



ЦИФРОВИЗАЦИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО ПРОИЗВОДСТВА: ПРОБЛЕМЫ, ВЫЗОВЫ И РИСКИ

А. Н. Дмитриевский, Н. А. Еремин*, В. Е. Столяров, А. Д. Черников

Институт проблем нефти и газа Российской академии наук, Москва, Россия

Digitalising oil and gas production: issues, challenges and threats

A. N. Dmitrievsky, N. A. Eremin*, V. E. Stolyarov, A. D. Chernikov

Oil and Gas Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

ABSTRACT

The article analyzes the technical and regulatory restrictions that complicate the production of hydrocarbons at the final stage of operation, as well as the directions of resource and innovative development of the fuel and energy complex in the context of sanctions and restrictions in the development of national priorities. The features of regulatory regulation of legislation and indicators of digital transformation for previously developed fields and the preservation of hydrocarbon markets, the development of national economies in the long term, taking into account the widespread use of intelligent technologies and digital platforms, are considered. Taking into account the advantages of technology, it is strongly recommended to implement a project of digitalization of oil and gas wells using fiber-optic technologies. This will allow the creation of intelligent wells and deposits, which, with limited financial resources, will ensure an increase in recoverable reserves of gas and oil production by at least 10% during operation, will reduce the downtime of wells by about 50% from the initial level and will reduce operating costs by 10-25%.

Keywords: automation; mining; modeling; regulation; transformation; innovation; intelligent technology; digital economy; digital platform.

© 2023 «OilGasScientificResearchProject» Institute. All rights reserved.

Введение

Современный нарратив гласит, что мировая нефтегазовая экономика стала другой. Здесь под нарративом понимается собой способ передачи или получения раскрывающий суть информации, в отличие от статьи, которая представляет собой способ передачи или получения точной и качественной информации. К положительным сторонам современной нефтегазовой экономики можно отнести то, что она стала цифровой, мощной и диверсифицированной. К ее негативным сторонам относится то, что скорость трансмиссии негативных факторов и эффекты инерции в ней носят все более нелинейный (возможно даже экспоненциальный) характер развития. В цифровой нефтегазовой экономике делается упор на широкое внедрение и применение методов искусственного интеллекта: производительность труда начала расти впервые за десять лет, повышается эффективность нефтегазовой экономики, растет маржинальность нефтегазового бизнеса и спрос на традиционные нефть, газ и нефтегазопродукты, снижается инфляция [1-25].

По данным Rystad Energy за последний год объем извлекаемых мировых запасов нефти вырос на 7 млрд м³ (52 млрд барр.) и составил 255.6 млрд м³ (1.624 трлн барр.). По оценке JP Morgan прирост мирового спроса на энергию

на 20% опередит прирост ее предложения. Спрос на нефть в мире вырастет на 2% в 2023 году, в основном за счет Азии. При этом около 83% первичной энергии в мире обеспечивается за счет традиционных источников.

Для ликвидации дефицита по нефти, к 2030 году миру необходимы дополнительные инвестиции в нефтедобычу в размере 400 млрд долл. (рис. 1 и 2). Несмотря на сохранение целей по декарбонизации, доля нефти и газа в мировом энергетическом балансе достигает 83%. До 2030 года ожидается увеличение спроса на газ на порядка 10%. В 2022 г. мировой спрос на нефть достиг 13.8 млн м³/сут., а в 2023 г. он возрастет до 14.2 млн м³/сут. (+2.5% г/г). Доля сжиженного природного газа в общем увеличении спроса на газ достигнет 80%, а его мировой рынок вырастет до

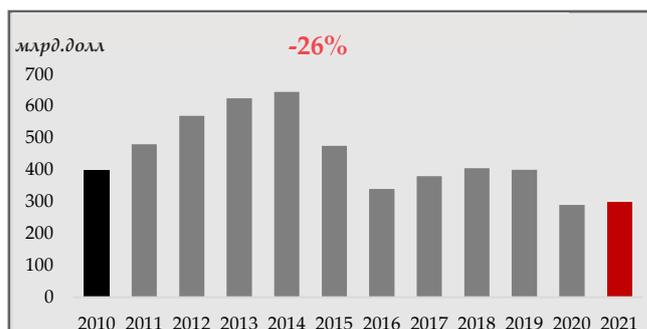


Рис. 1. Инвестиции в нефтяную отрасль в мире
Источник: Rystad Energy, JP Morgan, МЭА

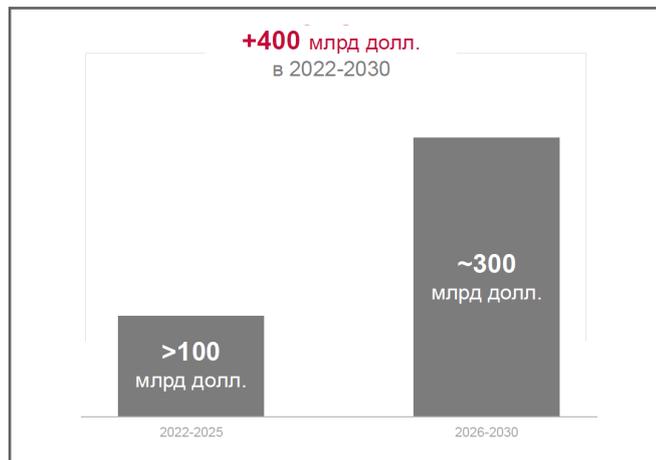


Рис. 2. Дополнительные инвестиции в нефтяную отрасль в мире, необходимые для ликвидации дефицита энергии
 Источник: Rystad Energy, JP Morgan, МЭА

800 млрд м³. Потребление возобновляемых источников энергии увеличится на 80% к 2030 г.

Нефтегазовый комплекс России обладает огромным потенциалом для диверсификации цепочек поставок углеводородов на глобальные рынки углеводородов. В Азиатско-Тихоокеанском регионе расположены самые быстрорастущие и перспективные нефтегазовые рынки в мире. Сотрудничество российских нефтегазовых компаний с партнерами из стран Азиатско-Тихоокеанского региона интенсивно развивается. Страны Азиатско-Тихоокеанского региона являются основными драйверами роста спроса на нефть до 0.22 млн м³/сут., что составляет 60% от роста глобального спроса. Спрос на нефтепродукты в Китае снизился в ответ на вспышки COVID-19, ограничения на передвижение в крупных городах и низкие квоты на экспорт нефтепродуктов. Эти ограничения значительно замедлили экономическую активность Китая. Переработка нефти в Китае достигла своего рекордного уровня в 15.1 млн барр. в сутки в 2022 году. Снижение внутреннего спроса на сырую нефть привело к сокращению объемов нефтепереработки в Китае в прошлом году (рис. 3).

Российские нефтегазовые компании одни из ведущих лидеров в области цифрового нефтегазового производства в текущих дискриминационных условиях. Россия одна из ключевых игроков на мировых нефтегазовых рынках. Цифровая и геотехнологическая модернизация

нефтегазовой отрасли России нацелена на повышение конкурентоспособности нефтегазового комплекса и обеспечение цифрового лидерства отечественных нефтегазовых компаний. В настоящее время происходит разворот трендов в мировой нефтегазовой экономике от глобализации ко все большей регионализации. Масштабное внедрение цифровых и геотехнологических инноваций позволит российским нефтегазовым компаниям укрепить свои позиции на глобальном и региональных нефтегазовых рынках.

Нефтегазовые инновации – это внедрение в производство нефти и газа новой технологии или оборудования, которое приводит к значительному повышению фондоотдачи или снижению удельных затрат на экологически-чистое извлечение углеводородов. В декабре 2022 года был принят план по усовершенствованию экспортной инфраструктуры для российской нефти до 2026 года. К этому времени предполагается увеличение пропускной способности основных нефтепроводов на 32 млн тонн, а также постройка 600 км новых нефтепроводов. Большой объем углеводородов, включая 40 млн тонн нефти и нефтепродуктов, был оперативно перераспределен в этом регионе по существующим нефтегазопроводам (Восточная Сибирь – Тихий океан и Сила Сибири) и через текущую инфраструктуру «Ямал СПГ» в 2022-2023 годах. Рост экспорта нефти в этот регион на 01.01.2023 года составил 76% г/г, нефтепродуктов – 20% г/г, трубопроводного газа и сжиженного природного газа – 8% г/г. Россия занимает вторую позицию в рейтинге основных экспортеров нефти в Китай и является лидером по поставкам нефти в Индию (рис. 4). Экспорт нефти и нефтепродуктов в западном направлении сократился с 223 до 87 млн тонн (или на 60%).

Активно развиваются транспортные маршруты, такие как МТК Север-Юг и Северный морской путь. В ближайшей перспективе предполагается, что цепочки поставок нефти и газа пройдут перестройку, а увеличенные скидки на цены сырья будут постепенно выравниваться до более обычных 20-30%. ПАО «Транснефть» увеличило нефтеперевалочные возможности в порту Козьмино до 42 млн тонн. ПАО «НК «Роснефть» подтвердило планы на перевозку 30 млн тонн нефти по нефтепроводу Сковородино-Мохэ в 2023 году.

В газовой отрасли предполагается расширение поставок трубопроводного газа в восточном направлении. Россия занимает второе место по объемам экспорта тру-

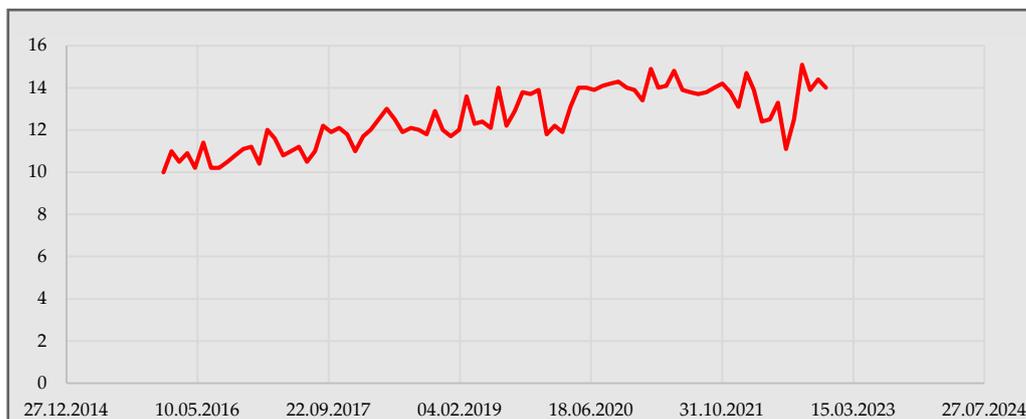


Рис. 3. Среднемесячная переработка сырой нефти на НПЗ в Китае в млн барр./сут.
 Источник: Главное таможенное управление Китая, Bloomberg, EIA

бoportовного газа и четвертое место по отправке сжиженного природного газа в Китай. В 2022 году поставки нефти в Индию возросли в 19 раз по сравнению с 2021 годом, достигнув 41 млн тонн. Экспорт нефтепродуктов в Индию в том же году увеличился до 6.2 млн тонн (в 2021 году - 3.1 млн тонн). Экспорт трубопроводного газа в Китай возрос на 50%, составив в годовом исчислении 15.4 млрд м³, а в 2023 г. возрастет до 22 млрд м³, или на 43%. Экспорт сжиженного природного газа из России в Китай в 2022 году составил 6 млн тонн (+35.2% к 2021 году). Работы по газоснабжающему проекту «Союз Восток», который будет проходить через Монголию и станет продолжением российского газопровода «Сила Сибири - 2», активно продолжаются. Этот проект дополнительно предоставит 50 млрд м³ газа в год. Между «Силой Сибири» и газопроводом Сахалин – Хабаровск – Владивосток будет устроена связующая ветка. Было подписано межправительственное соглашение с Китаем о прокладке дальневосточного маршрута для поставок газа (+10 млрд куб. м в год к 2025 году). Улучшение газотранспортной инфраструктуры обеспечит экспорт трубопроводного газа на восток в объеме до 100 млрд куб. м. Новые заводы по производству сжиженного природного газа на Ямале к 2030 году обеспечат уровень производства СПГ до 100 млн тонн. Общий объем газового экспорта на восток к 2030 году увеличится до 170 млрд м³, что более чем в 5 раз превышает показатели с 2021 года.

Прорывные цифровые технологии

Цель научно-технической революции в нефтегазовом секторе – это создание экологически-чистого, безлюдного производства углеводородов и производных продуктов в каждом нефтегазоносном регионе с максимальной безаварийной фондоотдачей и доставки продукции с высокой добавленной стоимостью потребителю в нужном объеме и требуемого качества без потерь в любую точку мира.

Из инновационных технологий, которые оказывают ключевое влияние на нефтегазовую отрасль следует выделить следующие: экологизацию, бионизацию, мультисенсоризацию, суперкомпьютеризацию, гридизацию, петророботизацию, мини- и нанотюрризацию, экосистематизацию, цифровизацию и интеллектуализацию.

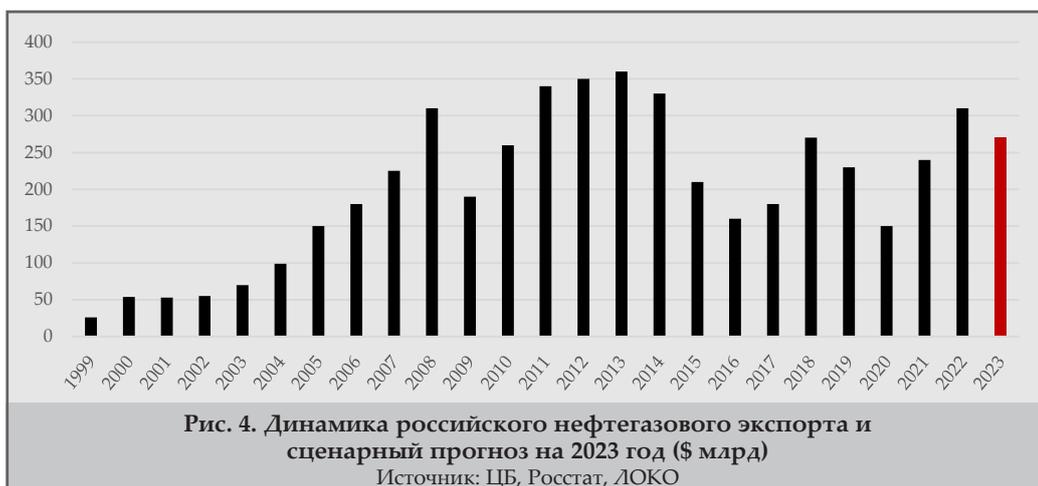
В последние годы интенсивно развиваются прорывные цифровые технологии, генерирующие большие и высокочастотные геоданные (рис. 5):

- в области разведки во время разработки – цифро-

вые активы с постоянным ростом стоимости (5a); фазированные опто-волоконные системы мониторинга освоения и разработки (5b); 4С скважинный микросейсмический мониторинг (5c);

- в области разработки – умное и нанозаводнение (5d и 5e);
- в области бурения – интеллектуальная система предупреждения осложнений и аварий при строительстве скважин (5f); роботизированная буровая система (5g) и системы бурения без буровой установки (5h);
- в области добычи – цифровая, бионическая и супер-скважины (5i-5k);
- в области ESG или охраны окружающей среды – экологичное плазменно-импульсное воздействие или микротрещинный ГПП (5l), цифровой оператор (5m), экологичный бесконтактный мониторинг ферросплавных трубопроводов и оборудования, и цифровая экосистема компании (5o).

Одной из критически важных задач и приоритетов развития России, определенных Указом Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах Российской Федерации на период до 2024 года», является гарантирование быстрого применения цифровых технологий в экономике. Значительное ускорение внедрения цифровых технологий в нефтегазовой экономике достигается в среде так называемых цифровых нефтегазовых экосистем (рис. 1). В природе, экосистема представляет собой жизненное пространство сообщества организмов, взаимосвязанных через обмен материалами и энергией. В контексте нефтегазового сектора, цифровая экосистема является пространственно-временной структурой экономических связей между поставщиками и пользователями услуг/товаров в нефтегазовой области. Эта система использует конкурентное ценообразование на единой цифровой платформе и обрабатывает большие объемы геоданных в режиме реального времени. Цифровая трансформация в нефтегазовом секторе включает в себя использование мультисенсорных технологий, создание цифровых двойников объектов, инновационные подходы в области цифрового оператора и супервизора, а также развитие центров для сбора и обработки больших объемов геоданных; гридинг - системы передачи больших геоданных; приграничный компьютеринг на сенсорах и датчиках; нефтегазовый интернет вещей и суперскважины (бионические скважины). Цифровая



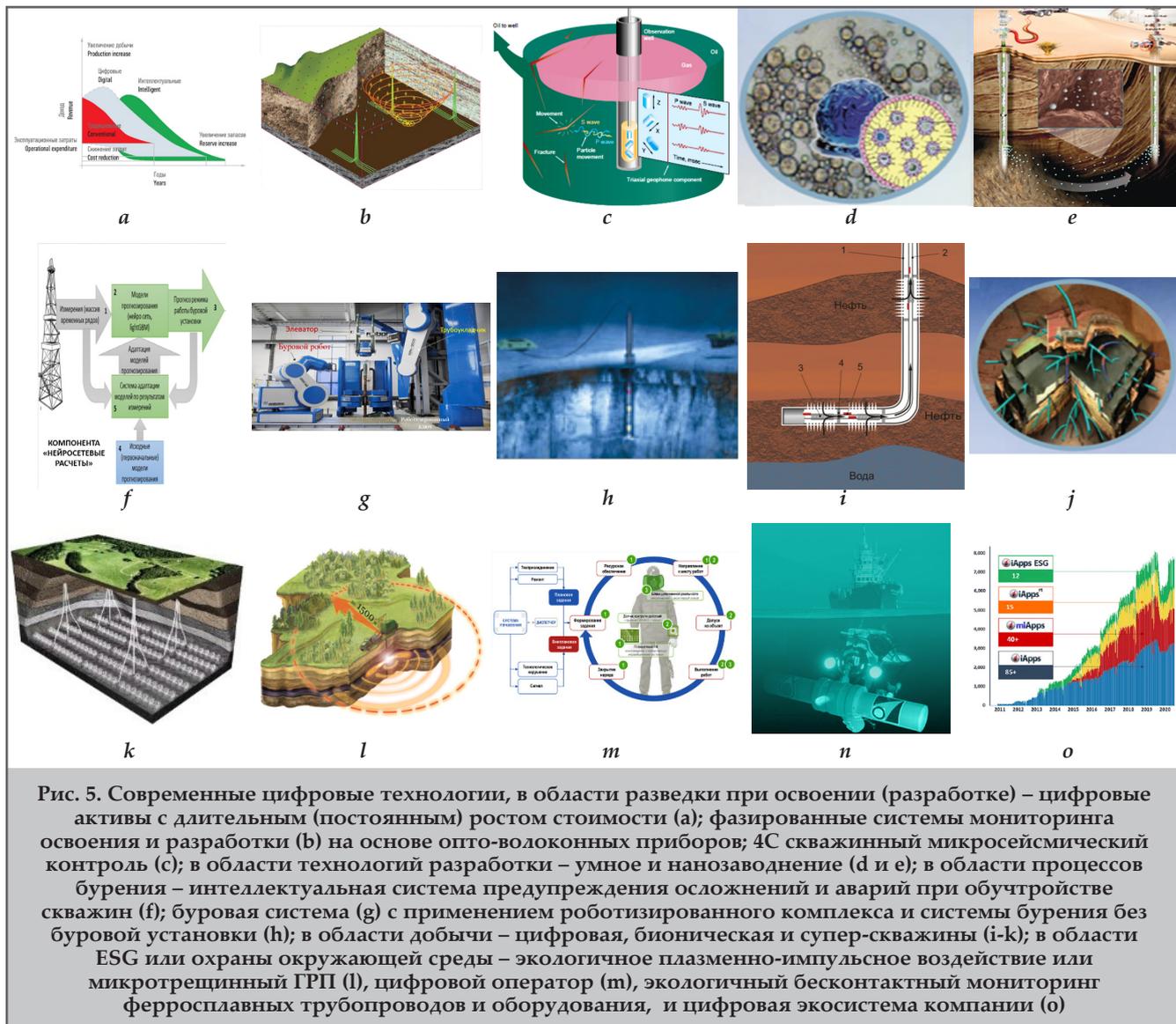


Рис. 5. Современные цифровые технологии, в области разведки при освоении (разработке) – цифровые активы с длительным (постоянным) ростом стоимости (а); фазированные системы мониторинга освоения и разработки (b) на основе опто-волоконных приборов; 4С скважинный микросейсмический контроль (с); в области технологий разработки – умное и нанозаводнение (d и e); в области процессов бурения – интеллектуальная система предупреждения осложнений и аварий при обустройстве скважин (f); буровая система (g) с применением роботизированного комплекса и системы бурения без буровой установки (h); в области добычи – цифровая, бionicкая и супер-скважины (i-k); в области ESG или охраны окружающей среды – экологичное плазменно-импульсное воздействие или микротресцинный ГРП (l), цифровой оператор (m), экологичный бесконтактный мониторинг ферросплавных трубопроводов и оборудования, и цифровая экосистема компании (o)

трансформация в этом секторе охватывает все: от сбора геологических данных до производства, транспортировки и хранения продукции. Это включает использование мультисенсорных измерений, систем передачи данных, центров обработки больших данных, создание цифровых двойников, облачных технологий и много другого.

Важной частью этого процесса является развитие и внедрение новых инновационных технологий, включая искусственный интеллект и оптоволоконные сенсоры. Это позволяет собирать, передавать, хранить и обрабатывать огромные объемы данных, что в свою очередь помогает улучшить эффективность производства и повысить конкурентоспособность на волатильных внутренних и внешних рынках.

Цифровая трансформация также открывает новые возможности для научных исследований. В таблице, которую вы упоминаете, можно было бы представить ключевые направления этих исследований и потенциальные организации или группы, которые могут их выполнить.

Однако, важно отметить, что цифровая трансформация также представляет ряд вызовов, включая вопросы безопасности и конфиденциальности данных, требования к инфраструктуре и обучению персонала, а также необходимость обеспечения надежности и устойчивости новых систем и технологий.

В таблице приведены основные направления научных исследований и потенциальные исполнители работ.

Риски применения искусственного интеллекта

Разработка и внедрение систем ИИ, особенно в сложные и потенциально опасные области, такие как нефтегазовая отрасль, действительно представляет собой значительные вызовы и неопределенности.

Во-первых, аварийные и нестандартные ситуации часто требуют гибкого и адаптивного подхода, который может быть трудно достичь с использованием текущих систем ИИ. Это может быть связано с отсутствием ясных границ взаимодействия между ИИ и человеческим оператором, особенно при необходимости быстрого и точного решения проблем.

Во-вторых, разработка и внедрение надежных и точных цифровых моделей, которые могут использоваться в системах управления ИИ, является сложной задачей. Это требует глубоких исследований и знаний о работе сложных технических систем, а также алгоритмов анализа и решения задач.

Наконец, существует проблема перехода от человеческого управления к управлению с помощью ИИ. Этот процесс может быть сложным и требовать значительного

Основные научные исследования и исполнители			Таблица
Направления научных исследований	Результаты научных исследований	Потенциальные исполнители	
Цифровая модернизация	Цифровые нефтегазовые технологии	Институты ФАНО (России); РАН (ВТК, вузы); Центры компетенций по приоритетным направлениям; Исследовательские центры и лаборатории; Центры коллективного пользования, региональные инжиниринговые консорциумы; Центры трансфера технологий (от ниоикр до внедрения результатов в производство)	
технологическая модернизация	Инновационные нефтегазовые технологии		
Разработка моделей искусственного интеллекта (цифровых двойников)	Технологии искусственных нейронных сетей (ИНС) и машинное обучение		
Разработка алгоритмов управления в режиме реального времени (РРВ)	Программно-аппаратные комплексы оперативно-технологического и диспетчерского управления, реализация систем поддержки принятия диспетчерских решений (СППРД)		
Разработка систем хранения и обработки больших баз технологических и геоданных (Big data, big geo data)	Системы диспетчерского управления, сбора, хранения и обработки большого объема технологических и геоданных		
Обучение новым цифровым специальностям	Цифровой нефтегазовый университет		

времени и ресурсов, особенно учитывая, что многие функции, которые сегодня выполняет человек, такие как анализ и принятие решений, должны быть переданы на ИИ.

Это требует не только разработки новых технологий, но и создания надлежащих структур и процессов управления, а также обучения персонала работе с новыми системами. Кроме того, важно учесть вопросы этики и ответственности, особенно когда речь идет о внедрении ИИ в критически важные и потенциально опасные системы.

Дефицит энергоресурсов напрямую связан с ростом цен на энергоносители, дефицитом торгового баланса, сокращением инвестиций и рабочих мест, риском глобального кризиса, ростом цен, сокращением производства удобрений, снижения урожайности и риском голода (рис. 6).

Имеются также набор ограничений и рисков, которые не являющиеся критическими, но требуют при этом проведения различных организационных мероприятий в масштабах страны и отрасли. Ограничения определяются следующими направлениями:

Во-первых, по мере расширения использования ИИ возникает растущий спрос на квалифицированных специалистов, способных разрабатывать, внедрять и поддерживать такие системы. Ответ на эту проблему может заключаться в обучении и переобучении существующих специалистов, создании специализированных программ

обучения и курсов в университетах, а также в поддержке исследовательских проектов в этой области.

Второе ограничение касается санкций и ограничений на импорт технологий и оборудования. Это может потребовать стратегии самообеспечения и развития отечественной промышленности, которая может производить необходимые технологии и оборудование. Возможно, потребуется создание собственных научно-исследовательских и производственных мощностей, а также налаживание отечественного производства критически важного оборудования и технологий.

Третье ограничение связано со сложностью управления сложными производственными процессами и возможным снижением уровня добычи в результате технических или организационных сложностей. Решение этой проблемы может включать проведение экспериментов и исследований для апробации новых технологий и процессов, а также для увеличения нашего понимания и умения управлять такими сложными системами.

Важно отметить, что эти вопросы могут требовать существенных инвестиций и долгосрочных усилий со стороны государства и отрасли. Это может включать формирование поддерживающей нормативно-правовой базы, создание условий для научно-технического прогресса и обучения специалистов, а также обеспечение стимулов для развития отечественной промышленности и инноваций.



Рис. 6. Риски дефицита энергоресурсов
Источник: Rystad Energy, JP Morgan, МЭА

Выводы

- Специальное налоговое законодательство: Одним из способов стимулирования инноваций может быть принятие налогового законодательства, которое облегчает инвестиции в инновационные проекты и предприятия. Это может включать налоговые льготы для компаний, занимающихся исследованиями и разработками в области ИИ и цифровой трансформации, а также для тех, кто инвестирует в такие проекты.
- Индикаторы цифровой трансформации: Важно также разработать и внедрить систему метрик или индикаторов, которые могут оценивать прогресс в области цифровой трансформации. Это поможет отслеживать эффективность различных инициатив и вносить коррективы в стратегию по мере необходимости.
- Внедрение передовых технологий: Переход на цифровые и интеллектуальные скважины и месторождения является важным шагом в обеспечении эффективности и устойчивости отрасли в долгосрочной перспективе. Это включает в себя использование технологий волоконной оптики, ИИ и блокчейна для сбора, обработки и анализа данных, а также для поддержки принятия решений.
- Снижение затрат и увеличение эффективности: Центральной целью цифровой трансформации и внедрения ИИ является улучшение эффективности и снижение затрат в отрасли. Это может включать сокращение простоев, увеличение извлекаемых запасов и снижение операционных затрат.
- Для достижения этих целей важно учесть множество факторов, включая налаживание сотрудничества между академическими, промышленными и государственными организациями; разработку поддерживающего регулятивного и налогового окружения; и обучение специалистов, способных работать с новыми технологиями и подходами.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания (тема «Фундаментальный базис энергоэффективных, ресурсосберегающих и экологически безопасных, инновационных и цифровых технологий поиска, разведки и разработки нефтяных и газовых месторождений, исследование, добыча и освоение традиционных и нетрадиционных запасов и ресурсов нефти и газа; разработка рекомендаций по реализации продукции нефтегазового комплекса в условиях энергоперехода и политики ЕС по декарбонизации энергетики (фундаментальные, поисковые, прикладные, экономические и междисциплинарные исследования)», номер гос. Рег. № НИОКТР в РОСРИД 122022800270-0.

Литература

1. Sanabria-Z, J., Castillo-Martínez, I. M., González-Pérez, L. I., Ramírez-Montoya, M. S. (2023). Complex thinking through a Transition Design-guided Ideathon: testing an AI platform on the topic of sharing economy. *Frontiers in Education*, 8, 118673.
2. Karnauhov, A., Kozhubaev, Yu., Ilin, A., Ivanov, V. (2023). Controlling of the digital transformation oil and gas industry. *E3S Web Conferences*, 431, 05031.
3. Дмитриевский, А. Н., Еремин, Н. А., Столяров, В. Е., Черников, А. Д. (2023). Развитие цифровой газовой экосистемы на основе комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла. *Известия ТГУ. Науки о Земле*, 1, 173-189.
4. Malozyomov, B. V., Martyushev, N. V., Kukartsev, V. V., et al. (2023). Overview of methods for enhanced oil recovery from conventional and unconventional reservoirs. *Energies*, 16(13), 4907.
5. Yang, H., Li, Z., Zhang, M., et al. (2023). A novel active amphiphilic polymer for enhancing heavy oil recovery: Synthesis, characterization and mechanism. *Journal of Molecular Liquids*, 391(A), 123210.
6. Vishnyakov, V. V., Suleimanov, B. A., Salmanov, A. V., Zeynalov, E. B. (2019). Primer on enhanced oil recovery. *Gulf Professional Publishing*.
7. Suleimanov, B. A., Veliyev, E. F., Vishnyakov, V. V. (2022). Nanocolloids for petroleum engineering: Fundamentals and practices. *John Wiley & Sons*.
8. Сулейманов, Б. А. (2022). Теория и практика увеличения нефтеотдачи пластов. *Москва-Ижевск: ИКИ*.
9. Suleimanov, B. A., Veliyev, E. F., Naghiyeva, N. V. (2020). Preformed particle gels for enhanced oil recovery. *International Journal of Modern Physics B*, 34(28), 2050260.
10. Suleimanov, B. A., Veliyev, E. F. (2017). Novel polymeric nanogel as diversion agent for enhanced oil recovery. *Petroleum Science and Technology*, 35(4), 319-326.
11. Suleimanov, B. A., Rzayeva, S. C., Akhmedova, U. T. (2021). Self-gasified biosystems for enhanced oil recovery. *International Journal of Modern Physics B*, 35(27), 2150274.
12. Suleimanov, B. A., Latifov, Y. A., Veliyev, E. F., Harry Frampton. (2018). Comparative analysis of the EOR mechanisms by using low salinity and low hardness alkaline water. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 162, 35-43.
13. Лятифов, Я. А. (2021). Нестационарное воздействие термоактивной полимерной композицией для глубокого выравнивания профиля фильтрации. *Scientific Petroleum*, 1, 25-30.
14. Велиев, Э. Ф. (2021). Применение смягченной воды для улучшения эффективности мицеллярного заводнения. *Scientific Petroleum*, 2, 52-56.
15. Sidorov, D. (2023). Preface to «Model predictive control and optimization for cyber-physical systems». *Mathematics*, 11(4), 1004.

16. Еремин, Н. А. (2023). Эволюция цифровой нефтегазовой экосистемы от суперкомпьютинга к метакомпьютингу. *Известия ТГУ. Науки о Земле*, 1, 190-201.
17. Waqar, A., Othman, I., Shafiq, N., Mansoor, M. S. (2023). Applications of AI in oil and gas projects towards sustainable development: a systematic literature review. *Artificial Intelligence Review*, 56(11), 12771–12798.
18. Дмитриевский, А. Н., Еремин, Н. А., Сафарова, Е. А., Столяров, В. Е. (2022). Внедрение комплексных научно-технических программ на поздних стадиях эксплуатации нефтегазовых месторождений. *SOCAR Proceedings*, SI2, 1-8.
19. Denisova, N. S., Zainullina, V. R., Kaipov, A. A., et al. (2023). Development of intelligent well management systems based on neural network algorithms. *Management of Education*, 3(61), 247–57.
20. Дмитриевский, А. Н., Еремин, Н. А., Столяров, В. Е. (2021). Актуальные вопросы и индикаторы цифровой трансформации нефтегазодобычи на заключительной стадии эксплуатации месторождений. *SOCAR Proceedings*, SI2, 1-13.
21. Li, J., Guo, Y., Fu, Z., et al. (2023). An intelligent energy management information system with machine learning algorithms in oil and gas industry. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 3385453.
22. Еремин, Н. А., Столяров, В. Е. (2020). О цифровизации процессов газодобычи на поздних стадиях разработки. *SOCAR Proceedings*, 1, 59-69.
23. Li, H., Tan, Q., Deng, J., et al. (2023). A comprehensive prediction method for pore pressure in abnormally high-pressure blocks based on machine learning. *Processes*, 11(9), 2603.
24. Дмитриевский, А. Н., Еремин, Н. А., Сафарова, Е. А. и др. (2020). Качественный анализ геоданных временного ряда для предупреждения осложнений и аварийных ситуаций при бурении нефтяных и газовых скважин. *SOCAR Proceedings*, 3, 31-37.
25. Abdelaal, A., Elkhatny, S., Abdulaheem, A. (2021). Data-driven modeling approach for pore pressure gradient prediction while drilling from drilling parameters. *ACS Omega*, 6(21), 13807–13816.

References

1. Sanabria-Z, J., Castillo-Martínez, I. M., González-Pérez, L. I., Ramírez-Montoya, M. S. (2023). Complex thinking through a Transition Design-guided Ideathon: testing an AI platform on the topic of sharing economy. *Frontiers in Education*, 8, 118673.
2. Karnauhov, A., Kozhubaev, Yu., Ilin, A., Ivanov, V. (2023). Controlling of the digital transformation oil and gas industry. *E3S Web Conferences*, 431, 05031.
3. Dmitrievsky, A. N., Eremin, N. A., Stolyarov, V. E., Chernikov, A. D. (2023). Development of a digital gas ecosystem based on a comprehensive scientific and technical program of a full innovation cycle. *News of Tula State University. Geosciences*, 1, 173-189.
4. Malozymov, B. V., Martyushev, N. V., Kukartsev, V. V., et al. (2023). Overview of methods for enhanced oil recovery from conventional and unconventional reservoirs. *Energies*, 16(13), 4907.
5. Yang, H., Li, Z., Zhang, M., et al. (2023). A novel active amphiphilic polymer for enhancing heavy oil recovery: Synthesis, characterization and mechanism. *Journal of Molecular Liquids*, 391(A), 123210.
6. Vishnyakov, V. V., Suleimanov, B. A., Salmanov, A. V., Zeynalov, E. B. (2019). Primer on enhanced oil recovery. *Gulf Professional Publishing*.
7. Suleimanov, B. A., Veliyev, E. F., Vishnyakov, V. V. (2022). Nanocolloids for petroleum engineering: Fundamentals and practices. *John Wiley & Sons*.
8. Suleimanov, B. A. (2022). Theory and practice of enhanced oil recovery. *Moscow-Izhevsk: ICS*.
9. Suleimanov, B. A., Veliyev, E. F., Naghiyeva, N. V. (2020). Preformed particle gels for enhanced oil recovery. *International Journal of Modern Physics B*, 34(28), 2050260.
10. Suleimanov, B. A., Veliyev, E. F. (2017). Novel polymeric nanogel as diversion agent for enhanced oil recovery. *Petroleum Science and Technology*, 35(4), 319-326.
11. Suleimanov, B. A., Rzayeva, S. C., Akhmedova, U. T. (2021). Self-gasified biosystems for enhanced oil recovery. *International Journal of Modern Physics B*, 35(27), 2150274.
12. Suleimanov, B. A., Latifov, Y. A., Veliyev, E. F., Harry Frampton. (2018). Comparative analysis of the EOR mechanisms by using low salinity and low hardness alkaline water. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 162, 35-43.
13. Latifov, Y. A. (2021). Non-stationary effect of thermoactive polymer composition for deep leveling of filtration profile. *Scientific Petroleum*, 1, 25-300.
14. Veliyev, E. F. (2021). Softened water application to improve micellar flooding performance. *Scientific Petroleum*, 2, 52-56.
15. Sidorov, D. (2023). Preface to «Model predictive control and optimization for cyber-physical systems». *Mathematics*, 11(4), 1004.
16. Eremin, N. A. (2023). Evolution of the digital oil and gas ecosystem from supercomputing to metacomputing. *News of Tula State University. Geosciences*, 1, 190-201.
17. Waqar, A., Othman, I., Shafiq, N., Mansoor, M. S. (2023). Applications of AI in oil and gas projects towards sustainable development: a systematic literature review. *Artificial Intelligence Review*, 56(11), 12771–12798.
18. Dmitrievsky, A. N., Eremin, N. A., Safarova, E. A., Stolyarov, V. E. (2022). Implementation of complex scientific and technical programs at the late stages of operation of oil and gas fields. *SOCAR Proceedings*, SI2, 1-8.

19. Denisova, N. S., Zainullina, V. R., Kaipov, A. A., et al. (2023). Development of intelligent well management systems based on neural network algorithms. *Management of Education*, 3(61), 247–57.
20. Dmitrievsky, A. N., Eremin, N. A., Stolyarov, V. E. (2021). Current issues and indicators of digital transformation of oil and gas production at the final stage of field operation. *SOCAR Proceedings*, SI2, 1-13.
21. Li, J., Guo, Y., Fu, Z., et al. (2023). An intelligent energy management information system with machine learning algorithms in oil and gas industry. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 3385453.
22. Eremin, N. A., Stolyarov, V. E. (2020). On the digitalization of gas production in the late stages of field development. *SOCAR Proceedings*, 1, 59-69.
23. Li, H., Tan, Q., Deng, J., et al. (2023). A comprehensive prediction method for pore pressure in abnormally high-pressure blocks based on machine learning. *Processes*, 11(9), 2603.
24. Dmitrievsky, A. N., Eremin, N. A., Safarova, Ye. A., et al. (2020). Qualitative analysis of time series geodata to prevent complications and emergencies during drilling of oil and gas wells. *SOCAR Proceedings*, 3, 31-37.
25. Abdelaal, A., Elkhatny, S., Abdurraheem, A. (2021). Data-driven modeling approach for pore pressure gradient prediction while drilling from drilling parameters. *ACS Omega*, 6(21), 13807–13816.

Цифровизация нефтегазового производства: проблемы, вызовы и риски

А. Н. Дмитриевский, Н. А. Еремин, В. Е. Столяров, А. Д. Черников
Институт проблем нефти и газа Российской академии наук, Москва, Россия

Реферат

В статье рассмотрены проблемы, вызовы и риски цифровизации нефтегазового производства. Современные вызовы в нефтегазовой экономике требуют высокотехнологичных ответов в виде интенсификации внедрения инновационных нефтегазовых технологий, строительства цифровых скважин и месторождений, крупномасштабной оптикализации сбора и передачи больших геоданных, а также роботизации рутинных нефтегазовых операций. Учитывая преимущества технологий, настоятельно рекомендуется реализовать проект цифровизации нефтегазовых скважин с использованием волоконно-оптических технологий. Это позволит создать интеллектуальные скважины и месторождения, что, при ограниченных финансовых ресурсах, обеспечит увеличение извлекаемых запасов газонефтедобычи на не менее чем 10% в процессе эксплуатации, сократит время простоя скважин на примерно 50% от исходного уровня и позволит снизить операционные затраты на 10-25%.

Ключевые слова: автоматизация; добыча; моделирование; регулирование; трансформация; инновации; интеллектуальная технология; цифровая экономика; цифровая платформа.

Neft və qaz istehsalının rəqəmsallaşdırılması: problemlər, çağırışlar və risklər

A. N. Dmitriyevskiy, N. A. Yeremin, V. E. Stolyarov, A. D. Çernikov
Rusiya Elmlər Akademiyasının Neft və Qaz Problemləri İnstitutu, Moskva, Rusiya

Xülasə

Məqalədə neft və qaz istehsalının rəqəmsallaşdırılması problemləri, çağırışları və riskləri müzakirə olunur. Neft-qaz iqtisadiyyatındakı müasir çağırışlar innovativ neft-qaz texnologiyalarının tətbiqinin intensivləşdirilməsi, rəqəmsal quyuların və yataqların inşası, böyük geoməlumatların toplanması və ötürülməsinin geniş miqyaslı optikləşdirilməsi, habelə rutin neft-qaz əməliyyatlarının robotlaşdırılması ilə yüksək texnoloji cavablar tələb edir. Texnologiyanın üstünlüklərini nəzərə alaraq, fiber-optik texnologiyaların istifadəsi ilə neft və qaz quyularının rəqəmsallaşdırılması layihəsinin həyata keçirilməsi tövsiyə olunur. Bu texnologiya, məhdud maliyyə mənbələri ilə istismar zamanı bərpa olunan qaz və neft hasilatı ehtiyatlarının ən azı 10% artmasını təmin etməyə, quyuların dayanma müddətini ilkin səviyyədən təxminən 50% azaltmağa və əməliyyat xərclərini 10-25% azaldmağa imkan verən ağıllı quyular və yataqlar yaradacaqdır.

Açar sözlər: avtomatlaşdırma; hasilat; modelləşdirmə; tənzimləmə; transformasiya; innovasiya; intellektual texnologiya; rəqəmsal iqtisadiyyat; rəqəmsal platforma.