

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ПРИКЛАДНОГО РАЗВИТИЯ  
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА»

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

О ВНЕДРЕНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА  
В ХИМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Москва  
2025 г.

**Оглавление**

Введение .....	3
Типовые решения внедрения технологий ИИ в химическую отрасль .....	4
Зарубежный опыт внедрения технологий ИИ в химической отрасли.....	11
Перспективные зарубежные решения.....	15
Лидеры по внедрению и разработке технологий ИИ в химической отрасли промышленности в Российской Федерации .....	19
Ключевые и проблемные точки .....	25
Заключение.....	27
Список использованных источников.....	29

## Введение

В условиях глобальной цифровой трансформации искусственный интеллект (далее – ИИ) превратился в ключевой драйвер технологического прогресса, меняя подходы к управлению производством, разработке продуктов и анализу данных. Химическая промышленность, выступая фундаментом для множества секторов экономики – от сельского хозяйства до фармацевтики, не остается в стороне. В настоящее время компании отрасли всё активнее интегрируют ИИ-решения, стремясь не только оптимизировать затраты, но и совершить качественный скачок в создании инновационных материалов, повышении точности прогнозирования и автоматизации рутинных задач.

Технологии машинного обучения (ML) и глубокого обучения (DL), составляющие основу современных ИИ-систем, уже доказали свою эффективность в решении сложных задач химической отрасли. Например, алгоритмы способны обрабатывать терабайты данных с датчиков, выявляя скрытые закономерности в работе реакторов, или моделировать свойства новых полимеров, значительно сокращая время их вывода на рынок, что позволяет компаниям не только повышать эффективность существующих процессов, но и создавать продукты с уникальными характеристиками, отвечающие запросам быстро меняющегося рынка.

При этом необходимо отметить, что внедрение ИИ в химическую отрасль сталкивается с рядом вызовов, включая необходимость в интеграции новых технологий с существующими системами, подготовку кадров и обеспечение безопасности данных. Также в данном аналитическом отчете будут рассмотрены типовые решения применения ИИ в химической промышленности, зарубежный и отечественный опыт его внедрения.

## Типовые решения внедрения технологий ИИ в химическую отрасль

Внедрение технологий ИИ в химическую отрасль представляет собой многосторонний процесс, включающий различные системы для повышения эффективности и оптимизации операций.

Ниже представлены типовые решения, которые могут быть реализованы в данной сфере.

**Предиктивная аналитика.** Использование алгоритмов машинного обучения для анализа исторических данных и прогнозирования будущих событий, таких как поломки оборудования или изменения в качестве продукции.

Согласно данным Российского союза промышленников и предпринимателей, на 2024 год 67% крупных предприятий использовали ИИ для прогноза износа оборудования. Например, на Томском нефтехимическом комбинате внедрение нейросетей снизило аварийные остановки на 25%, а затраты на ремонт – на 15%.

**Мониторинг состояния оборудования:** системы предсказания позволяют заранее выявлять потенциальные неисправности, что помогает избежать простоя и сократить затраты на обслуживание.

**Анализ качества продукта:** алгоритмы могут анализировать данные о производственном процессе и предсказывать качество конечного продукта, позволяя своевременно вносить коррективы.

Примером успешного применения данного типового решения может являться предиктивное обслуживание электролизеров, которое используется при производстве гексафторида урана – промежуточного продукта создания ядерного топлива. Это соединение важно тем, что может при невысоких температурах принимать газообразную форму, что позволяет осуществлять процесс обогащения в центрифугах. Возможность детектировать аномалии работы электролизеров позволяет принимать профилактические меры и предотвращать их выход из строя. Так, для решения задачи контроля состояния оборудования в процессе производства ядерного топлива была создана система прогнозной аналитики. В неё интегрированы алгоритмы обнаружения аномалий с использованием методов машинного обучения

и анализа данных. Система автоматически ищет скрытые дефекты, которые могут возникать во время эксплуатации, визуализирует поступающие данные о спрогнозированных событиях, оповещает оператора для принятия решений, и формирует соответствующий отчёт об аномалиях и факторах, имевших наибольшее значение.

В результате реализации данного решения достигнуты следующие качественные результаты:

- сокращены затраты на капитальные ремонты за счёт уменьшения их количества, оптимального графика и сокращения объема работ;
- снижено количество внеплановых остановок и ремонтов;
- как косвенный эффект более высокого качества работы оборудования, повышена производительность при производстве фтора (используется на этапе обогащения урана).

**Оптимизация производственных процессов.** Применение технологий ИИ для оптимизации технологических процессов на производстве с целью повышения их эффективности.

Управление потоками: использование ИИ для анализа производственных потоков и выявления «узких» мест, позволяющее улучшать расстановку ресурсов и увеличивать производительность.

Автоматизация управления: внедрение систем, способных самостоятельно регулировать параметры работы оборудования на основе реальных данных и условий окружающей среды.

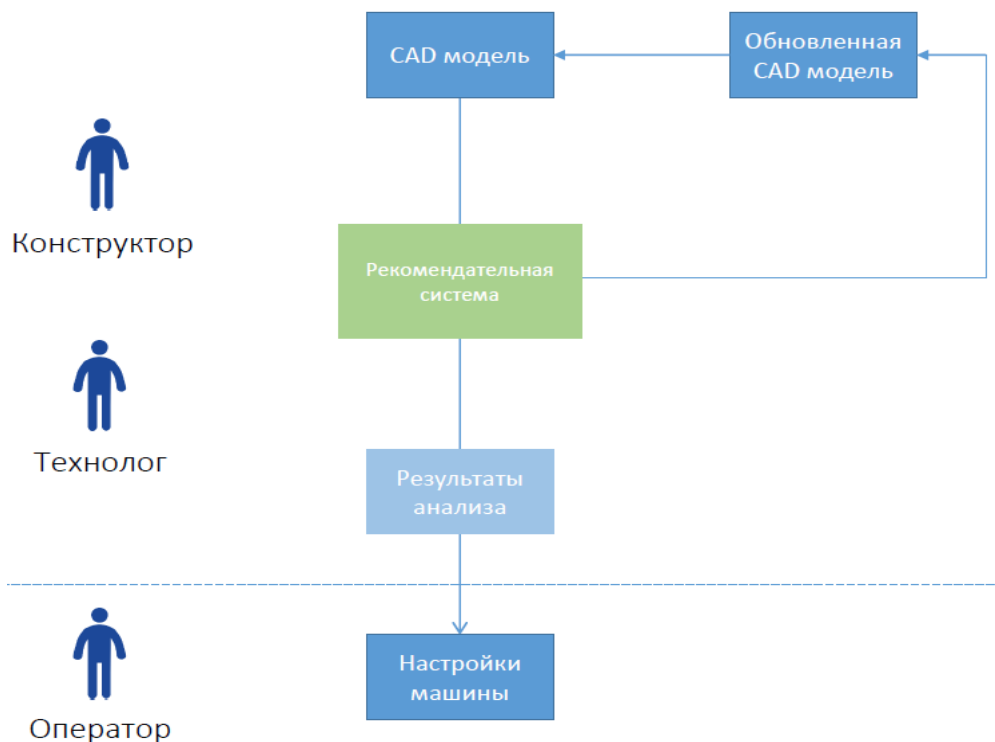
Примером является оптимизация литья пластика под давлением, вследствие которой повышается эффективность процесса изготовления изделий из пластика.

Базовый процесс изготовления является итеративным и предполагает следующие основные этапы: создание трёхмерной модели, настройка параметров оборудования по изготовлению, выявление дефектов на тестовом изделии, коррекция модели и т.д. Рекомендательная система указанного решения способна заранее предсказывать растекание пластика и выдавать корректировки для начального эскиза.

Рисунок 1. Базовый технологический процесс изготовления пластиковых изделий



Рисунок 2. Модифицированный технологический процесс изготовления пластиковых изделий



Количественные результаты внедрения составляют снижение времени настройки оборудования для конкретного изделия с 2-3 месяцев до 1 дня.

**Разработка новых материалов.** Использование технологий ИИ для ускорения разработки и тестирования новых химических соединений и материалов.

Алгоритмы машинного обучения, такие как глубокие нейронные сети и генетические алгоритмы, позволяют прогнозировать свойства материалов на уровне атомов и молекул, ещё до их синтеза в лаборатории. Например, молекулярное моделирование с помощью ИИ анализирует квантово-химические взаимодействия, предсказывая, как структура материала влияет на его электропроводность, термостойкость или каталитическую активность. В результате данного анализа сокращается необходимость в дорогостоящих и длительных физических экспериментах: ИИ предлагает десятки наиболее перспективных вариантов, как в случае разработки перовскитов для солнечных батарей или металлоорганических каркасов для хранения водорода.

Особую роль ИИ играет в симуляции процессов синтеза, включая пиролиз – термическое разложение веществ в бескислородной среде. Виртуальные модели, обученные на данных о предыдущих экспериментах, предсказывают, как изменение температуры (от 400°C до 2000°C), скорости нагрева или выбора прекурсоров (биомасса, полимеры, углеводороды) повлияет на структуру конечного продукта. Например, для получения графена методом пиролиза метана ИИ оптимизирует время выдержки и температурный профиль, чтобы минимизировать дефекты кристаллической решётки. Алгоритмы также моделируют формирование пор в активированном угле из отходов сельского хозяйства, рассчитывая удельную поверхность для максимальной адсорбции загрязнителей. В контексте пиролиза пластиковых отходов ИИ определяет условия для превращения полимеров в ценные продукты (углеродные нанотрубки, жидкое топливо) вместо токсичных побочных соединений. Кроме того, генеративные модели проектируют гибридные материалы, комбинируя пиролиз с другими методами, такими как химическое осаждение из паровой фазы.

**Качественный контроль.** Использование технологий ИИ для автоматизации процессов контроля качества на всех этапах производства.

Компьютерное зрение: использование технологий компьютерного зрения для анализа внешнего вида продукции и выявления дефектов.

Анализ данных о качестве: системы, которые собирают и анализируют данные о качестве, позволяя быстро реагировать на отклонения от нормы.

**Энергетическая эффективность.** Применение технологий ИИ для оптимизации потребления энергии и сокращения затрат на энергоресурсы.

Управление потреблением энергии: алгоритмы ИИ могут анализировать данные о потреблении энергии и предлагать способы его снижения без потери качества продукции.

Оптимизация процессов нагрева и охлаждения: внедрение интеллектуальных систем управления, позволяющих более эффективно управлять температурными режимами в производственных процессах. Например, в ПАО «КуйбышевАзот» ИИ-алгоритмы снизили расход электроэнергии на 12% за счет динамической корректировки режимов работы компрессоров.

**Цифровые двойники.** Создание цифровых моделей физических объектов или процессов для мониторинга и анализа.

Цифровые двойники представляют собой одну из самых передовых технологий, которая находит широкое применение в химической отрасли. Этот концепт позволяет создавать виртуальные модели реальных объектов или процессов, что открывает новые возможности для анализа, мониторинга и оптимизации. В условиях быстрой модернизации технологий и необходимости повышения эффективности производства цифровые двойники становятся важным инструментом для компаний, работающих в сфере химической промышленности.

Моделирование производственных линий: цифровые двойники позволяют симулировать работу всего производственного процесса, выявляя возможности для оптимизации.

Анализ рисков: помогает в оценке возможных рисков и сценариев для принятия обоснованных решений.

Некоторые российские предприятия химической отрасли уже используют виртуальные копии производственных линий. Например, на «ЗапСибНефтехиме» цифровой двойник этиленового комплекса сократил время настройки процессов с 3 недель до 48 часов.

**Интеллектуальные системы управления.** Внедрение систем на базе ИИ для автоматизированного управления производственными процессами.

Роботизация: использование ИИ для управления промышленными роботами, выполняющими рутинные операции, что повышает скорость и точность сборки и упаковки.

Управление логистикой: оптимизация запасов и маршрутов доставки сырья и готовой продукции с помощью ИИ.

Так, учёные Института нефти и газа Сибирского федерального университета провели исследование возможностей применения нечётких нейронных сетей (FNNs – Fuzzy Neural Networks) в качестве интеллектуальной системы управления процессом производства биотоплива из биомассы различного происхождения. Основной задачей указанной разработки является создание адаптивной системы, способной автоматически регулировать параметры технологического процесса в мобильной биотопливной станции, минимизируя или полностью исключая необходимость участия специалиста в настройке. Такой подход позволяет оперативно адаптировать производство к требованиям заказчика и характеристикам сырья, что особенно актуально для процессов термохимического преобразования биомассы, таких как газификация и пиролиз, которые подвержены влиянию множества трудно прогнозируемых факторов.

Нечёткие нейронные сети, сочетающие принципы нечёткой логики и искусственных нейронных сетей, были выбраны в качестве основного инструмента для моделирования нелинейных систем благодаря их высокой адаптивности и точности. Разработка интеллектуальной системы управления является ключевым этапом создания мобильной биотопливной станции – автономной установки для переработки разнообразного сырья в биотопливо или синтетический газ. Такая система должна определять оптимальные параметры технологического процесса с учётом требований эксплуатации и характеристик сырья, что повысит мобильность и автономность установки. Также были разработаны модельно-алгоритмические подходы, позволяющие формировать, обучать и дообучать структуры нечётких нейронных сетей. Указанное исследование было выполнено в рамках

государственного задания Минобрнауки России в проекте «Разработка комплекса научно-технических решений в области создания биотоплив и оптимальных биотопливных композиций, обеспечивающих возможность трансформации потребляемых видов энергоносителей в соответствии с тенденциями энергоэффективности, снижения углеродного следа продукции и использования видов топлива альтернативных ископаемому» на базе Научно-образовательного центра «Енисейская Сибирь».

**Динамическое ценообразование.** Целью разработки является повышение точности и скорости прогнозирования рыночных цен на продукты компании с целью повышения общей рентабельности за счёт их перенаправления на более маржинальные направления, при этом могут использоваться исторические данные о спросе и предложении целевых и сопутствующих товаров, показатели работы оборудования, макроэкономические предпосылки и т.д.

Система способна повысить точность прогнозирования в среднем в 2 раза, а скорость выдачи прогноза – с 2 недель до нескольких минут. Модели машинного обучения позволяют повысить точность прогнозов и скорость их подготовки, а также, при необходимости, быстро корректировать цены на продукцию и планы её реализации.

**Типовые решения** по внедрению технологий ИИ в химическую отрасль предоставляют компаниям возможность значительно повысить свою конкурентоспособность за счет оптимизации процессов, уменьшения издержек и улучшения качества продукции. Адаптация подобных решений требует комплексного подхода и тесного сотрудничества между различными отделами внутри компании, а также партнёрства с научными учреждениями и технологическими стартапами.

## Зарубежный опыт внедрения технологий ИИ в химической отрасли промышленности

Компании химического сектора, внедрившие ИИ, развиваются опережающими темпами: 72% опрошенных консалтинговой компанией «Accenture» представителей химической промышленности сообщили о как минимум двукратном улучшении части ключевых показателей эффективности (KPI), а 37% – о пятикратном росте отдельных KPI. Данные исследования, в котором приняли участие более 1000 хозяйствующих субъектов, показывают, что использование ИИ в химической отрасли становится всё более популярным. Более 60% компаний протестировали и начали внедрять машинное обучение или другие формы ИИ в повседневные практики, при этом подавляющее большинство (91%) отметили, что ИИ помогает их бизнесу высвободить ранее скрытый потенциал.

Большинство компаний находятся на начальных этапах внедрения ИИ. По данным «Accenture», лишь 20% компаний достигли стадии «продвинутого» использования ИИ, где технологии глубоко интегрированы в бизнес-процессы. Тем не менее, уровень готовности к внедрению растёт, и компании начинают осознавать важность создания цифровой инфраструктуры.

Кроме того, в октябре 2024 года правительство США выпустило меморандум, направленный на укрепление лидерства страны в сфере ИИ. Документ подчеркивает важность ИИ для национальной безопасности и экономики, а также определяет стратегические направления его развития и внедрения в различные отрасли, включая химическую промышленность.

Далее рассмотрим примеры успешного внедрения ИИ в химическую отрасль за рубежом.

**BASF: интеллектуальные системы управления производством.** BASF, крупнейший в мире химический концерн, активно использующая технологии ИИ для оптимизации своих производственных процессов. Один из проектов компании связан с разработкой интеллектуальных систем управления, которые анализируют данные о процессе производства в реальном времени, что способствует уменьшению

времени простоя оборудования, повышению эффективности использования сырья и снижению энергозатрат.

Например, на одном из заводов BASF в Германии была внедрена система, которая на основе анализа данных о температуре, давлении и составе реагентов в реальном времени позволяет предсказывать оптимальные условия для проведения химических реакций, что значительно ускорило процесс и снизило величину отходов.

**Dow Chemical: автоматизация и управление рисками.** Компания Dow Chemical также активно использует технологии ИИ для повышения уровня автоматизации и управления рисками. Компания разрабатывает алгоритмы, которые способны анализировать данные с датчиков и предсказывать потенциальные сбои в работе оборудования, что позволяет заранее принимать меры, избегая остановок производственных линий и снижая вероятность аварий.

Одним из примеров является использование машинного обучения для анализа исторических данных о поломках оборудования. Алгоритмы изучают причины сбоев и выявляют закономерности, позволяя инженерам предсказывать поломки и проводить профилактическое обслуживание.

Компания также использует ИИ для оптимизации производственных процессов, например, в области химического синтеза. «AlgorithmiK» – проект, который направлен на использование ИИ для создания более эффективных процессов синтеза различных химических соединений. Система анализирует исторические данные и предлагает оптимальные реакции для достижения максимальной выходной продукции при минимальных затратах.

**3M («Три Эм»): исследования в области материаловедения.** Компания 3M – американская химическая корпорация, работающая в области промышленности, безопасности работников, здравоохранения и товаров повседневного спроса. Известна своими инновациями в области материалов, применяет ИИ для ускорения исследований в области разработки новых соединений, использует сложные модели машинного обучения для анализа больших объемов данных о физических и химических свойствах материалов.

В рамках проекта по разработке новых клеевых материалов, компания 3М применяет технологии ИИ для предсказания прочности и адгезии различных формул. Эти модели позволяют исследователям быстрее находить оптимальные составы для медицинских изделий или автомобильных компонентов.

3М также работает над созданием персонализированных материалов с помощью ИИ. Например, использование машинного обучения для анализа предпочтений потребителей помогает компании разрабатывать продукты, которые соответствуют конкретным нуждам клиентов.

**Siemens: интеграция технологий ИИ в разработку.** Siemens применяет ИИ для повышения эффективности производственных процессов, что также сказывается на разработке новых материалов. С помощью машинного обучения и анализа данных компания может оптимизировать условия производства, включая температуру, давление и состав исходных компонентов.

В области автоматизации Siemens разрабатывает новые полимерные материалы для сенсоров и других электронных компонентов. ИИ помогает предсказывать, как изменения в составе полимеров влияют на их электрические и механические свойства, что позволяет создавать более надежные и эффективные продукты.

Siemens также активно использует концепцию цифровых двойников, которая включает создание виртуальных моделей материалов и процессов, которые помогают тестировать различные сценарии разработки новых материалов, что значительно экономит время и ресурсы.

**Covestro: цифровизации процессов разработки новых материалов.** Covestro – немецкая химическая компания, ведущий производитель высококачественных полимеров, созданная в 2015 году отделением подразделения специализированных химикатов фармацевтической группы Bayer.

Компания активно использует технологии ИИ для цифровизации процессов разработки новых материалов. Covestro стремится сократить время на выведение новых продуктов на рынок, используя интеллектуальные алгоритмы для моделирования свойств материалов.

Изучая взаимодействие различных полимеров и добавок, Covestro применяет технологии глубокого обучения для предсказания поведения новых смесей.

Компания также работает над снижением энергопотребления при производстве новых материалов. Используя ИИ, они оптимизируют производственные процессы, что способствует не только экономической эффективности, но и устойчивому развитию.

Компании, такие как BASF, Dow Chemical, Covestro, 3M и Siemens, демонстрируют, как применение технологий ИИ в химической отрасли может привести к значительным улучшениям в разработке новых материалов. Использование алгоритмов машинного обучения, больших данных и цифровых двойников не только ускоряет процесс инноваций, но и способствует созданию устойчивых и высокоэффективных решений, которые соответствуют современным требованиям рынка.

## Перспективные зарубежные решения

### **Blockseuticals: блокчейн для управления цепочками поставок.**

Индийский стартап Blockseuticals разрабатывает систему управления цепочками поставок на основе блокчейна, которая обеспечивает прозрачность, безопасность и эффективность работы. Система собирает и отслеживает данные в реальном времени и записывает их в блокчейн-бухгалтерию, где они хранятся неизменяемыми. Она также отслеживает местоположение, условия окружающей среды и обработку продукта, что позволяет получить полную информацию о пути продукта. С помощью аналитики данных и машинного обучения система выявляет аномалии и отправляет оповещения, обеспечивая оптимальную целостность продукта и сокращая потери. Автоматизация процессов проверки и защита конфиденциальных данных упрощают соблюдение нормативных требований, а доступ к данным есть только у уполномоченных лиц.

### **Chemify: химический язык программирования.**

Британский стартап Chemify разрабатывает химический язык программирования, который преобразует описание молекул в реальные химические продукты. С помощью этого языка роботизированная платформа синтеза Chemify автоматизирует процесс химического синтеза, что позволяет быстрее открывать и производить новые молекулы. Платформа использует достижения информатики, химической инженерии и хемоинформатики для полной автоматизации процессов разработки, изготовления, тестирования и анализа. Это открывает новые возможности для ускорения исследований и разработки новых лекарств, материалов и химических соединений.

### **Eutechtics: превращение выбросов CO<sub>2</sub> в карбоновые кислоты.**

Британский стартап Eutechtics разработал технологию EvoCarbon, которая превращает выбросы углекислого газа в карбоновые кислоты. Процесс происходит при определённых температурах и атмосферном давлении, что делает его энергоэффективным и экологически безопасным. EvoCarbon также перерабатывает отработанные химикаты для повторного синтеза реагентов,

что снижает углеродный след от производства карбоновых кислот. Эти кислоты широко используются в пищевой промышленности, фармацевтике, производстве удобрений, текстиля, полимеров и красок. Технология EvoCarbon представляет собой важный шаг в направлении устойчивого развития и снижения воздействия на окружающую среду.

#### **Firewires OneIoT: IoT-платформа для химических предприятий.**

Индийский стартап Firewires OneIoT создаёт IoT-платформу для химических предприятий, которая обеспечивает мониторинг и контроль процессов в реальном времени. Платформа использует IoT-устройства и поддерживает множество протоколов связи, таких как MQTT, HTTP и HTTPS. Firewires OneIoT автоматизирует сбор и анализ данных с датчиков температуры, давления и химического состава, что помогает обеспечить безопасность и эффективность химических производств.

#### **Immersafety: VR для обучения безопасности при работе с химическими веществами.**

Индийский стартап Immersafety разработал VR-модули, которые повышают уровень безопасности на рабочем месте при работе с опасными веществами. Технология Immersafety погружает обучаемых в интерактивные симуляции, где они могут отработать навыки обращения с химическими веществами и реагирования на чрезвычайные ситуации. Модули также включают учения по ликвидации аварийных ситуаций, безопасному хранению и транспортировке химических веществ, а также обучение работе с индивидуальными средствами защиты. Использование виртуальной реальности позволяет создать реалистичные условия, что делает обучение более эффективным и безопасным.

#### **Nano Chemical Technologies: нанометрические химические продукты.**

Колумбийская компания Nano Chemical Technologies разрабатывает нанометрические химические продукты, которые улучшают свойства тяжелой и сверхтяжелой нефти. Продукты серии NCT снижают вязкость нефти, повышают её текучесть и плотность благодаря холодной химической реакции на наноуровне. Технология NCT делает транспортировку и переработку нефти более эффективными, не вызывая коррозии и «отравления» катализаторов.

**Osium AI: искусственный интеллект для разработки материалов.**

Британский стартап Osium AI предлагает программную платформу на базе ИИ, которая революционизирует процесс разработки материалов и химических веществ. Платформа позволяет быстро предсказывать свойства материалов, избегая традиционного метода проб и ошибок. Это достигается за счёт расширенных аналитических возможностей и оптимизированного дизайна экспериментов. Платформа также помогает усовершенствовать производственные процессы, снижая затраты и выбросы, и обеспечивает контроль качества в большом масштабе. Использование ИИ позволяет значительно ускорить процесс разработки новых материалов, что особенно важно для таких отраслей, как фармацевтика, производство полимеров и энергетика.

**Ramen: решение NaaS для химических предприятий.**

Американский стартап Ramen предлагает решение NaaS (Network as a Service) для химических предприятий, которое объединяет интеллектуальные устройства и IoT-системы на опасных объектах. Решение использует радиосвязь CBRS и частотные диапазоны Wi-Fi для создания частных сотовых сетей, что позволяет осуществлять оперативный контроль и мониторинг условий окружающей среды в реальном времени. Ramen также интегрируется с существующими архитектурами безопасности, обеспечивая безопасную передачу данных на химически активных участках. Это решение помогает повысить безопасность и эффективность работы на химических предприятиях, снижая риски аварий и улучшая управление ресурсами.

**Telescope Innovations: онлайн-анализ химических реакций.**

Канадский стартап Telescope Innovations создал инструмент DIRECTINJECT-LS, который проводит онлайн-анализ химических реакций. Система непрерывно отбирает пробы из реакционных сосудов и отправляет их на внешний прибор, инструмент также анализирует сложные химические процессы, включая твёрдо-жидкие суспензии, двухфазные системы и криогенные превращения. Это позволяет детально профилировать и оптимизировать реакции, предоставляя информацию о механизмах реакции, влиянии побочных продуктов и каталитической активности в реальном времени.

**Холо: революция в 3D-печати с использованием ксолографии.**

Стартап Холо разработал инновационную технологию 3D-печати, известную как ксолография. В отличие от традиционных методов послойной печати, ксолография использует свет с двойной длиной волны для создания высокоточных структур в фотополимерных смолах. Этот подход позволяет значительно ускорить процесс изготовления химических компонентов и конструкций, обеспечивая при этом высокое разрешение и точность. Технология основана на использовании фотоинициаторов, которые преобразуют высоковязкие материалы в ксолографические составы. Эти составы полимеризуются при пересечении двух различных длин волн света, что позволяет создавать детализированные структуры. Специализированные смолы, используемые в процессе, обладают высокой прозрачностью, механической прочностью и химической стойкостью, что делает их идеальными для применения в различных отраслях, включая медицину, аэрокосмическую промышленность и производство электроники.

## Лидеры по внедрению и разработке технологий ИИ в химической отрасли промышленности в Российской Федерации

**ПАО «СИБУР Холдинг»** – крупнейшая нефтегазохимическая компания в России, занимающая значительную долю на рынке полимеров и других химических продуктов. С момента своего основания компания активно стремится к внедрению инновационных технологий, включая ИИ, для оптимизации различных процессов, таких как:

– оптимизация производственных потоков: компания применяет алгоритмы машинного обучения для анализа данных о работе оборудования, что позволяет выявлять «узкие» места в производственных процессах и предлагать пути повышения эффективности. Одним из ключевых инструментов является предиктивная система обслуживания оборудования, которая автоматически собирает данные с критически важных агрегатов, обрабатывает их с помощью математических моделей и прогнозирует возможные сбои, что позволяет на ранней стадии предотвратить поломки и минимизировать простои. Следующим этапом развития стало тестирование Co-pilot инженера-диагноста на базе LLM-модели GigaChat. Этот ИИ-ассистент анализирует текстовые описания аномалий в работе оборудования, формирует гипотезы о возможных причинах неисправностей и предоставляет рекомендации по их устранению;

– продажи и маркетинг: с целью повышения эффективности работы с клиентами ПАО «СИБУР Холдинг» использует инструменты анализа естественного языка (NLP), которые помогают находить потенциальных клиентов на новых рынках. Сотрудниками компании задаются простые критерии поиска, такие как регион и тип продукции, которую может производить или потреблять клиент. Система анализирует базы данных и открытые источники, сопоставляет описания компаний с заданными критериями, обогащает их контактными данными и формирует воронку для CRM. Кроме того, ИИ-сервис позволяет определить, производит ли компания продукты на основе сырья ПАО «СИБУР Холдинг», а также является ли она действующим клиентом. Задача исключения неточностей в сравнении имен

компаний и поиска по ключевым словам решена с помощью машинного обучения, что значительно повышает точность анализа;

– разработка новых материалов: с помощью моделей ИИ компания проводит симуляции, направленные на создание новых полимеров с заданными характеристиками, что значительно сокращает время на их разработку;

– интеллектуальные системы поддержки принятия решений: компания использует автопилот оператора технологической установки (RTO) и технологическая оптимизация (APC) для контроля качества сырья и готовой продукции и управления технологическими процессами. Система на основе алгоритмов машинного обучения определяет оптимальный технологический режим работы оборудования для контроля качества продукции или экономии режима потребления энергии, и в реальном времени дает оператору подсказки или сама занимается управлением. ИИ-система постоянно оценивает большое количество параметров, моделирует текущий режим и оптимизирует его с учетом экономических предпосылок, технологических ограничений и требований. В настоящее время APC внедрена на более чем 50 производствах, а RTO на 8 установках, в том числе для управления печами пиролиза. RTO «понимает», какая из марок полимеров наиболее оптимальна и экономически выгодна в данный момент, и дает сигнал APC для пересмотра режима работы установки.

Кроме того, ПАО «СИБУР Холдинг» с 2019 года использует динамическое прогнозирование котировок при формировании плана производства и реализации продукции. Инструмент позволяет с высокой точностью определить стоимость продукции в любой момент времени.

Кроме того, в интерфейс системы включены текстовые данные, которые также помогают принимать решения. Среди них новости, аналитические отчёты, обзоры и прогнозы открытых источниках. Часть из них оцифровывается и попадает в модели машинного обучения, другие демонстрируются в виде дополнительных подсказок для пользователей. На сегодняшний день платформа включает более 60 моделей машинного обучения и покрывает 39 ключевых комбинаций из различных продуктов

и рынков, на которых они реализуются. Ожидаемый экономический эффект от её дальнейшего масштабирования – более 540 млн рублей в год.

**ПАО «Татнефть»** – одна из крупнейших нефтедобывающих и нефтехимических компаний России, активно внедряющая передовые технологии для оптимизации производственных процессов, повышения качества продукции и снижения экологической нагрузки. Компания является ключевым игроком в нефтехимической отрасли, производя широкий спектр продукции, включая топливо, полимеры, синтетические каучуки и другие химические продукты. Одним из приоритетных направлений внедрения ИИ в ПАО «Татнефть» является оптимизация технологических процессов. Компания использует алгоритмы машинного обучения для анализа данных с датчиков, установленных на нефтеперерабатывающих и нефтехимических установках, что позволяет прогнозировать возможные сбои и оперативно вносить корректировки. Например, внедрение ИИ-систем для управления процессом каталитического крекинга позволило увеличить выход целевых продуктов на 6-8% и снизить энергопотребление на 10%.

Кроме того, компания активно использует цифровые двойники для моделирования производственных процессов. В 2022 году компания внедрила цифровой двойник для установки по производству полипропилена, что сократило время настройки оборудования на 25% и снизило количество аварийных остановок на 18%.

Также ПАО «Татнефть» активно применяет предиктивную аналитику для предотвращения аварийных ситуаций и повышения надёжности оборудования. По данным за 2023 год, внедрение предиктивных систем позволило сократить количество аварийных остановок на 20%, а затраты на обслуживание оборудования – на 15%.

Для контроля качества продукции компания использует ИИ-алгоритмы, которые анализируют данные о параметрах производства и свойствах сырья. В результате количество бракованной продукции сократилось на 10%, а удовлетворённость клиентов выросла на 12%.

ПАО «Татнефть» активно сотрудничает с научными учреждениями, такими как Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), для разработки новых материалов с использованием ИИ. Например, совместно с университетом были созданы алгоритмы для моделирования свойств новых катализаторов, что ускорило процесс их разработки в 2 раза.

Компания также использует ИИ для оптимизации логистики и управления цепочками поставок. Алгоритмы машинного обучения анализируют данные о запасах сырья и готовой продукции, прогнозируют спрос и оптимизируют маршруты доставки. Это позволило сократить затраты на транспортировку на 7% и уменьшить время доставки продукции до клиентов на 15%.

**ПАО «ФосАгро»** – один из крупнейших мировых производителей фосфорсодержащих удобрений и ключевой игрок российской химической промышленности, активно внедряет технологии ИИ для повышения эффективности производства, снижения экологической нагрузки и оптимизации бизнес-процессов.

Компания использует ИИ-алгоритмы для прогнозирования износа критически важных узлов оборудования (например, насосов, компрессоров, реакторов). К примеру, на Апатитовом химическом комбинате внедрена система мониторинга, которая анализирует данные с датчиков вибрации и температуры, предупреждая о потенциальных поломках за 48–72 часа.

Создаются виртуальные копии производственных линий для моделирования различных сценариев. Это помогает оптимизировать параметры процессов (температура, давление, скорость подачи сырья) без остановки реального производства.

ИИ-алгоритмы анализируют данные о работе энергоемких установок (например, печей обжига фосфоритов) и предлагают режимы работы, снижающие расход электроэнергии и газа.

В результате на предприятиях ПАО «Фосагро» достигнуто снижение энергозатрат на 10–12% за счет динамической корректировки нагрузок.

Системы на базе ИИ в режиме реального времени анализируют данные с датчиков контроля воздуха, прогнозируя уровень выбросов CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> и других

вредных веществ, что позволяет оперативно корректировать процессы для минимизации экологического воздействия, так на Череповецком производственном комплексе внедрение ИИ-решений помогло сократить углеродный след на 18% за 2023 год.

Также компания активно использует компьютерное зрение. Системы ИИ автоматически анализируют гранулометрический состав удобрений (размер и форму гранул) с помощью камер и датчиков, что позволяет быстро выявлять отклонения от стандартов и корректировать производство, при этом алгоритмы достигают точности 98–99%, что исключает человеческий фактор.

Также алгоритмы машинного обучения оптимизируют маршруты доставки продукции, учитывая погоду, состояние дорог и загруженность портов.

**АО «ОХК «Уралхим»** – крупный российский производитель удобрений и химической продукции. Компания активно развивает цифровизацию своих процессов и использует ИИ для:

– мониторинга производственных процессов: системы на базе ИИ позволяют отслеживать параметры работы оборудования и оперативно реагировать на любые отклонения, например, на производстве аммиака и карбамида это позволяет сократить незапланированные простои на 15–20%;

– управления качеством продукции: алгоритмы помогают прогнозировать результаты на основе входных данных, что позволяет обеспечить высокое качество готового продукта.

Компания также ведет работу над проектами, связанными с устойчивым развитием и экологией, используя ИИ для анализа воздействия своей деятельности на окружающую среду.

**ООО «Газпром нефтехим Салават»** – одно из крупнейших нефтехимических предприятий России, входящее в структуру ПАО «Газпром». Компания специализируется на производстве широкого спектра нефтехимической продукции, включая полимеры, удобрения, топливо и другие химические продукты. В последние годы предприятие активно внедряет технологии ИИ.

Одним из ключевых направлений внедрения ИИ на предприятии является оптимизация технологических процессов. Компания использует алгоритмы машинного обучения для анализа данных с датчиков, установленных на производственных линиях. Внедрение ИИ-систем для управления процессом крекинга позволило увеличить выход целевых продуктов на 5-7% и снизить энергопотребление на 10%.

Кроме того, компания активно использует цифровые двойники для моделирования производственных процессов. Внедрение цифрового двойника для установки по производству полиэтилена сократило время настройки оборудования на 20% и снизило количество аварийных остановок на 15%.

Ещё одним важным направлением является предиктивная аналитика. Компания внедрила системы, которые анализируют данные о состоянии оборудования и прогнозируют возможные поломки.

Для контроля качества продукции ООО «Газпром нефтехим Салават» использует ИИ-алгоритмы, которые анализируют данные о параметрах производства и свойствах сырья. Это позволяет своевременно выявлять отклонения от нормы и корректировать процесс. В результате количество бракованной продукции сократилось на 12%, а удовлетворённость клиентов выросла на 10%.

Также активно внедряется ИИ для повышения энергетической эффективности и снижения экологической нагрузки. Например, алгоритмы машинного обучения используются для оптимизации работы компрессоров и насосов, что позволило снизить потребление электроэнергии на 8%. Кроме того, ИИ-системы помогают минимизировать выбросы вредных веществ за счёт более точного управления процессами горения и очистки.

Компания активно сотрудничает с научными учреждениями, такими как РХТУ им. Д.И. Менделеева, для разработки новых материалов с использованием ИИ. Например, совместно с университетом были созданы алгоритмы для моделирования свойств новых катализаторов, что ускорило процесс их разработки в 2 раза.

## Ключевые и проблемные точки

Внедрение ИИ в химическую промышленность сталкивается с рядом вызовов, которые требуют комплексного подхода для их преодоления. Одной из ключевых проблем является нехватка квалифицированных специалистов, обладающих знаниями в области машинного обучения, анализа данных и программирования. Это усугубляется высокой конкуренцией за таких специалистов на рынке труда, что влечёт за собой дополнительные расходы на обучение сотрудников или привлечение внешних экспертов. Кроме того, быстрое развитие технологий ИИ требует постоянного обновления знаний, делает необходимым создание культуры непрерывного обучения внутри компаний, что позволяет сотрудникам оставаться в курсе последних тенденций и эффективно применять новые инструменты в своей работе.

Ещё одной значимой проблемой являются высокие первоначальные затраты на внедрение ИИ-технологий, включая приобретение программного обеспечения, оборудования, а также других сопутствующих расходов. Для снижения финансового бремени компаниям более предпочтительно начинать с пилотных проектов, которые позволят оценить потенциальную отдачу от инвестиций и выявить возможные риски. Кроме того, важно учитывать государственные программы поддержки, направленные на стимулирование внедрения инновационных технологий, включая ИИ. Использование таких программ может существенно снизить затраты и ускорить процесс интеграции новых решений.

Особое внимание следует уделить проблемам, связанным с импортозамещением и уходом иностранных производителей электронных компонентных баз. Это создаёт дополнительные сложности в обеспечении необходимого оборудования и программного обеспечения для внедрения ИИ. Кроме того, отсутствие достаточного количества данных и средств для их сбора, затрудняет обучение ML-моделей, что является критически важным для успешного внедрения ИИ. Также стоит отметить недостаток информированности о существующих на рынке ИИ-решениях и отсутствие готовых «коробочных»

продуктов, которые могли бы быть адаптированы под конкретные нужды производства, что требует разработки индивидуальных решений, что увеличивает временные и финансовые затраты.

Для успешного внедрения ИИ в химическую промышленность организациям следует развивать партнёрские отношения с образовательными учреждениями и исследовательскими центрами для подготовки специалистов, а также активно участвовать в государственных программах поддержки инноваций. Компаниям следует инвестировать в создание собственной инфраструктуры для сбора и обработки данных, а также изучать возможности использования открытых платформ и решений, которые могут снизить зависимость от импортных технологий. Кроме того, важно повышать информированность о доступных ИИ-решениях на рынке и развивать сотрудничество с поставщиками, чтобы минимизировать необходимость в индивидуальных разработках. Только комплексный подход позволит преодолеть существующие барьеры и максимально эффективно использовать потенциал ИИ в химической промышленности.

## Заключение

Внедрение технологий ИИ в химическую отрасль является важным шагом к модернизации и повышению конкурентоспособности. Несмотря на существующие вызовы и препятствия, преимущества, которые предоставляет ИИ, делают его незаменимым инструментом для достижения стратегических целей компаний.

В то же время текущее состояние отрасли отражает диспропорцию между амбициями и реальностью: при наличии точечных успехов системная цифровизация требует преодоления инфраструктурных и регуляторных барьеров. Однако усиление господдержки и импортозамещение создают основу для прогресса в данном направлении.

Качество продукции играет критическую роль в успешности химических предприятий. Использование технологий ИИ в процессе контроля качества дает возможность проводить мониторинг на каждом этапе производства, быстро выявлять отклонения от стандартов и принимать необходимые меры. Кроме того, алгоритмы могут анализировать причины дефектов, позволяя компаниям не только реагировать на проблемы, но и предотвращать их возникновение в будущем. Таким образом, внедрение ИИ способствует созданию более надежной и высококачественной продукции, что, в свою очередь, укрепляет доверие потребителей и способствует расширению рыночной доли.

С учетом всеобъемлющей задачи по защите окружающей среды и переходу к устойчивым практикам, технологии ИИ становятся важным инструментом для химической отрасли. Оптимизация производственных процессов с помощью ИИ может привести к значительному снижению выбросов вредных веществ и уменьшению количества отходов. Более того, ИИ может стимулировать разработку новых экологически чистых материалов и технологий, что соответствует современным требованиям по охране окружающей среды и поддерживает концепцию устойчивого развития.

Ожидается, что в ближайшие годы будет наблюдаться рост интереса к инновационным решениям и новым методам, основанным на ИИ. С развитием

технологий, таких как интернет вещей (IoT), облачные вычисления и блокчейн, возможности для применения ИИ в химической промышленности будут только расширяться. Компании, активно внедряющие такие технологии, получают неоспоримые преимущества, которые позволят им занять ведущие позиции на рынке. К тому же, сотрудничество между различными секторами и научными учреждениями будет способствовать обмену знаниями и лучшими практиками, что также ускорит процесс внедрения технологий искусственного интеллекта.

Для дальнейшего успешного развития данной области необходимо продолжать инвестировать в исследования и разработки, повышать уровень подготовки специалистов и обеспечивать интеграцию ИИ с существующими системами, наращивать возможности вычислительной инфраструктуры для реализации высокопроизводительных вычислений в рамках обучения ML - моделей.

Таким образом, для успешного внедрения ИИ в химической промышленности Российской Федерации необходимы совместные усилия бизнеса, государства и научного сообщества. Предприятиям необходимо активно инвестировать в цифровизацию, развивать инфраструктуру данных и готовить кадры. Государственные органы, в свою очередь, должны создать благоприятные условия для внедрения ИИ, включая нормативную базу, финансовую поддержку и развитие образовательных программ. С учетом развития указанных направлений, химическая промышленность России сможет стать лидером в области инноваций, укрепив свои позиции на мировом рынке.

В ближайшем будущем ожидается значительное ускорение цифровой трансформации отрасли, что откроет новые возможности для роста и повышения конкурентоспособности.

## Список использованных источников

### Официальные источники и отчеты

1. Минпромторг России. Официальный сайт: <https://minpromtorg.gov.ru>;
2. Российский союз промышленников и предпринимателей (РСПП). Аналитические материалы и исследования по цифровизации промышленности. Официальный сайт: <https://rspp.ru>;
3. Росстат. Статистические данные по объемам производства, инвестициям и другим показателям химической промышленности. Официальный сайт: <https://rosstat.gov.ru>;
4. Национальный центр развития искусственного интеллекта (НЦРИИ). Отчеты о внедрении ИИ в промышленности, включая химический сектор. Официальный сайт: <https://ai.gov.ru>;

### Примеры решений на базе ИИ

5. Материалы ПАО «СИБУР Холдинг». <https://www.sibur.ru>;
6. Материалы ПАО «Татнефть». <https://www.tatneft.ru>;
7. Материалы ПАО «ФосАгро». <https://www.phosagro.ru>;
8. Материалы АО «ОХК «Уралхим». <https://www.uralchem.ru>;
9. Материалы ООО «Газпром нефтехим Салават»  
<https://salavatneftekhim.gazprom.ru>;

### Научные и образовательные организации

10. РХТУ им. Менделеева. <https://muctr.ru>;
11. НИУ ВШЭ. <https://www.hse.ru>;

### Нормативно-правовые акты

12. Указ Президента Российской Федерации от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» (вместе с «Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года»);

13. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 7 октября 2023 г. № 3113-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности»;

**Иные источники:**

14. <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-ai>;
15. <https://slsoft.ru/news/otryv-dlinoy-v-god-rossiyskie-ii-resheniya-neznachitelno-ustupayut-inostrannym-analogam/>;
16. <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/superagency-in-the-workplace-empowering-people-to-unlock-ais-full-potential-at-work>;
17. <https://www.statista.com/forecasts/1474143/global-ai-market-size>;
18. <https://inclient.ru/ai-stats/>;
19. <https://thesocialshepherd.com/blog/ai-statistics>;
20. <https://innovanews.ru/info/innovations/10-innovatsionnykh-tekhnologij-dlja-khimicheskoy-promyshlennosti-v-2025-godu-i-primery-startapov>;
21. [https://midtowntribune.com/2024/10/24/memorandum-on-u-s-leadership-in-artificial-intelligence-national-security-objectives-and-trustworthiness-full-text/?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=ru&\\_x\\_tr\\_hl=en&\\_x\\_tr\\_pto=wapp](https://midtowntribune.com/2024/10/24/memorandum-on-u-s-leadership-in-artificial-intelligence-national-security-objectives-and-trustworthiness-full-text/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=ru&_x_tr_hl=en&_x_tr_pto=wapp);
22. <https://habr.com/ru/news/885226/>;
23. <https://www.basf.com/global/en>.