Possible minds: Twenty-five ways of looking at AI. New York, NY: Penguin Press; 2019. 320 p.
8. Dominguez J. Statement on nuclear energy for data centers. In: Dignan L. Constellation energy, Microsoft ink nuclear power pact for AI data center. Constellation research. 2024. URL: <https://www.constellationr.com/blog-news/insights/constellation-energy-microsoft-ink-nuclear-power-pact-ai-data-center>

9. Hertwich E.G. Addressing biogenic greenhouse gas emissions from hydropower in LCA. *Environmental Science & Technology*. 2013;47(17):9604-9611. DOI: 10.1021/es401820p
10. Joskow P.L. Comparing the costs of intermittent and dispatchable electricity generating technologies. *American Economic Review*. 2011;101(3):238-241. DOI: 10.1257/aer.101.3.238
11. Семибратов А., Тихомиров Г. Ставка на атом: цифровой мир требует электричества. Радио РБК. 23.12.2025. URL: <https://www.rbc.ru/radio/23/12/2025/694a6d079a7947766d5da148>
12. Матвеева О. Цифре не хватает атома. Коммерсант. 22.12.2025. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/8312194>
13. Захаревский А.В. Экономический взгляд на энергетический вызов ИТ-технологий. *Экономика высокотехнологичных производств*. 2025;6(1):41-58. DOI: 10.18334/evp.6.1.122703

REFERENCES

1. Gokhberg L.M., Turovets Yu.V., Vishnevskii K.O., et al. Artificial intelligence in Russia: Technologies and markets. Moscow: HSE; 2025. 148 p. (In Russ.).
2. Sechin I.I. The emerging global energy landscape. *Vestnik MGIMO-Universiteta = MGIMO Review of International Relations*. 2025;18(4):137-163. (In Russ.). DOI: 10.24833/2071-8160-2025-4-103-137-163
3. Klavdienko V.P. Structural changes in primary energy consumption as a factor of decarbonization of global energy. *Vestnik Instituta ekonomiki Rossiiskoi akademii nauk = Bulletin of the Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences*. 2025;(1):129-151. (In Russ.). DOI: 10.52180/2073-6487_2025_1_129_151
4. Lokonova E.L., Zheleznyakova A.V., Ryabyshev M.V. The future of nuclear energy in the context of modern social changes. *Global'naya yadernaya bezopasnost' = Global Nuclear Safety*. 2025;15(2):107-116. (In Russ.). DOI: 10.26583/gns-2025-02-11
5. Frolov I.E., Kiselev V.N. Artificial intelligence as a driver of breakthrough technologies: Global trends and lessons for Russia. *Studies on Russian Economic Development*. 2025;36(3):378-387. DOI: 10.1134/S1075700725700108 (In Russ.: *Problemy prognozirovaniya*. 2025;(3):122-134. DOI: 10.47711/0868-6351-210-122-134).
6. Shkarupeta E.V., et al. Laws of scientific and technological innovative development in the paradigm of sustainable development and circular economy. *Tsifrovaya i otraslevaya ekonomika*. 2022;(2):115-120. (In Russ.).
7. Brockman J., ed. Possible minds: Twenty-five ways of looking at AI. New York, NY: Penguin Press; 2019. 320 p.
8. Dominguez J. Statement on nuclear energy for data centers. In: Dignan L. Constellation energy, Microsoft ink nuclear power pact for AI data center. Constellation research. 2024. URL: <https://www.constellationr.com/blog-news/insights/constellation-energy-microsoft-ink-nuclear-power-pact-ai-data-center>
9. Hertwich E.G. Addressing biogenic greenhouse gas emissions from hydropower in LCA. *Environmental Science & Technology*. 2013;47(17):9604-9611. DOI: 10.1021/es401820p
10. Joskow P.L. Comparing the costs of intermittent and dispatchable electricity generating technologies. *American Economic Review*. 2011;101(3):238-241. DOI: 10.1257/aer.101.3.238
11. Semibratov A., Tikhomirov G. Betting on the atom: The digital world requires electricity. Radio RBC. December 23, 2025. URL: <https://www.rbc.ru/radio/23/12/2025/694a6d079a7947766d5da148> (In Russ.).
12. Matveeva O. The digital is missing an atom. Kommersant. December 22, 2025. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/8312194> (In Russ.).
13. Zakharevsky A.V. Economic perspective on the IT energy challenges. *Ekonomika vysokotekhnologichnykh proizvodstv = High-Tech Enterprises Economy*. 2025;6(1):41-58. (In Russ.). DOI: 10.18334/evp.6.1.122703

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / ABOUT THE AUTHORS



Юлия Борисовна Пономарева — кандидат экономических наук, заместитель директора проекта по сооружению АЭС Пакш по экономике и финансам, АО «Атомстройэкспорт», Москва, Российская Федерация

Yulia B. Ponomareva — Cand. Sci. (Econ.), Deputy Director of the Paks NPP Construction Project for Economics and Finance, JSC Atomstroyexport, Moscow, Russian Federation
<https://orcid.org/0009-0005-6412-105X>

Автор для корреспонденции / Corresponding author:
 donom@yandex.ru



Игорь Михайлович Степнов — доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры корпоративных финансов и корпоративного управления, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

Igor M. Stepnov — Dr. Sci. (Econ.), Professor, Prof. of the Department of Corporate Finance and Corporate Governance, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

<http://orcid.org/0000-0003-4107-6397>

stepnoff@inbox.ru



Игорь Эдуардович Фролов — доктор экономических наук, заместитель директора по научной работе, заведующий лабораторией анализа и прогнозирования влияния сферы исследований и разработок на социально-экономическое развитие, Институт народнохозяйственного прогнозирования, Российская академия наук, Москва, Российская Федерация

Igor E. Frolov — Dr. Sci. (Econ.), Deputy Director for Scientific Work, Head of the Laboratory for Analysis and Forecasting of the Impact of Research and Development on Socio-economic Development, Institute of Economic Forecasting, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

<http://orcid.org/0000-0003-0673-2133>

i_frolov@ecfor.ru

Заявленный вклад авторов:

Ю.Б. Пономарева — постановка цели и конкретизация задач исследования; сбор, обработка и интерпретация информационных и аналитических данных; расчеты данных и построение рис. 2–4; выделение ключевых трендов в секторе атомной энергетики, анализ энергетических стратегий технологических гигантов.

И.М. Степнов — постановка научной проблемы; концептуализация и логическая схема исследования; обзор научных источников и редактирование; обоснование характеристик сценариев конвергенции развития искусственного интеллекта и атомной энергетики; формулирование выводов по результатам исследования

И.Э. Фролов — оценка динамики цифровой экономики с учетом ограничений по объемам финансирования частных НИОКР на рост рыночных секторов ИИ; прогноз мирового рынка искусственного интеллекта; проверка достоверности результатов исследования

Authors' Declared Contributions:

Yu.B. Ponomareva — setting goals and specifying research objectives, collecting, processing and interpreting information and analytical data, data calculations and design fig. 2–4, highlighting key trends in the nuclear energy sector, analyzing energy strategies of technological giants.

I.M. Stepnov — formulation of a scientific problem, conceptualization and logical scheme of research, review of scientific sources and editing, substantiation of the characteristics of convergence scenarios for the development of artificial intelligence and nuclear energy, formulation of conclusions based on research results.

I.E. Frolov — assessment of the dynamics of the digital economy, taking into account restrictions on the amount of private R&D financing for the growth of AI market sectors, forecast of the global artificial intelligence market, verification of the reliability of research results.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflicts of Interest Statement: The authors have no conflicts of interest to declare.

Статья поступила 12.02.2026; после рецензирования 28.02.2026; принята к публикации 15.03.2026.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The article was received on 12.02.2026; revised on 28.02.2026 and accepted for publication on 15.03.2026.

The authors read and approved the final version of the manuscript.