

УДК 55 3179

ИННОВАЦИИ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ: ВЛИЯНИЕ СИМУЛЯЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ДОБЫЧИ НА ЗРЕЛЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Кармысsoва Алия Канжарбековна

Инженер-геолог

АО «Каражанбасмунай» / Казахстан

***Аннотация:** В статье рассматривается роль симуляционных технологий в обеспечении экологической устойчивости добычи на зрелых нефтегазовых месторождениях. Особое внимание уделяется применению цифровых двойников и интегрированных моделей, которые позволяют прогнозировать риски, оптимизировать использование ресурсов и снижать негативное воздействие на окружающую среду. Анализируются преимущества симуляционных подходов по сравнению с традиционными методами, а также их влияние на социально-экономическую устойчивость регионов. Отмечаются ключевые перспективы и вызовы внедрения данных технологий, включая кадровые и инфраструктурные барьеры. Сделан вывод о стратегической значимости симуляций как инструмента устойчивого развития.*

***Ключевые слова:** устойчивое развитие; зрелые месторождения; симуляционные технологии; цифровые двойники; экологическая устойчивость; нефтегазовая отрасль; инновации*

INNOVATION AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT: THE
IMPACT OF SIMULATION TECHNOLOGIES ON THE

ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY OF MATURE OILFIELD PRODUCTION

Karmyssova Aliya Kanzharbekovna

Engineer-Geologist

Karazhanbasmunai JSC / Kazakhstan

Abstract: *This article explores the role of simulation technologies in ensuring the environmental sustainability of production at mature oil and gas fields. Special emphasis is placed on the use of digital twins and integrated models that enable risk prediction, resource optimization, and reduction of negative environmental impacts. The advantages of simulation-based approaches compared to traditional methods are examined, along with their influence on the socio-economic stability of producing regions. Key prospects and challenges of implementation are highlighted, including workforce and infrastructure barriers. The article concludes that simulation technologies represent a strategic tool for advancing sustainable development.*

Keywords: *sustainable development; mature oilfields; simulation technologies; digital twins; environmental sustainability; oil and gas industry; innovation*

Введение

Нефтегазовая отрасль сегодня сталкивается с новыми вызовами, связанными с необходимостью сочетать экономическую эффективность и экологическую ответственность. Особенно остро эта проблема стоит на зрелых месторождениях, где истощение пластов, изношенность инфраструктуры и рост энергоёмкости добычи усиливают как производственные, так и экологические риски [3].

Традиционные методы эксплуатации в таких условиях часто приводят к увеличению объёмов закачки химических реагентов, росту аварийности и повышению углеродного следа. Это создаёт дополнительную нагрузку на компании и негативно влияет на социально-экономическую устойчивость регионов [4].

В этих условиях всё более востребованными становятся инновационные решения, в частности симуляционные технологии, включая цифровые двойники. Их применение позволяет рассматривать производственный комплекс как единую систему и переходить от реактивного управления к проактивному — когда риски прогнозируются заранее, а решения принимаются с учётом экологических последствий.

Поэтому изучение влияния симуляционных технологий на устойчивое развитие добычи на зрелых месторождениях становится актуальной научной задачей, имеющей как прикладное, так и стратегическое значение.

Инновации и симуляционные технологии в нефтегазовой отрасли

Симуляционные технологии, основанные на цифровом моделировании процессов, становятся важным направлением развития нефтегазовой отрасли. В отличие от традиционных методов, которые фиксируют уже произошедшие отклонения, симуляции позволяют прогнозировать сценарии, оценивать риски и находить оптимальные решения до возникновения критических ситуаций [1].

Ключевым инструментом здесь выступает цифровой двойник — виртуальная модель объекта, объединяющая геологические, инженерные и эксплуатационные данные. Такой подход делает возможным

рассматривать добывающий комплекс как целостную систему, где изменения в одном элементе сразу отражаются на всей инфраструктуре. Это обеспечивает более полное понимание процессов и позволяет выстраивать стратегию управления с учётом взаимосвязей [2].

Симуляции дают несколько преимуществ: более точный прогноз параметров добычи и состояния оборудования, оптимизацию использования энергии и химических реагентов, а также возможность быстро адаптироваться к изменяющимся условиям без рискованных экспериментов на реальных объектах.

Симуляционные технологии становятся не только инструментом повышения эффективности, но и важным фактором устойчивого развития. Их значение особенно велико на зрелых месторождениях, где экологическая и технологическая уязвимость наиболее высока, а традиционные методы уже не обеспечивают должного результата.

Экологическая устойчивость и практическое влияние на зрелые месторождения

Зрелые месторождения представляют собой особую категорию добывающих активов, где экономические задачи тесно переплетаются с экологическими рисками. По мере истощения пластов и старения инфраструктуры растут энергозатраты, увеличивается вероятность аварий, утечек и выбросов, что усиливает нагрузку на окружающую среду и снижает устойчивость регионов [3].

Симуляционные технологии помогают снизить эти угрозы. Цифровые модели работы пласта и трубопроводов позволяют прогнозировать изменения параметров и выявлять потенциальные аварии

задолго до их возникновения. Это сокращает риск утечек углеводородов и загрязнения экосистем.

Не менее значимо и более рациональное использование ресурсов. Моделирование добычи помогает уменьшать потребление реагентов и энергии, а также продлевать срок службы оборудования. В результате снижается углеродный след и общий экологический ущерб [4].

Экологическая устойчивость зрелых месторождений имеет и социальное измерение: сокращение аварийности обеспечивает стабильность рабочих мест, налоговых поступлений и снижает напряжённость в отношениях с местными сообществами. Таким образом, симуляционные технологии укрепляют как экологическую, так и социально-экономическую основу устойчивого развития.

Перспективы и вызовы внедрения

Несмотря на преимущества, внедрение симуляционных технологий в добыче сталкивается с рядом барьеров. Главный из них — высокая стоимость цифровых решений и необходимость модернизации инфраструктуры. Для зрелых месторождений такие инвестиции кажутся рискованными, хотя в долгосрочной перспективе они окупаются за счёт снижения аварийности и оптимизации расходов [2].

Второй вызов связан с кадрами. Для работы с цифровыми двойниками нужны специалисты, объединяющие знания в геологии, инженерии и IT. Подготовка таких кадров требует времени и совместных усилий университетов и компаний.

Сложности возникают и при интеграции новых инструментов с уже существующими корпоративными системами. Разрозненные программы и

устоявшиеся процессы не всегда легко объединить в единую цифровую среду.

Тем не менее перспективы значительны. Симуляции можно связать с ESG-отчётностью, что позволит объективно фиксировать снижение экологического воздействия. Успешный опыт в нефтегазе также открывает путь к их применению в других сферах — от энергетики до городской инфраструктуры, превращая симуляции в универсальный инструмент устойчивого развития [1]

Заключение

Симуляционные технологии становятся одним из ключевых инструментов перехода нефтегазовой отрасли к принципам устойчивого развития. Их значение особенно велико для зрелых месторождений, где технологическая сложность добычи усиливается экологическими и социальными рисками. Цифровые модели и виртуальные двойники позволяют не только повысить точность прогнозирования и снизить аварийность, но и оптимизировать использование ресурсов, уменьшая углеродный след и общее воздействие на окружающую среду.

Опыт показывает, что внедрение симуляционных подходов формирует долгосрочные преимущества. Компании получают более надёжные и гибкие системы управления, регионы — снижение экологической нагрузки и сохранение социально-экономической стабильности. Важно и то, что данные технологии стимулируют развитие новых компетенций и расширяют сферу взаимодействия между наукой, бизнесом и государством.

Несмотря на существующие барьеры, связанные с инвестициями и кадровыми ресурсами, перспективы их применения выходят за рамки

нефтегаза. Симуляции способны стать универсальным инструментом в энергетике, промышленности и городской инфраструктуре, закрепляя роль инноваций как основы устойчивого развития.

Влияние симуляционных технологий на добычу на зрелых месторождениях выходит за пределы узкопроизводственной задачи. Оно отражает глобальную тенденцию: экологическая устойчивость всё чаще рассматривается не как ограничение, а как стратегический ресурс, определяющий конкурентоспособность и жизнеспособность отрасли в будущем.

Список литературы

1. Шукуров М. Важность цифровых двойников в нефтегазовой отрасли // *Цифровые технологии и инновации*. – 2024. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vazhnost-tsifrovyyh-dvoynikov-v-neftegazovoy-otrasli> (дата обращения: 09.09.2025).
2. Быкова В. Н. Применение цифрового двойника в нефтегазовой отрасли // *Oil & Gas Journal России*. – 2020. – Режим доступа: https://oilgasjournal.ru/issue_28/bykova.html (дата обращения: 09.09.2025).
3. Санатова Ж. А., Садыков А. Д. Зрелые месторождения с длительной историей разработки: проблемы и перспективы // *Сборник научных трудов АО «КМГ»*. – 2024. – Режим доступа: https://www.kmge.kz/wp-content/uploads/2024/08/Book_KMG-2024%D1%84%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BB.pdf (дата обращения: 09.09.2025).
4. Солнцева Н. П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 220 с.