

Ахмаджонов Хуршидбек Бахтиёр угли

*магистрант, высшая школа энергетики нефти и газа,
Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В.*

Ломоносова,

РФ, г. Архангельск

Попов Александр Леонидович

научный руководитель, канд. тех. наук, доц.,

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В.

Ломоносова,

РФ, г. Архангельск

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЕКТА И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ИНДУСТРИИ

Исследование посвящено анализу внедрения технологий искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО) в модернизацию нефтегазового сектора. Рассматривается их влияние на повышение операционной эффективности, снижение экологической нагрузки и оптимизацию затрат. Ключевые результаты указывают на снижение выбросов парниковых газов и значительную экономию за счет сокращения затрат на обслуживание и энергопотребления. В качестве основных барьеров внедрения идентифицированы высокая стоимость, сложности интеграции и инфраструктурные ограничения. Искусственный интеллект и машинное обучение являются критическими элементами для модернизации нефтегазового сектора в соответствии с принципами устойчивого развития. Доказанная способность этих технологий снижать эмиссии и оптимизировать ресурсы делает их внедрение стратегическим приоритетом. Ключевым фактором успеха станет преодоление барьеров через формирование инновационных коалиций (государство-бизнес-наука), направленных на разработку и масштабирование «зелёных» цифровых решений.

ABSTRACT

This study focused on the relevance of AI and ML in revolutionizing the Oil & Gas sector by innovation and modernization. It investigated the role of AI and ML technologies in improving production efficiency, reducing environmental impact, and managing costs. Key findings indicate a reduction in greenhouse gas emissions and significant savings from lower maintenance costs and energy consumption. The main barriers to implementation identified are high cost, integration complexities, and infrastructure limitations. Artificial intelligence and machine learning are critical elements for modernizing the oil and gas sector in line with sustainable development principles. The proven ability of these technologies to reduce emissions and optimize resources makes their adoption a strategic priority. The key success factor will be overcoming these barriers by forming innovation coalitions (government-business-science) aimed at developing and scaling "green" digital solutions.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, нефтегазовая отрасль, предиктивное обслуживание, цифровой двойник, экологическая безопасность, операционная эффективность, проблемы внедрения.

Keywords: artificial intelligence, machine learning, oil and gas, predictive maintenance, digital twin, environmental sustainability, operational efficiency, implementation barriers.

ВВЕДЕНИЕ

ИСТОРИЧЕСКИЙ КОНТЕКСТ ПРИМЕНЕНИЯ ИИ И МО В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Искусственный интеллект (ИИ) и машинное обучение (МО) активно трансформируют корпоративную среду на всех операционных уровнях, и нефтегазовый сектор не является исключением. ИИ и МО определяются как методологии принятия решений на основе данных, а автоматизация задач требует значительных ресурсных затрат. Эти технологии особенно полезны в отрасли, для которой характерны высокие капитальные затраты и обработка больших объёмов данных, где критически важна точность. В нефтегазовом секторе, особенно в разведке и добыче, применение ИИ распространяется на управление пластами и различные аспекты операционной деятельности; он повышает производительность оборудования за счёт мониторинга в реальном времени для быстрого выявления потенциальных отказов и использует существующие данные для прогнозного анализа, в отличие от традиционных методов [1].

В последние годы нефтегазовый бизнес использует цифровизацию для удовлетворения новых требований, снижения рисков и поддержания рентабельности. Тем не менее, специфика операций и масштабы генерируемых в отрасли данных требуют аналитических возможностей, превосходящих традиционные человеческие способности. Искусственный интеллект и машинное обучение представляют ценность, поскольку они могут обеспечить автоматизацию процессов и стратегий для повышения эффективности и снижения затрат [2].

ТЕКУЩИЕ ВЫЗОВЫ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Нефтегазовая отрасль сталкивается с многочисленными сложными вызовами, требующими немедленного решения, что обуславливает необходимость внедрения инновационных стратегий. Одной из наиболее заметных проблем являются операционные расходы. Недавние сбои в работе оборудования, использование устаревших активов и неоптимальное

планирование существенно нарушают производственный процесс, приводя к высоким уровням потерь. Простой оборудования может обернуться для компании убытками в несколько миллиардов долларов, что делает предиктивное обслуживание критически важным направлением работы [11].

Отрасль также должна решать экологические проблемы. Это связано со значительным вкладом нефтегазовых операций в парниковый эффект, что требует соответствия всё более строгим глобальным стандартам. Многие эксперты отмечают, что для компаний представляет серьёзную трудность одновременное снижение уровня загрязнения и выполнение корпоративных обязательств.

Более того, растущий акцент на возобновляемых источниках энергии усиливает социальное давление на нефтегазовый сектор в вопросах его устойчивого развития.

Данная ситуация создаёт дополнительные сложности для компаний, поскольку рыночные риски усугубляются волатильностью цен на нефть и геополитической неопределённостью. Для смягчения этих ограничений компаниям необходимо внедрять новые системы, повышающие гибкость, операционную эффективность для обеспечения устойчивости и соответствующие принципам поддержки устойчивого развития.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основная цель данного исследования — изучить трансформационное влияние технологий искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО) на нефтегазовую отрасль. Исследование направлено на решение следующих задач:

- Проанализировать влияние инструментов предиктивной аналитики и обслуживания на операционную эффективность и снижение затрат в нефтегазовой отрасли.
- Оценить, как технологии мониторинга в реальном времени и цифровых двойников способствуют оптимизации производства и повышению точности принятия решений.

- Определить роль систем экологического мониторинга и обеспечения соответствия нормам на базе ИИ в повышении устойчивости и сокращении углеродных выбросов.

Данные, собранные в рамках данного исследования, занимают уникальную позицию на стыке формальной научной литературы (академические журналы) и практических кейсов масштабных проектов по внедрению ИИ и МО.

В фокусе исследования — деятельность на всех этапах цепочки создания стоимости, что демонстрирует возможности решения проблем устойчивого развития и регуляторного соответствия через технологические инновации. Таким образом, результаты работы призваны предложить практические рекомендации для отраслевых специалистов, государственных органов и академического сообщества, заинтересованных в отслеживании тенденций в области ИИ и МО, которые будут определять будущее нефтегазового бизнеса.

МОНИТОРИНГ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ И ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

В нефтегазовом секторе системы мониторинга в реальном времени приобретают ключевое значение благодаря своей способности одновременно собирать и анализировать данные, связанные с операционной деятельностью и рисками. Эти системы используют прорывные возможности искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО) для непрерывного контроля состояния оборудования, трубопроводов и пластов. Полученные с датчиков данные повышают точность прогнозного моделирования и позволяют оперативно принимать корректирующие меры для поддержания бесперебойной работы.

Применительно к мониторингу трубопроводов, системы на базе ИИ способны автономно диагностировать и решать локальные проблемы — такие как утечки, колебания давления или коррозию — ещё до того, как они перерастут в серьёзные аварии. В области управления резервуарами искусственный интеллект обеспечивает сбор данных о давлении, температуре и замерах

флюидов, что ведёт к оптимизации стратегий извлечения и повышает коэффициент извлечения нефти [12].

Данные системы не только оптимизируют рабочие процессы, но и повышают уровень безопасности, предоставляя информацию об опасных ситуациях практически в реальном времени. Используемые в мониторинге оповещения помогают операторам устранять возникающие проблемы без необходимости длительной остановки оборудования. Тем не менее, внедрение подобных технологий в промышленности сталкивается с проблемами совместимости с существующей инфраструктурой и высокой стоимостью, что указывает на необходимость дальнейшего развития данного направления.

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ В НЕФТЕГАЗОВЫХ ОПЕРАЦИЯХ

Цифровые двойники представляют собой значительный технологический прорыв на основе искусственного интеллекта в нефтегазовой отрасли. Эти виртуальные модели, создаваемые на основе данных о физических активах, позволяют проводить оценку их производительности, выявлять возможности для оптимизации и определять проблемные области в режиме реального времени. Таким образом, цифровой двойник обеспечивает глубокое понимание поведения оборудования и систем в заданных условиях или сценариях до внесения каких-либо изменений на реальных или смоделированных платформах [3].

Исследование Valoch (2024), посвящённое внедрению цифровых двойников на нефтяных месторождениях Северной Америки, показало, что это привело к росту добычи на 30%, а время принятия решений сократилось на 50% [4]. Автор подчёркивает, что использование цифрового двойника в процессе бурения позволяет совершенствовать конструкцию скважин, методы освоения ресурсов и стратегии извлечения углеводородов с помощью виртуального моделирования. Совместное применение цифровых двойников и моделей ИИ помогает определить наиболее эффективную траекторию бурения, что снижает потребление ресурсов и минимизирует выбросы загрязняющих веществ в окружающую среду.

Цифровые двойники также активно применяются в сфере midstream (транспортировки и хранения), например, при управлении трубопроводными системами. Ofongo (2024) в исследовании управления магистральными трубопроводами продемонстрировал, что использование цифровых двойников позволило улучшить прогнозное моделирование операционного планирования на 25% и снизить частоту отказов на 30% [5]. При создании цифрового двойника трубопровода наглядно моделируются такие параметры, как скорость потока, уровни давления и потенциальные зоны отказа, что позволяет операторам предотвращать проблемы, способные привести к аварии [6].

Тем не менее, серьёзным препятствием для интеграции цифровых двойников остаётся технологическая неоднородность инфраструктуры. Необходимость совмещения новых решений с унаследованными, морально устаревшими системами и современными платформами ведёт к высоким затратам на внедрение и требует привлечения узкоспециализированных кадров. Это создаёт непропорционально высокие сложности для небольших операторов. Для снижения барьера необходимы дальнейшие исследования, направленные на разработку адаптивных и экономически эффективных моделей внедрения, которые гарантировали бы рентабельность цифровых двойников в условиях разнородной технологической среды.

МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА БАЗЕ ИИ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ

Применение искусственного интеллекта (ИИ) в нефтегазовом секторе эволюционировало и произвело революцию в управлении выбросами парниковых газов (ПГ). Благодаря использованию адаптивных нейронных сетей и обработки больших объёмов данных, искусственный интеллект может осуществлять непрерывный мониторинг эмиссий и выявлять признаки утечек или потерь. Эти возможности позволяют компаниям соответствовать строгим мировым экологическим нормам и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.

Установленные на морских буровых платформах интеллектуальные датчики на базе ИИ непрерывно отслеживают выбросы метана и диоксида углерода. В результате внедрение такой системы привело к снижению измеряемых выбросов ПГ в регионе Северного моря на 30% [9]. Данные о выбросах могут передаваться в центральную систему управления, которая, в свою очередь, представляет их операторам в виде количественных показателей для планирования и прогнозирования частоты или вероятности инцидентов. Кроме того, инструменты ИИ упрощают отчётность по соблюдению нормативов, обеспечивая сбор, хранение, анализ и автоматизированную передачу данных о выбросах в соответствующие органы. Это, безусловно, повышает качество данных и снижает административную нагрузку.

Модели ИИ также способны прогнозировать будущие объёмы выбросов на основе операционных параметров, что крайне важно для регулирования эмиссий и смягчения негативных последствий. К текущим проблемам внедрения подобных систем относятся значительные затраты на реализацию и нехватка квалифицированных кадров. Преодоление этих вызовов является необходимым условием для создания надёжной основы, которая позволит расширить использование искусственного интеллекта для мониторинга выбросов по всей отрасли.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ литературы показал, что технологии искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО) оказали значительное влияние на нефтегазовый бизнес в трёх основных областях: эффективность производства, экологическая безопасность и управление затратами. Цели внедрения ИИ во всех секторах включают повышение эффективности, сокращение времени выхода на рынок и исключение ошибок в принятии решений. Исследования демонстрируют, что системы предиктивного обслуживания повышают надёжность производственного оборудования за счёт раннего выявления признаков отказов. Например, Hanif (2024) сообщает об использовании прогнозных методик для сокращения времени простоя в морских операциях на

40%, а Jafir (2024) отмечает снижение затрат на обслуживание бурения на 25% [7, 8].

Экологическая устойчивость также вышла на первый план, подчеркнув значимость технологий на базе ИИ. Мониторинг выбросов парниковых газов в реальном времени стал возможен благодаря системам контроля эмиссий на основе машинного обучения. Zafer (2024) отмечает, что на платформах, внедривших подобные системы, достигнуто снижение выбросов на 30% и повышение точности соответствия экологическим нормативам на 40% [9].

Кроме того, результаты подчеркнули экономический аспект, поскольку компании получают возможность сокращать операционные расходы за счёт автоматизации процессов с помощью ИИ. Несмотря на использование алгоритмов и технологий для мониторинга и прогнозирования энергопотребления, Valoch (2024) указывает на сохраняющуюся проблему с точными ежегодными метриками экономии от энергосберегающих мероприятий [4]. Применение технологий цифровых двойников для моделирования и оптимизации операционных процессов позволило снизить затраты и риски при планировании производства как в сегментах транспортировки и хранения (midstream), так и переработки и сбыта (downstream) ([5], [10], с. 156).

Тем не менее, можно выделить ряд уникальных проблем, препятствующих эффективному внедрению искусственного интеллекта в процессы. К ним относятся фрагментация данных (их разделение по типам или функциональным доменам), а также высокие затраты на внедрение, которые могут снизить эффективность масштабного развёртывания. Однако преодоление этих ограничений за счёт успешной реализации новых, экономически эффективных решений и совершенствования фреймворков интеграции данных будет иметь важнейшее значение для дальнейшего продвижения ИИ в нефтегазовых компаниях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данное исследование было посвящено решению следующих задач: анализу трансформации производства в нефтегазовом секторе под влиянием инноваций,

таких как ИИ и МО; изучению методов внедрения ИИ и МО для обеспечения экологической ответственности; и оптимизации затрат посредством применения ИИ и МО в отрасли. Комплексный анализ показал, что использование инструментов на базе ИИ, включая предиктивную аналитику, системы мониторинга в реальном времени и цифровые двойники, повышает производительность за счёт устранения недостатков, увеличения надёжности оборудования и обоснования операционных решений.

Искусственный интеллект внёс значительный вклад в решение экологических задач благодаря таким технологиям, как системы отслеживания выбросов и управления ресурсами, которые способствовали сокращению парниковых газов и обеспечению соответствия нормативным требованиям.

Кроме того, применение ИИ напрямую связано со значительным снижением затрат, что выражается, во-первых, в уменьшении расходов на техническое обслуживание и, во-вторых, в снижении затрат на энергопотребление в производственном процессе. Полученные результаты позволяют всесторонне оценить функциональность ИИ и его потенциал для устранения операционных аномалий, выполнения регуляторных обязательств, приоритизации экологических задач, а также для стимулирования прогресса и повышения прибыльности.

Руководству нефтегазовых компаний, регуляторным органам и научным институтам необходимо создавать благоприятные условия, способствующие внедрению технологий искусственного интеллекта. При условии решения указанных проблем, ИИ и МО могут быть максимально эффективно использованы для операционных преобразований, повышения экологической эффективности и обеспечения долгосрочной устойчивости отрасли.

Список литературы:

1. Амин М.Т., Хан Ф., Зуо М.Дж. Оценка операционных рисков в нефтегазовой отрасли с использованием искусственного интеллекта: обзор // *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. — 2020. — Т. 68. — С. 104324.

2. Белло О., Хольцманн Й., Якуб Т., Теодориу К. Применение искусственного интеллекта в автоматизации бурения: обзор // SPE Drilling & Completion. — 2021. — Т. 36, № 4. — С. 836–858.
3. Чжун Б., Хэ Ю., Гао Цз., Ло Х. Цифровой двойник в нефтегазовой отрасли: обзор // Engineering Applications of Artificial Intelligence. — 2022. — Т. 116. — С. 105397.
4. Белудж С. Анализ экономической эффективности предиктивного обслуживания на основе ИИ в сегменте upstream: фреймворк // Energy Reports. — 2024. — Т. 11. — С. 1234–1245.
5. Офонго Р. Применение цифровых двойников для обеспечения целостности и оптимизации магистральных трубопроводов // Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice. — 2024. — Т. 15, № 2. — С. 1–12.
6. Ян Х., Сюй Х., Нойманн П.П. Интеллектуальный мониторинг целостности трубопроводов: обзор подходов на основе машинного обучения и интернета вещей // Sensors. — 2022. — Т. 22, № 18. — С. 6847.
7. Ханиф М. Использование предиктивной аналитики для сокращения времени простоя в морских операциях // Ocean Engineering. — 2024. — Т. 300. — С. 117321.
8. Джафир А. Оптимизация затрат на бурение с помощью обслуживания на базе машинного обучения // SPE Drilling & Completion. — 2024. — Т. 39, № 1. — С. 45–58.
9. Зафер Х. Системы мониторинга выбросов на базе ИИ для обеспечения нормативного соответствия в Северном море // Journal of Environmental Management. — 2024. — Т. 351. — С. 119876.
10. Общество инженеров-нефтяников (SPE). Цифровая трансформация в нефтегазовой отрасли: примеры из практики и лучшие решения = Digital Transformation in the Oil and Gas Industry: Case Studies and Best Practices. — Ричардсон, Техас: SPE, 2023. — 156 с.

11. Международное энергетическое агентство (IEA). Роль цифровизации в декарбонизации нефтегазового сектора = The Role of Digitalisation in Decarbonising Oil and Gas. — Париж: IEA, 2022. — 89 с.
12. Мохагег С.Д. Управление резервуаром на основе данных: систематический обзор приложений машинного обучения // Journal of Petroleum Science and Engineering. — 2020. — Т. 195. — С. 107631.
13. Соофастай А. Разработка комплексной модели на основе искусственного интеллекта (ИИ) для повышения энергоэффективности в горнодобывающей и перерабатывающей промышленности: дис. ... д-ра техн. наук. — Университет Квинсленда, 2018. — 210 с.
14. Тарик З., Алджавад М.С., Махмуд М. Систематический обзор цифровой петрофизики и приложений искусственного интеллекта в петрофизике // SPE Reservoir Evaluation & Engineering. — 2021. — Т. 24, № 3. — С. 587–608.