

УДК 338.2

EDN MJGYHT

**М.И. Ершова<sup>1</sup>, Ф.Ф. Юрлов<sup>2</sup>****ИНТЕГРАЦИЯ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ ПОДХОДОВ  
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ  
БЕЗОПАСНОСТИ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**<sup>1</sup>АО «ОКБМ Африкантов»*Нижний Новгород, Россия*<sup>2</sup>Нижегородский государственный технический университет*им. Р. Е. Алексеева**Нижний Новгород, Россия*

Атомная отрасль находится в центре внимания глобальной энергетической трансформации, однако ее развитие сопровождается значительными вызовами в области экономической безопасности. Ключевые проблемы включают геополитические риски, растущие киберугрозы, волатильность рынков, высокие капитальные затраты и экологические ограничения. Предлагается инновационная междисциплинарная методология, направленная на повышение устойчивости атомной энергетики через интеграцию современных технологий, динамической оценки рисков и международного сотрудничества. Основу подхода составляют четыре ключевых элемента. 1. Динамическая оценка рисков (ДОР) – использование технологии больших данных для мониторинга и прогнозирования угроз в реальном времени, включая сценарный анализ кризисных ситуаций. 2. Интегрированные протоколы кибербезопасности – внедрение блокчейна для защиты цепочек поставок и систем для обнаружения аномалий в промышленных сетях. 3. Экономика, ориентированная на устойчивость – разработка финансовых моделей, учитывающих экологические, социальные и управленческие критерии (ESG), а также углеродный налог. 4. Международное сотрудничество – создание страховых пулов для распределения рисков и совместные НИОКР для стандартизации инноваций, таких как малые модульные реакторы (ММР). Реализация междисциплинарного подхода для повышения экономической безопасности в атомной отрасли требует поэтапного внедрения и интеграции различных инструментов и методов. Описана методика применения предложенного подхода, включая ключевые шаги и действия. Результатом применения методологии станет укрепление экономической устойчивости атомной отрасли, повышение ее конкурентоспособности на фоне растущей конкуренции с возобновляемыми источниками энергии и усиление роли в глобальном энергосекторе. Предложенный подход обеспечивает долгосрочную устойчивость атомной энергетики, способствуя ее интеграции в низкоуглеродную экономику будущего.

**Ключевые слова:** атомная энергетика; экономическая безопасность; динамическая оценка рисков; кибербезопасность; ESG; международное сотрудничество; малые модульные реакторы.

**Введение.** Экономическая безопасность в атомной отрасли включает обеспечение финансовой стабильности, инвестиции в технологии и управление рисками, связанными с геополитикой, экологией и эксплуатацией [1, 2]. В условиях растущей роли атомной энергии как низкоуглеродного источника традиционные модели требуют модернизации. Статья представляет новую методологию, интегрирующую кибербезопасность, показатели устойчивости и адаптивное управление рисками для улучшения принятия решений.

Разработка и реализация предложенной методологии обусловлена рядом актуальных проблем, с которыми сталкивается атомная отрасль. Они затрагивают экономическую, технологическую, экологическую и геополитическую сферы, создавая угрозы для устойчивого развития и конкурентоспособности атомной энергетики [3]. Ниже приведены ключевые проблемы, которые делают внедрение методологии необходимым.

#### *1. Геополитические риски:*

- санкции и торговые ограничения – политические конфликты (например, между Россией и Западом) могут привести к ограничениям на поставки критических материалов и технологий, что нарушает цепочки поставок и увеличивает издержки [4];

- зависимость от поставок урана и обогащения – многие страны зависят от импорта урана и услуг по его обогащению.

#### *2. Киберугрозы:*

- уязвимость цифровых систем – цифровизация атомной отрасли повышает риски кибератак на системы управления АЭС, что может привести к остановке работы станций или даже авариям;

- отсутствие единых стандартов кибербезопасности – разрозненность подходов к защите данных и систем в разных странах затрудняет борьбу с транснациональными киберугрозами [5].

#### *3. Финансовые и рыночные вызовы:*

- высокие капитальные затраты – строительство АЭС требует значительных инвестиций и длительных сроков окупаемости, что делает проекты уязвимыми к изменениям на рынке [6];

- конкуренция с возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ) – снижение стоимости солнечной и ветровой энергии создает давление на атомную отрасль [7];

- волатильность цен на электроэнергию – колебания цен на энергорынках снижают рентабельность АЭС, особенно в условиях переизводства энергии от ВИЭ [8].

#### *4. Технологические барьеры:*

- задержки в реализации инноваций – внедрение новых технологий, таких как малые модульные реакторы или реакторы IV поколения, сталкивается с техническими, регуляторными и финансовыми сложностями;

– недостаток стандартизации – отсутствие единых стандартов для новых технологий затрудняет их масштабирование и коммерциализацию.

*5. Экологические и социальные вызовы:*

– управление ядерными отходами – проблема утилизации и хранения отработанного топлива остается одной из самых острых, вызывая общественное недовольство и экологические риски [9];

– общественное восприятие – аварии на АЭС (например, Фукусима) создают негативный имидж атомной энергетики, что затрудняет привлечение инвестиций и поддержку со стороны общества.

*6. Регуляторные и правовые сложности:*

– несовершенство нормативной документации – в большинстве стран отсутствуют четкие правила для внедрения новых технологий (например, ММР) или управления рисками [10];

– международные разногласия – различия в подходах к регулированию атомной энергетики между странами затрудняют международное сотрудничество и торговлю.

*7. Глобальные энергетические тренды:*

– энергопереход к низкоуглеродной экономике – атомная энергетика играет ключевую роль в снижении выбросов CO<sub>2</sub>, однако ее конкурентоспособность зависит от способности адаптироваться к новым требованиям, таким как ESG-критерии (экологические, социальные и управленческие стандарты) [11];

– децентрализация энергосистем – рост распределенной генерации (например, солнечные панели на крышах домов) требует от атомной отрасли поиска новых ниш, таких как производство водорода или теплофикация [12].

**Концепция экономической безопасности в атомной отрасли.** Экономическая безопасность в атомной отрасли есть комплекс мер, направленных на обеспечение устойчивого развития, минимизацию рисков и защиту от внутренних и внешних угроз, которые могут негативно повлиять на финансовую стабильность, технологическое развитие и конкурентоспособность отрасли [13]. Эта концепция охватывает широкий спектр аспектов, включая финансовую устойчивость, управление рисками, технологическую независимость и геополитическую стабильность.

Рассмотрим ключевые элементы этой концепции:

– финансовая стабильность – обеспечение финансирования долгосрочных проектов (строительство реакторов, управление отходами);

– управление рисками – минимизация последствий сбоев в цепочках поставок, изменений регуляторики и превышения бюджета [14, 15];

– технологические инвестиции – развитие инноваций, таких как малые модульные реакторы (ММР) и технологии IV поколения;

– геополитические гарантии – снижение зависимости от санкций.

**Новый подход к повышению экономической безопасности атомной отрасли.** Предлагаемый подход представляет собой междисциплинарную методологию, которая объединяет несколько ключевых элементов для повышения экономической безопасности в атомной отрасли. Основные компонентами подхода приведены далее.

1. Динамическая оценка рисков (ДОР):

– сценарный анализ, который позволяет моделировать различные кризисные ситуации (например, санкции, кибератаки, колебания цен на уран) и оценивать их влияние на экономическую устойчивость предприятий атомной отрасли;

– использование «больших данных» для мониторинга и прогнозирования рисков в реальном времени.

2. Интегрированные протоколы кибербезопасности:

– внедрение блокчейна для повышения прозрачности и безопасности цепочек поставок.

3. Экономика, ориентированная на устойчивость:

– внедрение анализа жизненного цикла проектов с учетом экологических, социальных и управленческих критериев (ESG);

– учет углеродного налога и других экологических факторов при оценке рентабельности проектов.

4. Механизмы глобального сотрудничества:

– создание международных страховых пулов для распределения рисков крупных проектов;

– разработка стандартов и совместных НИОКР для ММР и других инновационных технологий.

**Реализация междисциплинарного подхода** для повышения экономической безопасности в атомной отрасли требует поэтапного внедрения и интеграции различных инструментов и методов. Ниже описана методика применения, включая ключевые шаги и действия.

1. *Подготовительный этап:*

1) проанализировать текущее состояние с целью оценки текущих рисков и уязвимости в атомной отрасли (провести аудит финансовой, операционной и технологической устойчивости предприятий, оценить уровень кибербезопасности и защищенности цифровых систем, изучить геополитические риски, включая зависимость от поставок урана и других критических материалов);

2) создать междисциплинарную команду для реализации подхода (привлечь экспертов в области экономики, кибербезопасности, ядерных технологий и международного права, установить четкие роли и обязанности для каждого участника).

2. *Внедрение динамической оценки рисков (ДОР):*

1) разработать систему мониторинга для сбора и анализа данных в реальном времени (интегрировать источники данных (рыночные индикаторы, геополитические события, данные о кибератаках), настроить алгоритмы для прогнозирования рисков);

2) провести сценарный анализ с целью оценки последствий различных кризисных ситуаций (интегрировать источники данных (рыночные индикаторы, геополитические события, данные о кибератаках), настроить алгоритмы для прогнозирования рисков).

3. *Внедрение интегрированных протоколов кибербезопасности:*

1) разработать стратегию кибербезопасности с целью защиты цифровых систем и данных (провести аудит существующих систем безопасности, внедрить блокчейн для отслеживания цепочек поставок, настроить системы обнаружения аномалий);

2) провести обучение персонала, повысить осведомленность сотрудников о киберугрозах (провести тренинги по кибербезопасности, разработать руководства по действиям в случае кибератак).

4. *Внедрение экономики, ориентированной на устойчивость:*

1) проанализировать жизненный цикл проектов с учетом экологических и социальных факторов (включить ESG-критерии в процесс принятия решений, провести оценку углеродного следа и других экологических показателей);

2) разработать финансовые модели, которые обеспечат рентабельность проектов с учетом новых критериев (оценить долгосрочные выгоды от внедрения инноваций (например, малых модульных реакторов, включить углеродный налог и другие экологические издержки в финансовые модели).

5. *Развитие международного сотрудничества:*

1) создать международную платформу, объединить усилия стран для снижения рисков (создать международные страховые пулы для крупных проектов, организовать совместные НИОКР для разработки стандартов ММР);

2) разработать стандарты с целью унифицировать подходы к управлению рисками и технологиями (разработать стандарты для кибербезопасности, управления отходами и эксплуатации АЭС, внедрить их на международном уровне через МАГАТЭ).

6. *Мониторинг и оценка результатов:*

1) обеспечить эффективность внедренных мер, организацией постоянного мониторинга (регулярно обновлять данные в системе динамической оценки рисков, проводить аудиты кибербезопасности и финансовой устойчивости);

2) оценить результаты (сравнить показатели до и после внедрения подхода, провести опросы среди сотрудников и партнеров).

**Результаты реализации подхода.** Предложенный подход и основанная на нем методика позволяют получить следующие результаты.

1. Повышение устойчивости: снижение зависимости от внешних факторов (санкции, колебания цен), улучшение финансовой стабильности.

2. Снижение рисков: минимизация последствий кибератак и сбоев в цепочках поставок, повышение надежности эксплуатации АЭС.

3. Ускорение инноваций: быстрое внедрение малых модульных реакторов и других технологий, снижение затрат за счет стандартизации.

4. Улучшение экологических показателей: снижение углеродного следа, эффективное управление отходами.

5. Укрепление международного сотрудничества: создание глобальных платформ для обмена опытом, разработка единых стандартов.

Укажем также преимущества предложенного подхода.

1. Комплексность – подход охватывает все ключевые аспекты экономической безопасности: финансовые, технологические, социальные, экологические и геополитические.

2. Гибкость – динамическая оценка рисков позволяет адаптироваться к быстро меняющимся условиям (например, санкции, изменения на рынке урана).

3. Международная синергия – глобальное сотрудничество снижает издержки за счет обмена опытом и совместного финансирования проектов.

4. Устойчивость – учет ESG-критериев и углеродного налога делает проекты более привлекательными для инвесторов и соответствует трендам зеленой экономики.

**Заключение.** Предлагаемый в статье подход представляет собой сбалансированную стратегию, которая позволяет атомной отрасли адаптироваться к современным вызовам. Несмотря на определенные недостатки (высокая стоимость внедрения и зависимость от данных), его преимущества перевешивают потенциальные риски.

Реализация предлагаемого подхода требует системного и поэтапного внедрения, а также активного участия всех заинтересованных сторон. Реализация методологии приведет к повышению экономической устойчивости, снижению операционных рисков и ускорению технологического развития, что укрепит позиции атомной энергетики в глобальной энергосистеме.

Экономическая безопасность атомной отрасли требует комплексной стратегии, объединяющей технологии, политику и глобальное взаимодействие. Предложенная методология предлагает масштабируемую модель для современных вызовов, укрепляя роль атомной энергии в энергопереходе.

© Ершова М.И., Юрлов Ф.Ф., 2025

*Поступила в редакцию 27.03.2025*

*Принята к публикации 21.05.2025*

**Библиографический список**

- [1] Министерство энергетики РФ. Стратегия развития атомной энергетики России до 2035 года. [Электронный ресурс]. URL: – <http://static.government.ru/media/files/w4sigFOiDjGVDYT4lgsApssm6mZRb7wx.pdf>
- [2] Указ о национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года [Электронный ресурс]. URL:– <http://kremlin.ru/events/president/news/73986>
- [3] Ершова М.И. Экономическая эффективность как важнейший критерий экономической безопасности предприятий атомной энергетики // Экономическая безопасность России: проблемы и перспективы. Нижний Новгород: НГТУ, 2021. С. 56-59.
- [4] Игнатов А.В., Петров С.И. Экономическая безопасность атомной отрасли России: вызовы и перспективы // Энергетическая политика. 2021. № 12 (4). С. 56-68.
- [5] Белов П.Г., Сидоров А.А. Кибербезопасность в атомной энергетике: современные вызовы и решения // Информационная безопасность. 2019. № 7 (2). С. 34-45.
- [6] Юрлов Ф.Ф., Ершова М.И. Анализ эффективности развития электроэнергетического комплекса // Экономическая безопасность России: проблемы и перспективы. Нижний Новгород: НГТУ, 2022. С. 41-45.
- [7] Росатом. Годовой отчет 2021 [Электронный ресурс]. URL: [https://report.rosatom.ru/go/rosatom/go\\_rosatom\\_2021/rosatom\\_2021\\_ru](https://report.rosatom.ru/go/rosatom/go_rosatom_2021/rosatom_2021_ru).
- [8] Ершова М.И. Проблемы оценки стоимости электроэнергетики атомных электростанций // Актуальные вопросы экономики, менеджмента и инноваций. – Нижний Новгород: НГТУ, 2022. С. 58-60.
- [9] World Nuclear Association. Nuclear Fuel Report [Электронный ресурс]. – URL: <https://world-nuclear.org/images/articles/World-Nuclear-Performance-Report-2024.pdf>
- [10] Экономическая безопасность в условиях цифровой трансформации России / М.Ю. Малкина, В.Я. Захаров, Н.А. Безрукова [и др.]. М.: Русайнс, 2022. 268 с.
- [11] Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 328 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации “Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности”» [Электронный ресурс]. – URL: <http://base.garant.ru/70643464/>
- [12] Юрлов Ф.Ф., Ершова М.И. Анализ зарубежного и отечественного опыта повышения эффективности инжиниринговых компаний // Экономическая безопасность России: проблемы и перспективы. – Нижний Новгород: НГТУ, 2020. С. 105-109.
- [13] Экономическая безопасность России: общий курс: учебник / под ред. В.К. Сенчагова. – М.: Дело, 2005. – 896 с.
- [14] International Atomic Energy Agency (IAEA). Advancing Nuclear Infrastructure Development. – Vienna: IAEA [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.iaea.org/topics/infrastructure-development>
- [15] Корниец Т.П., Аликова О.П. Управление рисками в атомной энергетике как основа обеспечения энергетической безопасности России // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2012. Т. 8. № 22 (163). С. 37-47.

M.I. Ershova<sup>1</sup>, F.F. Yurlov<sup>2</sup>

## INTEGRATION OF INTERDISCIPLINARY APPROACHES TO ENHANCE THE ECONOMIC SECURITY OF THE NUCLEAR INDUSTRY

<sup>1</sup>JSC «OKBM Afrikantov»

*Nizhny Novgorod, Russia*

<sup>2</sup>Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev

*Nizhny Novgorod, Russia*

**Abstract.** The nuclear industry is at the center of the global energy transformation, its development is accompanied by significant challenges in the field of economic security. Key issues include geopolitical risks, growing cyber threats, market volatility, high capital costs, and environmental constraints. The article proposes the innovative interdisciplinary methodology aimed at enhancing the resilience of nuclear energy through the integration of modern technologies, dynamic risk assessment, and international cooperation. The approach is based on four key elements: 1. Dynamic Risk Assessment (DRA) – the use of big data technologies for real-time monitoring and forecasting of threats, including scenario analysis of crisis situations. 2. Integrated Cybersecurity Protocols – the implementation of blockchain to protect supply chains and anomaly detection systems in industrial networks. 3. Resilience-Oriented Economics – the development of financial models that consider environmental, social, and governance (ESG) criteria, as well as carbon taxes. 4. International Cooperation – the creation of insurance pools for risk sharing and joint R&D to standardize innovations, such as small modular reactors (SMRs). The implementation of an interdisciplinary approach to enhance economic security in the nuclear industry requires a phased introduction and integration of various tools and methods. The paper describes the methodology for applying the proposed approach, including key steps and actions. The result of applying this methodology will be the strengthening of the economic resilience of the nuclear industry, increasing its competitiveness in the face of growing competition with renewable energy sources, and enhancing its role in the global energy transition. The proposed approach ensures the long-term sustainability of nuclear energy, facilitating its integration into the low-carbon economy of the future.

**Keywords:** nuclear energy; economic security; dynamic risk assessment; cybersecurity; ESG; international cooperation; small modular reactors (SMRs).

### References

- [1] Ministry of Energy of the Russian Federation. (2021). [Strategy for the Development of Nuclear Energy in Russia until 2035]. [Electronic resource]. Available at: <http://static.government.ru/media/files/w4sigFOiDjGVDYT4IgsAppsm6mZRb7wx.pdf>

- 
- [2] Decree on the National Development Goals of the Russian Federation for the Period until 2030 and the Perspective until 2036. [Electronic resource]. Available at: <http://kremlin.ru/events/president/news/73986>
- [3] Ershova, M.I. (2021). [Economic Efficiency as the Most Important Criterion for the Economic Security of Nuclear Energy Enterprises]. *Ekonomicheskaya bezopasnost Rossii: problemy i perspektivy* [Economic Security of Russia: Problems and Prospects]. pp.56-59. (In Russ).
- [4] Ignatov, A.V., Petrov, S.I. (2021). [Economic Security of the Russian Nuclear Industry: Challenges and Prospects]. *Energeticheskaya politika* [Energy Policy]. No. 12(4). pp. 56-68. (In Russ).
- [5] Belov, P.G., Sidorov, A.A. (2019). [Cybersecurity in Nuclear Energy: Modern Challenges and Solutions]. *Informatsionnaya bezopasnost* [Information Security]. No. 7(2). pp. 34-45. (In Russ).
- [6] Yurlov, F.F., Ershova, M.I. (2022). [Analysis of the Efficiency of the Electric Power Industry Development]. *Ekonomicheskaya bezopasnost Rossii: problemy i perspektivy* [Economic Security of Russia: Problems and Prospects]. pp. 41-45. (In Russ).
- [7] Rosatom. (2021). [Annual Report 2021]. [Electronic resource]. Available at: [https://report.rosatom.ru/go/rosatom\\_2021/rosatom\\_2021\\_ru.pdf](https://report.rosatom.ru/go/rosatom_2021/rosatom_2021_ru.pdf)
- [8] Ershova, M.I. (2022). [Problems of Assessing the Cost of Electricity from Nuclear Power Plants]. *Aktualnye voprosy ekonomiki, menedzhmenta i innovatsiy* [Current Issues of Economics, Management, and Innovation]. pp. 58-60. (In Russ).
- [9] World Nuclear Association. (2024). [Nuclear Fuel Report]. [Electronic resource]. Available at: <https://world-nuclear.org/images/articles/World-Nuclear-Performance-Report-2024.pdf>
- [10] Malkina, M.Yu., Zakharov, V.Ya., Bezrukova, N.A. (2022). [Economic Security in the Context of Digital Transformation in Russia]. *Rusains* [Rusains]. 268 p. (In Russ).
- [11] Decree of the Government of the Russian Federation No. 328 of April 15, 2014 "On Approval of the State Program of the Russian Federation 'Development of Industry and Increasing Its Competitiveness'". [Electronic resource]. Available at: <http://base.garant.ru/70643464/>
- [12] Yurlov, F.F., Ershova, M.I. (2020). [Analysis of Foreign and Domestic Experience in Improving the Efficiency of Engineering Companies]. *Ekonomicheskaya bezopasnost Rossii: problemy i perspektivy* [Economic Security of Russia: Problems and Prospects]. pp. 105-109. (In Russ).
- [13] Senchagov, V.K. (2005). [Economic Security of Russia: General Course]. *Delo* [Delo]. 896 p. (In Russ).
- [14] International Atomic Energy Agency (IAEA). (n.d.). [Advancing Nuclear Infrastructure Development]. Vienna: IAEA. [Electronic resource]. Available at: <https://www.iaea.org/topics/infrastructure-development> ).
- [15] Korniets, T.P., Alikova, O.P. (2012). [Risk Management in Nuclear Energy as a Basis for Ensuring Russia's Energy Security]. *Natsionalnye interesy: priority i bezopasnost* [National Interests: Priorities and Security]. Vol. 8. No. 22, pp. 37-47. (In Russ).