

Финогеев Евгений Леонидович

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Колыхалов Павел Иванович

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Внедрение ИИ-агентов в закупочные процессы атомной отрасли: возможности и финансовый эффект

Аннотация. Закупочная деятельность в атомной отрасли критически важна для безопасности и стабильности работы ядерных объектов. Ошибки на этапе закупок могут приводить к экономическим потерям и повышенным рискам для ядерной и радиационной безопасности. В условиях цифровизации и развития искусственного интеллекта актуально внедрение интеллектуальных агентных систем, способных автоматизировать рутинные процессы и поддерживать принятие решений. В статье проанализирована целесообразность использования агентных систем, рассмотрены требования к их размещению и применяемым LLM-моделям, а также выделены потенциальные области применения и источники финансовой выгоды. Особое внимание уделено принципу «человек в цикле», локальному размещению систем и соответствию нормативной базе РФ. Результаты показывают, что интеграция интеллектуальных агентов позволяет повысить операционную эффективность, сократить затраты и снизить риски при соблюдении требований безопасности.

Ключевые слова: интеллектуальные агенты; закупочная деятельность; атомная отрасль; искусственный интеллект; LLM-модели; цифровизация; автоматизация; управление рисками.

Finogeev Evgeny Leonidovich

National Research Nuclear University "MEPhI"

Pavel Ivanovich Kolykhakov

National Research Nuclear University "MEPhI"

Implementation of AI Agents in Procurement Processes of the Nuclear Industry: Opportunities and Financial Impact

Abstract. Procurement activities in the nuclear industry are critically important for the safety and stability of nuclear facilities. Errors at the procurement stage can lead to economic losses and increased risks to nuclear and radiation safety. In the context of digitalization and the development of artificial intelligence, the implementation of intelligent agent systems capable of automating routine processes and supporting decision-making is highly relevant. This article analyzes the feasibility of using agent systems, considers requirements for their deployment and the LLM models applied, and identifies potential areas of application and sources of financial benefit. Special attention is given to the “human-in-the-loop” principle, local deployment of systems, and compliance with the regulatory framework of the Russian Federation. The results show that the integration of intelligent agents can increase operational efficiency, reduce costs, and lower risks while ensuring compliance with safety requirements.

Keywords: intelligent agents; procurement activities; nuclear industry; artificial intelligence; LLM models; digitalization; automation; risk management.

Введение

Закупочная деятельность в атомной отрасли представляет собой один из критически важных элементов обеспечения устойчивого и безопасного функционирования объектов использования атомной энергии. Ошибки на этапе закупок способны привести не только к экономическим потерям, но и к существенным рискам для ядерной и радиационной безопасности. В условиях цифровизации промышленности и активного развития технологий искусственного интеллекта (ИИ) актуализируется вопрос применения интеллектуальных агентов в закупочных процессах атомной отрасли.

Целью статьи является анализ целесообразности внедрения интеллектуальных агентных систем в закупочную деятельность атомной отрасли Российской Федерации, оценка их потенциального финансового эффекта и выявление областей применения, а также формулирование требований к безопасному и регламентированному использованию таких систем с учётом нормативной базы, специфики отрасли.

Обзор научной литературы

Закупочная деятельность в атомной отрасли является критически важной для безопасности и стабильности работы ядерных объектов. При этом глобальные цепочки поставок в условиях неопределённости подвергаются серьёзным рискам, которые «существенно влияют на финансовые показатели организаций и национальную экономику» [10]. Параллельно с этим цифровизация промышленности и развитие ИИ повышают интерес к интеллектуальным агентам в закупках. Так, в статье IBM [7] отмечают, что уже около 64% руководителей цепочек поставок ощущают трансформацию своих процессов под влиянием генеративного ИИ, а агентные системы рассматриваются как «будущее закупок».

В литературе можно встретить другие научные исследования, которые показывают эффективность от внедрения ИИ агентов в процесс закупок:

- В статье [15] Xu et al. показали, что автономная цепочка поставок на основе мультиагентной системы может повысить устойчивость и адаптивность логистики в условиях турбулентности рынка. Такой подход предполагает, что агенты принимают независимые решения для повышения гибкости поставок и оперативного реагирования на сбои.
- IBM [7] описывает ИИ-агентов, способных брать на себя весь спектр функций закупок и снабжения. Эти агенты могут управлять поставщиками, анализировать цены, оформлять заявки и даже перенаправлять заказы к альтернативным поставщикам при перебоях. Таким образом, ИИ-агент действует как «умный виртуальный сотрудник», который автоматически обрабатывает повторяющиеся операции и помогает управлять рисками.
- Согласно исследованию [13], специализированные ИИ-агенты в составе цифровых платформ существенно повышают эффективность и снижают затраты в процессах поставок. Их применение демонстрирует «значительное улучшение операционной эффективности, сокращение затрат и оптимизацию процессов» в различных функциях цепочки поставок. Например, Pilot-проект внедрения ИИ-агентов показал 40% сокращение времени обработки запросов и значительное уменьшение ошибок в прогнозировании спроса.

Также в атомной отрасли уже реализуются примеры автоматизации закупок. Так, в «Росатоме» запущен сервис «Атомбот.Закупки» [6] – программный робот класса RPA, который автоматически формирует технические задания, проект договора, размещает запросы предложений и обрабатывает результаты тендера. В ходе тестового внедрения трудозатраты на подготовку контрактной документации снизились в **16 раз**, а общая эффективность бизнес-процессов выросла почти на **80%**. Это демонстрирует высокий потенциал ИИ-решений в оптимизации рутинных закупочных операций.

Специфика агентных систем в атомной отрасли

Атомная отрасль предъявляет к закупкам особые требования, которые определяют специфику применения ИИ-агентов:

- Строгие требования безопасности: Весь товарный ассортимент и цепочка поставок атомной отрасли должны соответствовать сертифицированным стандартам безопасности. Как отмечают эксперты [11], «из-за очень жёстких требований к безопасности вся цепочка поставок должна быть сертифицирована для надёжности». Это значит, что ИИ-агенты в закупках должны работать в условиях подчёркнутого контроля качества и учитывать правила ядерной сертификации на каждом шаге.

- Многоуровневая нормативная среда: Поставщики атомной отрасли часто находятся в разных странах и юрисдикциях, что накладывает дополнительные обязанности по учёту различных законодательств и стандартов. Кроме того, закупки атомной отрасли регулируются федеральными законами (например, 44-ФЗ [1], 223-ФЗ [4]) и отраслевыми стандартами (утверждёнными Росатомом) [5]. ИИ-решения должны быть интегрированы с этими регламентами и обеспечивать полное соблюдение требований.

- Принцип человека в цикле: В атомной сфере уровень допустимых рисков чрезвычайно низок, поэтому ИИ-агентам необходимо обеспечивать прозрачность и контроль со стороны человека. Как подчёркивается в литературе [11], ИИ-системы должны строго соблюдать принцип Human-In-Loop (HIL) – сохранять человека в цикле принятия решений – и делать свои действия полностью объяснимыми. Иными словами, системы ИИ должны допускать вмешательство оператора и предоставлять обоснования своих рекомендаций, чтобы завоевать доверие отраслевых регуляторов и специалистов.

Требования к размещению агентных систем и используемым LLM-моделям в условиях РФ

Отдельного рассмотрения в контексте внедрения интеллектуальных агентных систем в закупочной деятельности атомной отрасли требуют вопросы их физического и логического размещения, а также требования к большим языковым моделям (Large Language Models, LLM), лежащим в основе таких решений. Для атомной отрасли Российской Федерации данные аспекты носят принципиальный характер ввиду повышенных требований к защите информации, технологическому суверенитету и соответствуя нормативно-правовой базе.

Во-первых, размещение серверной инфраструктуры агентных систем должно осуществляться исключительно на собственных или аттестованных ведомственных вычислительных мощностях организаций атомной отрасли либо в доверенных центрах обработки данных (ЦОД), расположенных на территории Российской Федерации. Использование публичных облачных платформ и зарубежных data-центров недопустимо, поскольку закупочная информация в атомной отрасли относится к критически значимой и может включать сведения ограниченного доступа. Данное требование вытекает из положений Федерального закона № 152-ФЗ «О персональных данных» [2], Федерального закона № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» [3], а также ведомственных стандартов Госкорпорации «Росатом» [5], регламентирующих защиту информации и функционирование автоматизированных систем.

Во-вторых, агентные системы должны функционировать в изолированном контуре, исключающем несанкционированный обмен данными с внешними информационными ресурсами. Все взаимодействия ИИ-агентов с корпоративными системами закупок (ERP, электронные торговые площадки, системы управления договорами) должны осуществляться через сертифицированные интерфейсы и подлежать обязательному журнализированию. Такой подход позволяет обеспечить трассируемость действий интеллектуальных агентов, что критически важно для последующего аудита и расследования инцидентов в высокорисковой отрасли.

Особые требования предъявляются к LLM-моделям, используемым в качестве когнитивного ядра ИИ-агентов. В условиях Российской Федерации предпочтение должно отдаваться моделям, которые могут быть развёрнуты локально, не предполагают передачу данных за пределы защищённого контура и соответствуют требованиям

импортонезависимости. На практике к таким моделям относятся как отечественные коммерческие и корпоративные решения, так и open-source модели, адаптированные для эксплуатации на собственных серверах.

К числу доступных и применимых в РФ LLM-моделей в настоящее время относятся:

- GigaChat [9] (Сбер) - крупная языковая модель, ориентированная на работу с русскоязычными текстами и допускающая развёртывание в корпоративном контуре;
- YandexGPT [17] - языковая модель, адаптированная под российский язык и деловой контекст, применимая в задачах анализа документов и поддержки управленческих решений;
- семейство моделей Sber AI (RuGPT [8], FRED-T5 [12] и др.), используемых для генерации, анализа и классификации текстовой информации;
- open-source LLM-модели (LLaMA [14], Qwen [16] и др.), развёртываемые локально и дообучаемые на специализированных отраслевых корпусах данных при условии соблюдения лицензионных ограничений.

Использование зарубежных LLM по модели удалённого API-доступа (например, через внешние облачные сервисы) не соответствует требованиям информационной безопасности и технологического суверенитета атомной отрасли и, как правило, исключается из допустимых архитектурных решений.

Кроме того, LLM-модели, применяемые в агентных системах закупочной деятельности атомной отрасли, должны:

- проходить предварительную валидацию и тестирование на устойчивость к галлюцинациям, логическим ошибкам и некорректным рекомендациям;
- поддерживать механизмы объяснимости и интерпретируемости выводов, особенно при формировании рекомендаций по выбору поставщиков, анализу ценовых предложений и оценке контрактных рисков;
- быть функционально ограничены рамками утверждённых бизнес-процессов и регламентов закупочной деятельности.

Отдельно следует подчеркнуть необходимость централизованного управления жизненным циклом LLM-моделей: дообучение, обновление и модификация моделей должны осуществляться под контролем служб информационной безопасности и профильных подразделений заказчика. Это позволяет минимизировать риск неконтролируемых изменений в логике работы интеллектуальных агентов и обеспечить их соответствие требованиям промышленной, ядерной и информационной безопасности.

Таким образом, требования к размещению агентных систем и выбору LLM-моделей в атомной отрасли РФ формируют особый контур технологических и организационных ограничений. Соблюдение данных требований является необходимым условием безопасного, регламентированного и экономически оправданного внедрения интеллектуальных агентов в закупочную деятельность атомной отрасли.

Потенциальные области применения интеллектуальных агентов в закупках атомной отрасли

Интеллектуальные агентные системы могут значительно повысить эффективность закупочной деятельности в атомной отрасли, автоматизируя рутинные операции и поддерживая принятие решений, при этом человек остаётся в ключевых контрольных точках:

- Автоматизация документации. Агенты могут формировать проекты технических заданий, извещений о закупках и договоров, снижая трудоёмкость и минимизируя ошибки, при этом соблюдая требования законодательства и отраслевых стандартов.
- Планирование закупок и НМЦК. ИИ-агенты анализируют исторические данные, рыночные цены и предложения поставщиков, формируя обоснованные сценарии ценообразования и выявляя аномалии.

- Оценка поставщиков. Системы собирают и анализируют сведения о финансовой устойчивости, лицензиях и истории исполнения контрактов, повышая прозрачность и объективность квалификационного отбора.
- Сопровождение процедур и контроль регламентов. Агенты мониторят сроки и этапы закупок, выявляют несоответствия и уведомляют специалистов, снижая риск процедурных ошибок.
- Контрактное управление и исполнение. Системы отслеживают выполнение обязательств, графики поставок и отчётность, выявляя отклонения, которые могут повлиять на сроки или качество.
- Управление знаниями и поддержка экспертизы. Агенты обеспечивают доступ к прошлым закупкам, типовым решениям и рекомендациям специалистов, сохраняя институциональную память.
- Управление рисками. Сценарный анализ позволяет моделировать сбои поставок или изменения цен, предлагая меры по диверсификации поставщиков и корректировке графиков закупок.

Финансовый эффект внедрения интеллектуальных агентов в закупках атомной отрасли

Если рассмотреть потенциальное влияние от внедрения ИИ агентов, то можно выделить следующие пункты:

1. Сокращение трудозатрат. Автоматизация рутинных операций - подготовка документации, обработка заявок, анализ поставщиков - позволяет существенно снизить нагрузку на сотрудников закупочного подразделения.
2. Снижение ошибок и корректировок. ИИ-агенты помогают минимизировать ошибки в документации, расчёте НМЦК и оценке поставщиков. Меньшее количество ошибок сокращает расходы на повторную обработку, переговоры, оспаривания процедур и штрафные санкции.
3. Оптимизация цен и условий контрактов. Использование аналитических возможностей ИИ-агентов для прогнозирования цен и анализа предложений поставщиков позволяет выбирать наиболее выгодные условия контрактов, выявлять возможности экономии и снижать избыточные расходы на закупки.
4. Сокращение сроков закупочного цикла. Быстрое формирование документов и автоматический контроль процедур ускоряет процессы закупки, что особенно важно при критических поставках оборудования или услуг. Сокращение цикла позволяет снизить финансовые риски, связанные с задержками и дефицитом материалов.

5. Повышение прозрачности и управляемости рисков. Автоматизированный контроль соответствия процедур, мониторинг поставщиков и сценарный анализ позволяют заранее выявлять риски срывов поставок или нарушения контрактных условий, что снижает потенциальные финансовые потери.

Таким образом можно выделить следующие источники экономической выгоды:

- Экономия на трудовых ресурсах за счёт автоматизации рутинных и повторяющихся операций.
- Снижение потерь из-за ошибок в документации, НМЦК и контрактных процедурах.
- Оптимизация закупочных цен и условий контрактов через интеллектуальный анализ рынка.
- Снижение рисков штрафов и санкций за нарушение регламентов или срыв сроков поставок.
- Ускорение оборота средств и улучшение управления оборотным капиталом за счёт сокращения цикла закупок.

При этом необходимо учитывать затраты при внедрении и эксплуатации подобных систем.

Основными затратами при внедрении интеллектуальных агентов в закупочную деятельность атомной отрасли являются первоначальные инвестиции, операционные и управленические расходы. Первоначальные инвестиции включают разработку или лицензирование агентной платформы и LLM-моделей, развёртывание серверной инфраструктуры на локальных ЦОД или защищённых кластерах, а также интеграцию с существующими ERP и корпоративными системами. Операционные расходы связаны с обслуживанием и поддержкой серверной инфраструктуры, регулярным обновлением и дообучением LLM-моделей, а также с технической поддержкой пользователей и обучением сотрудников. Управленческие расходы включают сертификацию и аудит систем для соответствия требованиям атомной отрасли, контроль информационной безопасности и соблюдение нормативов, а также обеспечение принципа «человек в цикле» для критических решений.

Выводы

Внедрение интеллектуальных агентных систем в закупочную деятельность атомной отрасли является перспективным направлением, способным повысить эффективность, снизить операционные издержки и минимизировать риски для ядерной и радиационной безопасности. Литературный обзор и анализ существующих практик показывают, что ИИ-агенты могут успешно автоматизировать подготовку документации, оценку поставщиков, контроль закупочных процедур, сопровождение контрактов и управление знаниями, обеспечивая при этом принцип «человек в цикле» для критических решений.

Финансовый эффект от внедрения таких систем складывается из сокращения трудозатрат, снижения числа ошибок и корректировок, оптимизации цен и условий контрактов, ускорения закупочного цикла и повышения прозрачности процессов. Одновременно внедрение требует существенных первоначальных инвестиций, создания локальной инфраструктуры, поддержки LLM-моделей и обеспечения соблюдения нормативных требований и стандартов безопасности.

Особое внимание должно уделяться размещению систем и выбору LLM-моделей: они должны функционировать на локальных или аттестованных ЦОД, исключая передачу данных за пределы защищённого контура, и обеспечивать объяснимость и управляемость решений. В условиях атомной отрасли Российской Федерации соблюдение этих требований является критическим условием безопасного и регламентированного применения интеллектуальных агентов.

Таким образом, интеграция агентных систем в закупочную деятельность атомной отрасли позволяет сочетать повышение эффективности и экономической отдачи с поддержанием высокого уровня безопасности и соответствием нормативным стандартам. Для успешного внедрения необходимы поэтапная интеграция, тестирование и постоянный контроль функционирования систем, что создаёт основу для устойчивого и безопасного цифрового развития закупочных процессов.

Список источников

1. Федеральный закон от 05.04.2013 № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» [Электронный ресурс]. - URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144624/ (дата обращения: 28.12.2025).
2. Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных» (последняя редакция) [Электронный ресурс]. - URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61801/ (дата обращения: 28.12.2025).
3. Федеральный закон от 26.07.2017 № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» (последняя редакция) [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. - URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_220885/ (дата обращения: 28.12.2025).

4. Федеральный закон от 18.07.2011 № 223-ФЗ «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц» [Электронный ресурс]. - URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_116964/ (дата обращения: 28.12.2025).
5. Единый отраслевой стандарт закупок атомной отрасли [Электронный ресурс]. - Росэнергоатом. - URL: <https://www.rosenergoatom.ru/upload/iblock/b97/b979013c3f737b9151424975f9b40785.doc> (дата обращения: 28.12.2025).
6. Закупки доверили роботу // Страна Росатом [Электронный ресурс]. - 2020. - URL: <https://strana-rosatom.ru/2020/11/09/zakupki-doverili-robotu-rosatom-pr/> (дата обращения: 28.12.2025).
7. AI agents in procurement // IBM [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.ibm.com/think/topics/ai-agents-in-procurement#:~:text=The%20procurement%20landscape%20is%20at,their%20supply%20chain%20operations%20workflows> (дата обращения: 28.12.2025).
8. Danilov G. et al. Predicting the length of stay in neurosurgery with RuGPT-3 language model //Advances in Informatics, Management and Technology in Healthcare. – IOS press, 2022. – C. 555-558.
9. GigaChat - нейросеть от Сбера [Электронный ресурс]. - Официальный сайт. - URL: <https://gigachatsber.ru/> (дата обращения: 28.12.2025).
10. Gurtu A., Johny J. Supply chain risk management: Literature review //Risks. – 2021. – T. 9. – №. 1. – C. 16.
11. Iuvara A. Supply-chain for the nuclear industry: how AI can help [Электронный ресурс]. - 2025. - URL: <https://www.ai-nuclear.com/supply-chain-for-the-nuclear-industry-how-ai-can-help#:~:text=Second%2C%20and%20quite%20understandably%2C%20the,in%20order%20to%20be%20credible> (дата обращения: 28.12.2025).
12. Kazakov M. et al. WebNLG-interno: Utilizing FRED-t5 to address the RDF-to-text problem (WebNLG 2023) //Proceedings of the Workshop on Multimodal, Multilingual Natural Language Generation and Multilingual WebNLG Challenge (MM-NLG 2023). – 2023. – C. 67-72.
13. Roy P., Pritam. Revolutionizing Supply Chain Management with AI Agents on DataBricks // International Journal of Computer Science Engineering and Information Technology. - 2025. - 11. - P. 3135–3141. - DOI: 10.32628/CSEIT25112710.
14. Touvron H. et al. Llama: Open and efficient foundation language models //arXiv preprint arXiv:2302.13971. – 2023.
15. Xu L. et al. On implementing autonomous supply chains: A multi-agent system approach //Computers in Industry. – 2024. – T. 161. – C. 104120.
16. Yang A. et al. Qwen3 technical report //arXiv preprint arXiv:2505.09388. – 2025.
17. YandexGPT - генеративная нейросеть от Яндекса [Электронный ресурс]. - Официальная страница Yandex GPT в Яндекс.Браузере. - URL: <https://browser.yandex.ru/g/yandexgpt> (дата обращения: 28.12.2025).

Сведения об авторах

Финогеев Евгений Леонидович, аспирант, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

Колыхалов Павел Иванович, кандидат физико-математических наук, доцент, заместитель начальника отдела, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

Information about the authors

Finogeev Evgenii Leonidovich, Graduate student, National Research Nuclear University MEPhI, Moscow, Russia

Kolykhalov Pavel Ivanovich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Deputy Head of Department, National Research Nuclear University MEPhI, Moscow, Russia