



УДК 338.012

DOI: 10.24412/2312-6647-2026-147-123-143

ТРАНСФОРМАЦИЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ МИРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

Яна Алексеевна Лопаткова

Уральский федеральный университет
им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,
Екатеринбург, Россия,
iana.lopatkova@urfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2465-6472>

Алеся Леонидовна Новичкова

ООО «Газпром трансгаз Югорск»,
Югорск, Россия,
alesya.e13@mail.ru

Аннотация. Цифровая трансформация становится одним из ключевых факторов развития нефтегазовой отрасли в условиях глобальной экономической нестабильности, технологической конкуренции и климатической повестки. Возрастающая роль научных исследований и опытно-конструкторских разработок (НИОКР) и цифровых технологий требует комплексной оценки их влияния на производственные и институциональные характеристики отрасли. Недостаточная изученность данных процессов на макроуровне и внутри компаний делает исследование особенно актуальным. Целью статьи является оценка трансформации и эффективности нефтегазовой отрасли в условиях цифровизации. В работе применяется смешанный подход: эконометрическое моделирование, основанное на данных 36 стран за период 2008–2021 гг. и осуществленное с использованием цифровых и институциональных индикаторов, а также кейс-анализ Газпрома, в рамках которого проанализированы внедряемые цифровые технологии, рассчитан индекс цифровой зрелости и проведен экспертный опрос. На основании эконометрического тестирования авторами выявлено, что цифровизация оказывает положительное влияние на рост добычи нефти и газа. Кейс-анализ показывает возрастающую цифровую зрелость крупнейшей нефтегазовой компании, характеризующуюся активным внедрением цифровых двойников для разведки, систем прогнозного технического обслуживания и мониторинга трубопроводов с помощью

интернета вещей, что, в свою очередь, способствует получению операционных преимуществ. Результаты статьи подтверждают, что цифровизация оказывает значительное влияние на трансформацию нефтегазовой отрасли и ее производственную эффективность как на макроуровне, так и на уровне компаний.

Ключевые слова: цифровизация, нефть и газ, панельный анализ, ESG, мировая экономика, цифровая зрелость, эффективность производства, устойчивое развитие.

UDC 338.012

DOI: 10.24412/2312-6647-2026-147-123-143

TRANSFORMATION OF THE OIL AND GAS INDUSTRY IN THE CONTEXT OF THE DIGITALIZATION OF THE GLOBAL ECONOMY

Yana Alekseevna Lopatkova

Ural Federal University

named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,

Ekaterinburg, Russia,

iana.lopatkova@urfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2465-6472>

Alesya Leonidovna Novichkova

Gazprom Transgaz Yugorsk LLC,

Yugorsk, Russia,

alesya.e13@mail.ru

Abstract. Digital transformation is emerging as a key factor in the development of the oil and gas industry amid global economic instability, technological competition, and climate change agendas. The increasing importance of R&D and digital technologies necessitates a comprehensive assessment of their impact on the industry's production and institutional characteristics. The limited research on these processes at the macroeconomic level and within corporate entities renders this study particularly relevant. The objective of this research is to evaluate the transformation and efficiency of the oil and gas sector in the context of digitalization. The study employs a mixed-methods approach, including econometric modeling based on data from 36 countries over the period 2008–2021, utilizing digital and institutional indicators, as well as a case study of PJSC Gazprom. The case analysis examines the implementation of digital technologies, calculates a digital maturity index, and incorporates expert surveys. Econometric testing conducted by the authors indicates that digitalization has a positive effect on oil and gas production growth. The case study demonstrates an increasing digital maturity of the largest oil and gas company, characterized by active deployment of digital twins for exploration, predictive maintenance systems, and pipeline monitoring via Internet of Things (IoT), which in turn contributes to operational advantages. The findings confirm that digitalization significantly influences the transformation of the oil and gas industry, enhancing its operational efficiency both at the macroeconomic level and within individual companies.

Keywords: digitalization, oil and gas, panel data analysis, ESG, world economy, digital maturity, production efficiency, sustainable development.

Введение

Нефтегазовая отрасль является важной частью мировой экономики. Она обеспечивает большое количество энергетических ресурсов и оказывает значительное влияние на экономический рост стран. Индустрия остается основным источником энергии для промышленности, транспорта и бытового сектора в большинстве стран мира. На ее долю приходится более 50 % мирового потребления энергии. Нефтегазовый рынок — стратегически важная отрасль, которая формирует мировую торговлю, влияет на геополитическую стабильность и вносит значительный вклад в бюджет стран-экспортеров. Однако на пути его развития существует ряд препятствий, особенно с учетом текущих экологических и технологических изменений.

Внедрение цифровых решений в нефтегазовом секторе обусловлено необходимостью адаптироваться к меняющимся условиям: колебаниям мировых цен, повышенным требованиям к ESG (экологическим, социальным и управленческим показателям), переходу к низкоуглеродной экономике, — а также стремлением компаний повысить эффективность производства, логистики и переработки. Таким образом, нефтегазовые компании вынуждены модифицировать процессы, внедрять инновационные технологии и повышать операционную эффективность. В связи с этим изучение трансформации нефтегазовой отрасли в контексте цифровизации мировой экономики становится особенно актуальным, поскольку позволяет оценить влияние цифровых технологий на макроэкономическом уровне и на примерах отдельных компаний.

Как российские, так и зарубежные ученые активно исследуют тему цифровизации нефтегазовой отрасли. Наиболее важными зарубежными работами являются: отчет Всемирного экономического форума за 2017 г., в котором оценивается влияние цифровой трансформации на бизнес-модели компаний и повышение их эффективности¹; статья К. Хауэл и А. Немеслаки, анализирующая стратегии цифровизации нефтегазовых компаний [1]. Особенности цифровизации нефтегазовой отрасли в России изучаются в работе В. В. Юрак, И. Г. Полянской и А. Н. Малышева, которые проводят оценку уровня цифровизации на примере крупных компаний, таких как Газпром, «Роснефть» и «Лукойл» [2]. Ю. Данеева, А. Глебова, Е. Звонова и О. Данеев рассматривают цифровизацию как инструмент энергетического перехода [3]. Однако, несмотря на значительный объем исследований, масштабы объединения цифровых технологий с традиционной энергетической инфраструктурой в быстро развивающейся глобальной экономике остаются малоизученными.

¹ Our shared digital future: responsible digital transformation — board briefing // World Economic Forum. 2017. URL: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Responsible_Digital_Transformation.pdf (дата обращения: 23.01.2025).

Цифровизация становится важнейшим компонентом развития отрасли в свете трансформации глобального энергетического сектора и растущей технологической конкуренции, что способствует снижению затрат, повышению производительности и прогрессу в области достижения целей устойчивого развития. В то же время важно учитывать, что масштабы и эффективность цифровой трансформации в разных странах сильно различаются, как и уровень институциональной зрелости и корпоративной стратегии.

Целью данной работы является анализ трансформации нефтегазовой отрасли в контексте цифровизации мировой экономики. Для достижения этой цели авторы:

- изучили современные тенденции развития мировой нефтегазовой отрасли, а также теоретические и методологические основы цифровизации и ее влияние на нефтегазовую отрасль;
- разработали дизайн исследования и провели оценку влияния цифровизации на макроэкономические показатели;
- рассмотрели кейс цифровой трансформации на примере Газпрома, расширив его экспертными оценками;
- сформулировали и разработали рекомендации по дальнейшему внедрению цифровых технологий в нефтегазовой отрасли.

Сущность нефтегазовой отрасли в современной мировой экономике

Одним из основных факторов, определяющих структуру и эволюцию мировой экономики, является нефтегазовый сектор. С начала систематической добычи нефти в XIX в. отрасль превратилась из простой добычи в сложную цепочку создания стоимости, включающую разведку, добычу, переработку, транспортировку и розничную торговлю². На мировые цены и стратегии поставок существенное влияние оказал стратегический сдвиг рыночной власти от стран-потребителей к странам-производителям, о котором стало известно с образованием ОПЕК в 1960-х гг.

Современная цепочка создания стоимости охватывает три ключевых блока: 1) разведку, освоение месторождений и добычу нефти и газа; 2) транспортировку, переработку, хранение и распределение; 3) производство, переработку в нефтехимическую продукцию, оптовую и розничную реализацию [4]. Процесс начинается с разведки, в ходе которой компании выявляют и оценивают геологические формации с помощью передовых геофизических инструментов, таких как сейсмическая визуализация. В случае обнаружения рентабельных

² *Chen J.* Exploration & Production (E&P): role in oil and gas industry // Investopedia. 2022. August 23. URL: <https://www.investopedia.com/terms/e/exploration-production-company.asp> (дата обращения: 10.01.2025).

запасов компании приступают к разработке месторождения с использованием традиционного бурения или технологий повышения нефтеотдачи, таких как гидроразрыв пласта. Добытые углеводороды затем перерабатываются, разделяются на производные продукты, такие как бензин, дизельное топливо и нефтехимические продукты, и транспортируются конечным потребителям по трубопроводам, железным дорогам или танкерами. Таким образом, основная цель цепочки заключается в том, чтобы превратить сырую нефть и газ в готовую продукцию через последовательные стадии добычи, транспортировки, переработки и сбыта.

Нефтегазовая отрасль, особенно в странах с большими запасами нефти и газа, вносит существенный вклад в валовой внутренний продукт (ВВП), занятость и торговый баланс. Данные по мировой энергетике показывают, что с начала 1900-х гг. добыча нефти и газа неуклонно росла [5], причем заметные скачки роста происходили одновременно с промышленным и экономическим ростом.

Несмотря на рост использования возобновляемых источников энергии, углеводороды по-прежнему занимают доминирующее положение, составляя около 80 % мирового потребления энергии. Согласно прогнозам, применение углеводородов будет оставаться значительным по крайней мере до 2045 г., особенно в таких быстро индустриализирующихся и урбанизирующихся экономиках, как Китай и Индия³.

Тем не менее отрасль находится под пристальным вниманием с точки зрения ее воздействия на окружающую среду. Предприятия вынуждены переориентироваться на устойчивое развитие, инвестируя в улавливание углерода, производство чистого водорода и внедрение возобновляемых источников энергии в связи с климатическими целями и нормативными требованиями к выбросам углерода [6]. Для оценки компаний все чаще используются рамки ESG, и предприятия с надежными планами по декарбонизации имеют больше шансов привлечь инвестиции и завоевать доверие общественности. Мировые лидеры нефтегазового сектора, в том числе Saudi Aramco, Sinopec, PetroChina, ExxonMobil, Газпром, Shell и TotalEnergies, активно трансформируются, вкладывая значительные средства в цифровые технологии, инициативы в области экологически чистой энергетики и планы диверсификации. Например, Aramco разрабатывает экологически чистый водород, а Shell и TotalEnergies финансируют расширение ветроэнергетики и исследования в области декарбонизации⁴. Китайские гиганты, такие как Sinopec и PetroChina, сосредоточены

³ Перспективы нефтегазовой отрасли в реалиях энергетического перехода // Фонд Росконгресс. 2024. URL: <https://roscongress.org/materials/perspektivy-neftegazovoy-industrii-v-realiyakh-energeticheskogo-perekhoda/> (дата обращения: 10.01.2025); Energy outlook 2025: oil and gas / L. Uomo et al. // Bird & Bird. 2025. January 22. URL: <https://www.twobirds.com/en/insights/2025/energy-outlook-2025-oil-and-gas> (дата обращения: 10.01.2025).

⁴ Carbon capture, utilization, and storage // Aramco. URL: <https://www.aramco.com/en/what-we-do/energy-innovation/advancing-energy-solutions/carbon-capture-utilization-and-storage> (дата

на искусственном интеллекте, управлении на основе данных и внедрении возобновляемых источников энергии⁵.

Динамика цифровизации в мировой нефтегазовой отрасли требует особого внимания. По данным Международного энергетического агентства (МЭА), расходы на НИОКР выступают ключевым драйвером технологической трансформации энергетического сектора, и к 2024 г. объем финансирования данной сферы достиг 54 млрд долл. США, что в реальном выражении на 70 % превышает показатели 2015 г.⁶ Для повышения производительности более 90 % компаний по всему миру используют цифровые аналоги, искусственный интеллект и прогнозную аналитику [7]. Помимо снижения операционных расходов, эти технологии повышают конкурентоспособность бизнеса как на национальном, так и на международном рынке.

Несмотря на геополитическую нестабильность, санкции и колебания цен, эта отрасль по-прежнему остается важной. Компании с диверсифицированными портфелями, значительными инвестициями в НИОКР и стратегиями цифровой трансформации лидируют в процессе перехода, обеспечивая при этом энергетическую безопасность. Рыночная капитализация, инвестиционные потоки и стратегические шаги демонстрируют устойчивость и дальновидность.

Развитие цифровизации и цифровых технологий

Цифровая трансформация стала определяющей тенденцией современного экономического развития, изменяя бизнес-модели, производственные процессы и глобальные стратегические повестки дня. Концепция, возникшая с появлением термина «цифровая экономика», введенного Н. Негропonte в 1995 г. [8], отражает более широкий переход от аналоговых к цифровым технологиям⁷. Как отмечает С. Т. Петров, этот переход ознаменовал начало информационной революции, вызванной внедрением персональных компьютеров, интернета и мобильных устройств связи [9].

обращения: 11.01.2025); Global operations. ExxonMobil. URL: <https://corporate.exxonmobil.com/who-we-are/our-global-organization/global-operations> (дата обращения: 11.01.2025).

⁵ China National Petroleum Corporation (CNPC). 2021. Annual report. URL: <https://www.cnpc.com.cn/en/AnnualReport/2021AnnualReport.shtml> (дата обращения: 11.01.2025); *Sasaki M.* Sinopec completes milestone seawater hydrogen project in China // Chemanalyst News. 2024. December 21. URL: <https://www.chemanalyst.com/NewsAndDeals/NewsDetails/sinopec-completes-milestone-seawater-hydrogen-project-in-china-32331> (дата обращения: 11.01.2025).

⁶ World Energy Investment 2025: 10th Edition // International Energy Agency 2025. URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/904392c0-caa0-45c1-a53a-90a6eacd2bfe/WorldEnergyInvestment2025.pdf> (дата обращения: 20.10.2025).

⁷ Цифровая экономика: как специалисты понимают этот термин // РИА Новости. 2017. 16 июня. URL: <https://ria.ru/20170616/1496663946.html> (дата обращения: 15.01.2025).

Развитие цифровизации можно разделить на несколько этапов, каждый из которых связан с новыми технологическими парадигмами и социальными преобразованиями (табл. 1).

Таблица 1

Этапы цифровизации: ключевые понятия и определения

Период	Эпоха	Автор(ы)	Ключевые слова
I — 1950–1970	Информационное общество	Фриц Махлуп (1962) Маршалл Маклюэн (1964)	Экономика знаний, инфоцентричность
II — 1970–1990	Компьютерная революция	Элвин Тоффлер (1980)	Использование персональных компьютеров
III — 1980–2000	Цифровая революция	Сергей Петров (1980) Мануэль Кастельс (1996)	Переход от аналоговых к цифровым технологиям
IV — 1990–2005	Цифровая экономика	Николас Негропonte (1995)	Интернет-экономика
V — 2005–2023	Индустрия 4.0	Клаус Шваб (2016) Эндрю Макафи и Эрик Бриньольфссон (2014) Сатья Наделла (2017)	Интеграция искусственного интеллекта, больших данных, интернета вещей
VI — 2023 – будущее	Индустрия 5.0	Гартнер, корп. (2023)	Ориентированный на человека искусственный интеллект (ИИ), автономность, эффективность, ESG

Источник: составлено авторами по данным [8–15], Forbes⁸ и Gartner⁹.

В результате каждого из этих этапов экономические структуры претерпевали концептуальное переосмысление, в которых ценность все в большей степени определяется потоками данных, цифровой инфраструктурой и алгоритмическим принятием решений. В частности, большинство современных цифровых стратегий в нефтегазовом секторе основаны на Индустрии 4.0. Она включает в себя ключевые технологии, такие как искусственный интеллект (ИИ), аналитика больших данных, блокчейн, робототехника, дополненная

⁸ Гайнуллина А. Глава Microsoft Сатья Наделла: мир изменят три технологии и немного эмпатии // Forbes. 2017. URL: <https://www.forbes.ru/tehnologii/350973-glava-microsoft-satya-nadella-mir-izmenyat-tri-tehnologii-i-nemnogo-empatii> (дата обращения: 15.01.2025).

⁹ Gartner identifies five technologies that will transform the digital future of enterprises // Gartner. 2023. URL: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2023-09-13-gartner-identifies-five-technologies-that-will-transform-the-digital-future-of-enterprises> (дата обращения: 15.01.2025)

и виртуальная реальность (AR/VR), 5G-связь и цифровые двойники. В сочетании эти инструменты обеспечивают прогностическое моделирование, автоматизацию и оперативность реагирования системы¹⁰.

Теоретические исследования, в том числе работы К. Шваба [14], Э. Макафи и Э. Бриньольфссона [10] и С. Наделлы¹¹ утверждают, что цифровая трансформация — это не линейный, а многомерный процесс реструктуризации, на который сильно влияет институциональная среда. В частности, интеграция цифровых технологий в нефтегазовую отрасль зависит от таких факторов, как:

- цифровая инфраструктура: доступность информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), высокоскоростных сетей связи и облачных платформ;
- инновационный потенциал: уровень инвестиций в НИОКР, патентная деятельность и сотрудничество с академическими и промышленными партнерами;
- человеческий капитал: наличие цифровых навыков, инженерных талантов и программ обучения;
- качество институтов: эффективность управления, борьба с коррупцией и политическая стабильность, которые определяют осуществимость долгосрочных инновационных стратегий;
- финансовый доступ: способность финансировать капиталоемкие цифровые проекты и интегрировать новые технологии.

Связь цифровизации и нефтегазовой отрасли

В нефтегазовом секторе цифровая трансформация исторически отставала по сравнению с другими капиталоемкими отраслями из-за сложности, консерватизма и масштабов операций. Однако растущая волатильность цен на нефть, необходимость повышения эффективности, обеспечение безопасности и стремление к соблюдению требований ESG ускорили внедрение цифровых стратегий. Такие компании, как Shell, BP и ExxonMobil внедряют интеллектуальные датчики, цифровые двойники и аналитику на базе искусственного интеллекта для прогнозирования отказов, сокращения времени простоя и повышения производительности активов¹². В России такие ключевые игроки,

¹⁰ Цифровые технологии // НИУ ВШЭ. URL: https://issek.hse.ru/analysis/digital_tech (дата обращения: 21.01.2025); 8 essential digital transformation technologies impacting industries // Cloud Kinetics. 2025. URL: <https://www.cloud-kinetics.com/blog/eight-essential-digital-transformation-technologies/> (дата обращения: 21.01.2025); Using essential eight technologies to advance digital transformation // PwC. 2025. URL: <https://www.pwc.com/gx/en/services/entrepreneurial-private-business/eight-technologies-to-advance-digital-transformation.html> (дата обращения: 21.01.2025).

¹¹ Гайнуллина А. Глава Microsoft Сатья Наделла...

¹² Energy Institute. Statistical review of world energy 2024. URL: https://www.energyinst.org/_data/assets/pdf_file/0006/1542714/684_EI_Stat_Review_V16_DIGITAL.pdf (дата обращения: 10.01.2025).

как Газпром, «Роснефть» и «Лукойл» также занимаются цифровизацией производственных процессов [16]¹³. Внедрение цифровых двойников и аналитики больших данных способствует прогнозируемому техническому обслуживанию и сокращению операционных сбоев. Более того, цифровизация перестает быть лишь инструментом повышения эффективности и становится стратегическим фактором долгосрочного развития отрасли, формируя предпосылки для внедрения зеленых технологий и диверсификации бизнес-моделей. Несмотря на инфраструктурные ограничения и санкции, в стране появляются инновации, поддерживаемые национальным проектом «Цифровая экономика» и государственно-частным сотрудничеством [7]. Каждый этап цепочки поставок — от разведки до переработки — теперь поддерживается цифровыми инструментами (рис. 1), что усиливает устойчивость и конкурентоспособность нефтегазового сектора в условиях глобального энергоперехода [7].



Источник: составлено авторами по данным [17], Evalueserve¹⁴ и Kent¹⁵.

Рис. 1. Цифровизация на каждом этапе цепочки поставок нефти и газа

Благодаря сочетанию SCADA-систем, интернета вещей и искусственного интеллекта повышается автоматизация процессов, снижаются риски и гарантируется оперативность реагирования в режиме реального времени. Облачные решения улучшают анализ данных и принятие решений, а блокчейн обеспечивает прозрачность транзакций.

¹³ BP Energy Outlook 2024. URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2024.pdf> (дата обращения: 10.01.2025).

¹⁴ Girdhar P. Oil & gas 4.0: how digital innovation fuels the future? // Evalueserve. URL: <https://iprd.evalueserve.com/blog/oil-gas-4-0-how-digital-innovation-fuels-the-future/> (accessed: 25.01.2025).

¹⁵ The journey of AI in the oil & gas industry // Kent. 2024. April 18. URL: <https://kentplc.com/news-insights/the-journey-of-ai-in-the-oil-gas-industry> (дата обращения: 23.01.2025).

С точки зрения макроэкономики цифровая трансформация повышает экологическую устойчивость, эффективность использования ресурсов и энергетическую безопасность, что, в свою очередь, повышает конкурентоспособность на рынке и оперативное управление на корпоративном уровне. Опыт Газпрома иллюстрирует эту трансформацию: прогнозная аналитика на основе ИИ, системы интернета вещей и автоматизация оптимизировали его операционную деятельность и улучшили соблюдение большинства требований ESG.

Материалы и методы

На основе анализа теоретико-методологических подходов авторами сформулированы две гипотезы исследования. Во-первых, цифровизация стимулирует рост производственной деятельности и структурную трансформацию в нефтегазовом секторе. Во-вторых, внедрение ИИ, больших данных и интернета вещей в таких компаниях, как Газпром, значительно повышает операционную эффективность и увеличивает рыночную стоимость, подтверждая необходимость продолжения инвестиций в цифровые технологии для обеспечения устойчивости и конкурентоспособности отрасли. Для оценки используется смешанный метод, включающий эконометрический панельный анализ на макроуровне и кейсовый анализ с оценкой цифровой зрелости и экспертными интервью. Такой подход позволяет обеспечить как количественную точность, так и качественную контекстуальную интерпретацию.

В макроуровневом анализе используются сбалансированные панельные данные по 36 странам за период 2008–2021 гг. Зависимыми переменными являются натуральные логарифмы добычи нефти ($\log OILPROD$) и добычи природного газа ($\log NGPROD$), которые служат прокси-показателями операционных результатов отрасли. Цифровизация измеряется с помощью компонентов индекса готовности передовых технологий (Frontier Technology Readiness Index — FTRI), в том числе: инвестиции в НИОКР (R&D investments — RD); информационные и коммуникационные технологии (Information and Communications Technology — ICT); цифровые навыки (digital skills — SKILLS); промышленная деятельность (industry activity — INDACTIV); доступ к финансированию (access to finance — FINANCE).

В качестве контрольных переменных используются такие институциональные переменные, как политическая стабильность (POLSTAB), эффективность правительства (GOVEF) и контроль над коррупцией (CRP), а также ВВП на душу населения и запасы нефти и газа. Также для оценки человеческого капитала и инфраструктуры используются индекс человеческого капитала (HCI) и индекс телекоммуникационной инфраструктуры (ТИ).

Были рассчитаны описательные статистические данные и построены матрицы корреляции для обеспечения согласованности, оценки мультиколлинеарности

и обоснования логарифмического преобразования переменных производства и ВВП. Модели определены следующим образом:

$$\begin{aligned} \log OILPROD = & \beta_0 + \beta_1 \times ICT + \beta_2 \times SKILLS + \beta_3 \times RD + \beta_4 \times INDACTIV + \\ & + \beta_5 \times FINANCE + \beta_6 \times EPART + \beta_7 \times HCI + \beta_8 \times TII + \beta_9 \times OILRES + \\ & + \beta_{10} \times POLSTAB + \beta_{11} \times GOVEF + \beta_{12} \times CRP + \beta_{13} * \log GDP + \varepsilon, \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \log NGPROD = & \beta_0 + \beta_1 \times ICT + \beta_2 \times SKILLS + \beta_3 \times RD + \beta_4 \times INDACTIV + \\ & + \beta_5 \times FINANCE + \beta_6 \times EPART + \beta_7 \times HCI + \beta_8 \times TII + \beta_9 \times NGRES + \beta_{10} \times \\ & \times POLSTAB + \beta_{11} \times GOVEF + \beta_{12} \times CRP + \beta_{13} * \log GDP + \varepsilon, \end{aligned} \quad (2)$$

где $\log OILPROD$ — натуральный логарифм добычи нефти; $\log NGPROD$ — натуральный логарифм добычи природного газа; ICT — индекс для оценки уровня инфраструктуры ИКТ; $SKILLS$ — индекс для оценки уровня навыков, необходимых для использования, внедрения и адаптации передовых технологий; RD — индекс научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ; $INDACTIV$ — индекс промышленной активности; $EPART$ — индекс электронного участия; HCI — индекс человеческого капитала; TII — индекс телекоммуникационной инфраструктуры; $OILRES/NGRES$ — доказанные запасы нефти и природного газа; $POLSTAB$ — политическая стабильность; $GOVEF$ — эффективность правительства; CRP — контроль коррупции; $\log GDP$ — натуральный логарифм ВВП, деленный на численность населения в середине года; ε = ошибка.

Использование логарифмических спецификаций позволяет интерпретировать коэффициенты как эластичность, что позволяет понять, как изменение на 1 % в ИКТ, НИОКР или квалификации влияет на объем добычи нефти или газа с учетом других факторов.

В дополнение к результатам на макроуровне проведено исследование компании «Газпром» с использованием индекса цифровой зрелости, адаптированного из работы В. В. Юрак и др. [2]. Индекс построен на основе общедоступных финансовых показателей компании. Расчет индекса цифровой зрелости (ИЦЗ) нормирован с помощью мультипликаторов, каждому присвоен определенный вес. Формула расчета индекса ЦЗ имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \text{ИЦЗ} = & (0,4 \times \frac{\text{Нематериальные активы}}{\text{Рыночная стоимость (РС)}} + 0,4 \times \frac{\text{НИОКР}}{\text{РС}} + \\ & + 0,2 \times \frac{\text{Чистая прибыль}}{\text{РС}}) \times 100 \%. \end{aligned} \quad (3)$$

Определены три пороговых уровня:

- ИЦЗ < 5 % — низкий уровень цифровой зрелости;
- 5 % ≤ ИЦЗ < 10 % — удовлетворительный уровень цифровой зрелости;
- ИЦЗ ≥ 10 % — высокий уровень цифровой зрелости.

Для оценки используются данные Газпрома за 2021–2024 гг., а временные изменения в области цифровизации были сопоставлены с показателями прибыльности и инновационности компании.

Для проведения структурированного опроса экспертов, направленного на выявление взглядов специалистов нефтегазовой отрасли на процессы цифровой трансформации, была подготовлена анкета. Оценка проводилась с использованием шкалы Лайкерта (1–5) и открытых вопросов. Общий дизайн исследования представлен в таблице 2.

Таблица 2

Дизайн исследования

Подход	Эконометрический анализ	Кейс-анализ Газпрома
Уровень анализа	Межстрановой	Уровень компании
Методология	Регрессия панельных данных (POLS, FE, RE)	Индекс цифровой зрелости с апробацией через экспертную оценку
Ключевые показатели	Добыча нефти и газа, показатели цифровизации, контрольные политические и экономические переменные	Финансовые показатели, практики и примеры внедрения технологий
Экономическая логика и сильные стороны	Статистическая значимость, широкая база стран, масштаб сравнения	Сочетает в себе объективный финансовый анализ и субъективную обратную связь; выявляет драйверы/барьеры; целостный взгляд на цифровую трансформацию
Источник данных	Международные базы данных (UN, Всемирный банк, WIPO и др.)	Открытая корпоративная отчетность, интервью с экспертами

Источник: составлено авторами.

Результаты

Регрессионный анализ. Построены три модели: объединенный МНК (POLS), фиксированные эффекты (FE) и случайные эффекты (RE). Тест Хаусмана подтвердил, что модель с фиксированными эффектами является более подходящей и надежной, что свидетельствует о корреляции ненаблюдаемых характеристик конкретных стран с объясняющими переменными. Для коррективы гетероскедастичности применен тест Бройша – Пагана. Нулевая гипотеза о гомоскедастичности была отвергнута ($p < 0,01$), что указывает на наличие непостоянной дисперсии. Поэтому во всех окончательных моделях были использованы робастные (с поправкой Уайта) стандартные ошибки. Автокорреляция проверялась с помощью теста Вулдриджа для панельных данных, подтверждена

Таблица 3

Результаты проведенных тестов

Зависимая переменная	Выбор модели		Гетероскедастичность		Автокорреляция	
	Результат	Вывод	Результат	Вывод	Результат	Вывод
logOILPROD	0,0009	FE	0,0055	Проблема присутствует	0,1255	Проблема не выявлена
logNGPROD	0,0288	FE	0,4998	Проблема не выявлена	0,0000	Проблема присутствует

Источник: составлено авторами.

серийная корреляция ($p < 0,05$). В результате использованы стандартные ошибки Дрисколла – Крэйя, поскольку они являются робастными к поперечной зависимости, гетероскедастичности и автокорреляции в моделях с фиксированными эффектами. Сводные результаты применения тестов Хаусмана, Бройша – Пагана и Вулдриджа представлены в таблице 3.

Мультиколлинеарность проверялась с помощью коэффициента инфляции дисперсии (VIF). Несколько цифровых показателей (ИКТ, НСИ, ТП и EPART) показали $VIF > 10$, что указывает на сильную мультиколлинеарность. Для решения этой проблемы модель была переоценена с использованием составных индексов (агрегирующих переменные цифровой инфраструктуры) и исключением высококоррелированных компонентов во вложенных регрессиях. Окончательная модель сохраняет переменные с наибольшей теоретической и эмпирической объяснительной силой. В таблице 4 приведены результаты финальных моделей с использованием стандартных и робастных ошибок для нефти и газа.

Таблица 4

Финальные результаты регрессии с фиксированными эффектами

Переменные	Модель фиксированных эффектов	
	логарифм добычи нефти	логарифм добычи газа
ИКТ	0,037**	0,228**
Цифровые навыки	0,574**	0,211
НИОКР	0,119***	0,624***
Промышленная деятельность	-0,305*	-0,206*
Доступ к финансированию	0,326	0,268**
Электронное участие	0,020**	-0,015
Доказанные запасы нефти/газа	0,002*	0,017**
Политическая стабильность	0,001	-0,001
Логарифм ВВП на душу населения	0,054	0,084
константа	5,987***	2,508***
	~20 %	~45 %

Примечание: * — $p < 0,1$, ** — $p < 0,05$, *** — $p < 0,01$.

Источник: составлено авторами.

Инвестиции в НИОКР остаются наиболее значимым и стабильным положительным фактором, определяющим объемы добычи нефти и природного газа. Данный результат демонстрирует, что инновации необходимы для повышения эффективности добычи ресурсов, оптимизации технологических процессов и сокращения операционных расходов.

Краткосрочные выгоды от развития инфраструктуры ИКТ для нефтедобычи, вероятно, обусловлены ростом цифровых сетей связи, скоростью обмена данными и внедрением систем автоматизации. Эффект особенно заметен в газовой промышленности, где дистанционный мониторинг и оперативный контроль имеют решающее значение для обеспечения стабильной и безопасной добычи.

Электронное участие вносит положительный вклад в эффективность нефтяного сектора, что свидетельствует о том, что активное цифровое взаимодействие между правительствами и гражданами может повысить прозрачность, улучшить механизмы обратной связи и обеспечить лучшее согласование стратегических приоритетов в отрасли.

При прочих равных условиях ни одна из моделей не демонстрирует статистически значимого влияния на макроэкономические показатели, такие как ВВП на душу населения или политическая стабильность, что указывает на то, что изменения этих переменных внутри страны оказывают ограниченное прямое влияние на объемы производства, если учитывать отраслевые факторы.

В действительности промышленная деятельность является сдерживающим фактором, негативно влияющим на производственные показатели, что может быть объяснено конкуренцией между различными секторами экономики за ресурсы и инфраструктуру. Потенциал увеличения добычи углеводородов ограничен из-за высокой нагрузки промышленного комплекса на транспортные, энергоснабжающие и логистические сети.

Как и ожидалось, доказанные запасы нефти и газа остаются хорошим показателем уровня добычи и являются важными факторами предложения, влияющими на потенциальный уровень добычи. Их функция подчеркивает, насколько важна ресурсная база для поддержания долгосрочной жизнеспособности отрасли и содействия реализации ключевых инициатив в энергетическом секторе.

На экономический рост также влияют доступность финансовых услуг и владение цифровыми технологиями. Доступ к финансированию оказался более важным для добычи природного газа, чем нефти, что можно объяснить особенностями капиталоемкости и долгосрочных проектов в газовой отрасли. Строительство и эксплуатация заводов по производству сжиженного природного газа, систем подземного хранения и газотранспортной инфраструктуры требуют значительных и постоянных инвестиций; отсутствие финансирования может привести к приостановке запуска новых проектов. Финансирование по-прежнему имеет решающее значение для нефтяной отрасли, хотя в настоящее время оно стало менее значимым из-за гибкости проектов и их более быстрой окупаемости.

На эффективность добычи полезных ископаемых положительно влияют навыки работы с цифровыми технологиями и наличие квалифицированных рабочих, обладающих необходимыми компетенциями. Данный показатель отражает способность компаний интегрировать цифровые инструменты, управлять большими массивами данных и использовать прогнозные модели в операционной деятельности. Высокий уровень цифровых компетенций персонала напрямую связан с успешной реализацией стратегий цифровизации, минимизацией операционных сбоев и повышением общей производительности.

Кейс-анализ. На основании расчета индекса цифровой зрелости Газпрома можно сделать вывод, что уровень цифровой зрелости улучшился с 5,8 % в 2021 г. до 11,2 % в 2023 г., перейдя от удовлетворительной к высокой зрелости. Данное улучшение обусловлено ростом нематериальных активов и расходов на НИОКР, а также стабильной чистой прибылью (табл. 5).

Таблица 5

Основные финансовые показатели Газпрома

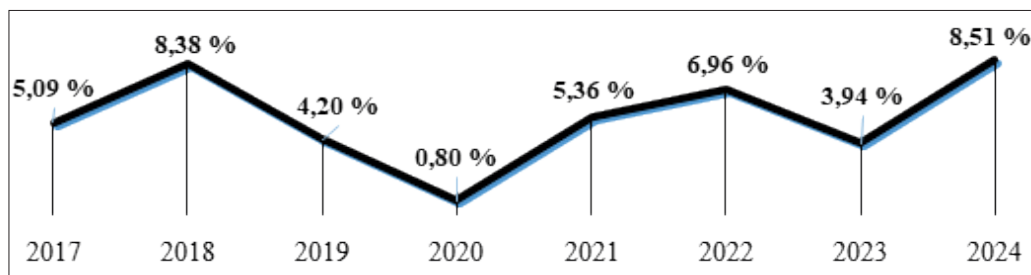
Индикатор	Год			
	2021	2022	2023	2024
Нематериальные активы, руб.	$1,33 \times 10^{10}$	$2,49 \times 10^{10}$	$2,44 \times 10^{10}$	$2,62 \times 10^{10}$
Объем НИОКР, руб.	$24,6 \times 10^9$	$30,0 \times 10^9$	$31,7 \times 10^9$	$33,6 \times 10^9$
Чистая прибыль, руб.	$20,9 \times 10^{11}$	$12,3 \times 10^{11}$	$6,29 \times 10^{11}$	$12,2 \times 10^{11}$
Цена акции, руб.	342,39	162,56	159,52	133,12
Количество акций, шт.	$23,6 \times 10^9$	$23,6 \times 10^9$	$23,6 \times 10^9$	$23,6 \times 10^9$

Источник: составлено авторами по данным Газпрома¹⁶.

Количественные тенденции, представленные в таблице 5, наглядно иллюстрируют устойчивый рост нематериальных активов и инвестиций в НИОКР Газпрома наряду со стабильной рентабельностью в большинстве лет наблюдаемого периода. Финансовая основа создала благоприятные условия для ускорения цифровой трансформации компании.

¹⁶ Synergy of success. PJSC Gazprom. Financial report 2021. URL: <https://www.gazprom.com/f/posts/13/041777/gazprom-financial-report-2021-en.pdf> (дата обращения: 23.04.2025); Strengh in unity. PJSC Gazprom. Financial report 2022. URL: <https://www.gazprom.com/f/posts/44/933359/gazprom-financial-report-2022-en.pdf> (дата обращения: 23.04.2025); Multifaceted energy. PJSC Gazprom. Financial report 2023. URL: <https://www.gazprom.com/f/posts/52/249669/gazprom-financial-report-2023-en.pdf> (дата обращения: 23.04.2025); Multifaceted energy. Gazprom in figures 2019–2023. Factbook. URL: https://www.gazprom.com/f/posts/09/544186/gazprom-in-figures-2019-2023_en.pdf (дата обращения: 23.04.2025); PJSC Gazprom/ Consolidated financial statements prepared in accordance with IFRS® Accounting standards with independent auditor's report. 31 December 2024. URL: <https://www.gazprom.com/f/posts/75/494286/gazprom-ifs-2024-12mth-en.pdf> (дата обращения: 23.04.2025); Gazprom PJSC. Investing.com. 2025. URL: https://www.investing.com/equities/gazprom_rts (дата обращения: 23.04.2025).

Рисунок 2 дополняет результаты, показывая восходящую траекторию индекса уровня цифровой зрелости с 2021 по 2024 г. В сравнении с результатами В. В. Юрак и др. [2] за период 2017–2020 гг., отражающими колебания темпов цифровизации с резким замедлением в 2020 г. (0,80 %), а также обусловленными внешними экономическими и операционными факторами, заметен стабильный рост к 2024 г., который отражает не только выделение капитала на технологии, но и их интеграцию в операционные процессы, такие как внедрение цифровых двойников для разведки, систем прогнозного технического обслуживания для сокращения времени простоя и мониторинга безопасности трубопроводов на основе интернета вещей.



Источник: составлено авторами.

Рис. 2. Уровень цифровой зрелости Газпрома

В совокупности результаты показывают, что Газпром извлек выгоду как из финансовой, так и из технологической поддержки своих усилий по цифровизации, причем за последние три года произошел заметный сдвиг от удовлетворительной к высокой зрелости. Таким образом, способность нефтегазовой отрасли поддерживать рост эффективности и конкурентные преимущества будет зависеть от постоянных инвестиций в нематериальные активы и инновационные возможности. Результаты экспертной оценки также подкрепляют данный вывод. Ответы респондентов, участвовавших в опросе (эксперты компании «Газпром трансгаз Югорск»), показывают, что 65 % респондентов считают цифровизацию драйвером ускорения и повышения точности принятия решений, 80 % отмечают повышение прозрачности ESG за счет автоматизированной отчетности и мониторинга в режиме реального времени, при этом половина респондентов подчеркивают ограничения, связанные с осведомленностью о новых системах и опасения по поводу кибербезопасности.

В рабочем процессе широко применяются большие данные и аналитика, автоматизация процессов и платформенные решения (66,7 %), облачные технологии (33,3 %) и искусственный интеллект, робототехника и VR/AR (по 16,7 %). Наиболее эффективное межведомственное цифровое взаимодействие происходит с производственно-диспетчерскими службами (66,7 %), их деятельность напрямую зависит от быстрого обмена данными, координации действий между подразделениями и применения цифровых инструментов для мониторинга

и контроля в реальном времени. Цифровые технологии прежде всего автоматизируют рутинные операции, что сокращает время выполнения задач и делает этот эффект наиболее универсальным. Прозрачность и контроль усиливаются за счет систем мониторинга, аналитики и электронного документооборота, позволяющих в реальном времени отслеживать ход работ. Доступ к точным данным, прогнозным моделям и автоматизированному управлению помогает быстрее реагировать на риски и оптимизировать ресурсы, улучшает качество решений, снижает количество аварий и повышает энергоэффективность.

Выводы свидетельствуют о том, что хотя траектория цифровизации Газпрома и является стратегически обоснованной и подкреплена сильными финансовыми и технологическими фундаментальными показателями, но человеческий и организационный аспекты трансформации по-прежнему остаются критически важными. Помимо прочего, для реализации потенциала повышения эффективности и устойчивости, создаваемого цифровыми инициативами компании, потребуется реализация целенаправленных программ обучения, усилия по изменению корпоративной культуры и модернизации информационно-технологической инфраструктуры.

Заключение

В настоящем исследовании изучена структурная трансформация нефтегазовой отрасли под влиянием глобальных процессов цифровизации, в котором макроэкономическое эконометрическое моделирование сочетается с микроуровневым кейс-анализом Газпрома. На макроуровне эконометрический анализ подтвердил, что расходы на исследования и разработки, качество инфраструктуры ИКТ и наличие квалифицированного человеческого капитала оказывают статистически значимое и положительное влияние как на добычу нефти, так и на добычу газа. Полученные результаты подтверждают мнение о том, что в периоды структурных изменений технологический потенциал и инновации становятся все более важными компонентами конкурентоспособности в странах с экономикой, основанной на ресурсах.

Согласно кейс-исследованию Газпрома, цифровая зрелость компании значительно повысилась на корпоративном уровне в результате стабильных показателей прибыльности, увеличения ассигнований на НИОКР и устойчивого роста нематериальных активов. Практическое внедрение цифровых двойников для разведки, систем прогнозного технического обслуживания и мониторинга трубопроводов с помощью интернета вещей уже принесло ощутимые операционные выгоды. Экспертное исследование подтвердило интеграцию в рабочие процессы аналитики больших данных, платформенных решений, облачных технологий, ИИ и AR/VR. Согласно результатам исследования, для успешной цифровой трансформации нефтегазовой отрасли необходим многогранный подход. С макроэкономической точки зрения это включает в себя согласование

финансовых, технологических и институциональных инвестиций, подкрепленных нормативно-правовой базой, которая способствует инновациям, защищает кибербезопасность и повышает устойчивость критически важной инфраструктуры. С корпоративной точки зрения это означает интеграцию цифровых стратегий обучения персонала, программ управления изменениями и межведомственной координации, которые необходимы для обеспечения долгосрочного повышения эффективности.

Следует также упомянуть об ограничениях и будущих направлениях исследований. Во-первых, макроэкономический анализ основывался на отраслевых и национальных агрегированных данных, которые хотя и являются всеобъемлющими, но могут скрывать разнообразие различных подsegmentов нефтегазовой отрасли или географических районов. Во-вторых, анализ на уровне компании был ограничен конкретным случаем Газпрома, что сужает возможность обобщения результатов на другие компании или национальные контексты. Будущие исследования могли бы получить выгоду от расширения базы данных, чтобы включить более широкий спектр нефтегазовых компаний, работающих в различных регуляторных, технологических и рыночных условиях. Было бы возможно более точно измерить совокупный эффект цифровизации, если бы данные собирались за более длительный период времени. Кроме того, межстрановые сравнения могли бы пролить свет на то, как институциональная среда влияет на темпы и масштабы внедрения цифровых технологий. Более полное представление о динамике организационных изменений и препятствиях на пути цифровой трансформации станет возможным на микроуровне за счет расширения выборки предприятий и специалистов.

Таким образом, цифровизация оказывает значимое влияние на результаты и трансформацию нефтегазовой отрасли, при этом цифровизация должна рассматриваться не просто как технологическое обновление, а как центральный стратегический вектор, влияющий на эффективность, устойчивость и конкурентоспособность на уровне компаний и отрасли в целом. Для раскрытия потенциала требуется скоординированный прогресс в технологической, кадровой и институциональной сферах, подкрепленный надежной базой данных, которая может служить ориентиром для принятия решений как для руководителей компаний, так и для политиков.

Список источников

1. Haouel C., Nemeslaki A. Digital transformation in oil and gas industry: Opportunities and challenges // *Periodica Polytechnica Social and Management Sciences*. 2024. Vol. 32. № 1. P. 1–16. DOI: 10.3311/PPso.20830
2. Yurak V. V., Polyanskaya I. G., Malyshev A. N. The assessment of the level of digitalization and digital transformation of oil and gas industry of the Russian Federation // *Mining Science and Technology (Russia)*. 2023. № 8 (1). P. 87–110. DOI: 10.17073/2500-0632-2022-08-16
3. Digital transformation of oil and gas companies: energy transition / Daneeva Yu. [et al.] // *Proceedings of the Russian conference on digital economy and knowledge*

management (RuDEcK 2020), Voronezh, Russia. Voronezh, 2020. DOI: 10.2991/aeb-mr.k.200730.037

4. Digital technologies in Arctic oil and gas resources extraction: global trends and Russian experience / Samylovskaya E. [et al.] // Resources. 2022. № 11. Article 29. DOI: 10.3390/resources11030029

5. Ritchie H., Rosado P. Fossil fuels // Our World in Data. URL: <https://ourworldindata.org/fossil-fuels> (дата обращения: 10.01.2025).

6. Guliyev I. A., Kiselev V. I., Sorokin V. V. (2022). Sustainable development of the oil and gas industry and modern challenges of decarbonization // Industry 4.0: Fighting climate change in the economy of the future / ed. by E. M. Zavyalova, E. G Popkova. Palgrave Macmillan, 2022. Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-79496-5_23

7. Дементьев Ф. С. Автоматизация технологий в нефтегазовой отрасли в условиях цифровой трансформации // Весенние дни науки ИнЭУ: сб. докладов Междунар. конф. студентов и молодых ученых. Екатеринбург: Ажур, 2024. С. 31–35.

8. Negroponte N. Being Digital. New York, Knopf Doubleday Publishing Group, 1995. 272 p.

9. Петров С. Т. Цифровая революция. Цифровая экономика. Цифровая ноосфера [Soft Edition]. М.: Перо, 2022. 59 с.

10. Brynjolfsson E., McAfee A. The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies. New York, London: W. W. Norton & Company, 2014.

11. Castells M. The rise of the network society. Oxford: Blackwell Publishers Ltd, 1996.

12. Machlup F. The production and distribution of knowledge in the United States. Princeton, N. J.: Princeton University Press, 1962. 436 p.

13. McLuhan M. Understanding media: the extensions of man. New York, London: McGraw Hill, 1964. 396 p.

14. Schwab K. The fourth industrial revolution. Geneva: World Economic Forum, 2016. 172 p.

15. Toffler A. The third wave. New York: Bantam Books, 1990. 537 p.

16. Padmanabhan E., Jayasagar T., Gamage R. Digitalization in the oil and gas industry // Unconventional methods for geoscience, shale gas and petroleum in the 21st century. Amsterdam; Berlin; Washington: IOS Press, 2023. P. 1–7. DOI: 10.3233/AERD230002

17. Majstorović V. D. Application of Industry 4.0 model in oil and gas companies // Journal of Engineering Management and Competitiveness (JEMC). 2022. Vol. 12. № 1. P. 77–84. DOI: 10.5937/jemc2201077M

References

1. Haouel C., Nemeslaki A. Digital transformation in oil and gas industry: Opportunities and challenges // Periodica Polytechnica Social and Management Sciences. 2024. Vol. 32. № 1. P. 1–16. DOI: 10.3311/PPso.20830

2. Yurak V. V., Polyanskaya I. G., Malyshev A. N. The assessment of the level of digitalization and digital transformation of oil and gas industry of the Russian Federation // Mining Science and Technology (Russia). 2023. № 8 (1). P. 87–110. DOI: 10.17073/2500-0632-2022-08-16

3. Digital transformation of oil and gas companies: energy transition / Daneeva Yu. [et al.] // Proceedings of the Russian conference on digital economy and knowledge

management (RuDEcK 2020), Voronezh, Russia. Voronezh, 2020. DOI: 10.2991/aeb-mr.k.200730.037

4. Digital technologies in Arctic oil and gas resources extraction: global trends and Russian experience / Samylovskaya E. [et al.] // Resources. 2022. № 11. Article 29. DOI: 10.3390/resources11030029

5. Ritchie H., Rosado P. Fossil fuels // Our World in Data. URL: <https://ourworldindata.org/fossil-fuels> (дата обращения: 10.01.2025).

6. Guliyev I. A., Kiselev V. I., Sorokin V. V. (2022). Sustainable development of the oil and gas industry and modern challenges of decarbonization // Industry 4.0: Fighting climate change in the economy of the future / ed. by E. M. Zavyalova, E. G Popkova. Palgrave Macmillan, 2022. Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-79496-5_23

7. Dement'ev F. S. Avtomatizatsiya texnologii v neftegazovoi otrasli v usloviyax cifrovoï transformatsii // Vesennie dni nauki InE'U: sb. dokladov Mezhdunar. konf. studentov i molody'x ucheny'x. Ekaterinburg: Azhur, 2024. S. 31–35.

8. Negroponte N. Being Digital. New York, Knopf Doubleday Publishing Group, 1995. 272 p.

9. Petrov S. T. Cifrovaya revolyuciya. Cifrovaya e'konomika. Cifrovaya noosfera [Soft Edition]. M.: Pero, 2022. 59 s.

10. Brynjolfsson E., McAfee A. The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies. New York, London: W. W. Norton & Company, 2014.

11. Castells M. The rise of the network society. Oxford: Blackwell Publishers Ltd, 1996.

12. Machlup F. The production and distribution of knowledge in the United States. Princeton, N. J.: Princeton University Press, 1962. 436 p.

13. McLuhan M. Understanding media: the extensions of man. New York, London: McGraw Hill, 1964. 396 p.

14. Schwab K. The fourth industrial revolution. Geneva: World Economic Forum, 2016. 172 p.

15. Toffler A. The third wave. New York: Bantam Books, 1990. 537 p.

16. Padmanabhan E., Jayasagar T., Gamage R. Digitalization in the oil and gas industry // Unconventional methods for geoscience, shale gas and petroleum in the 21st century. Amsterdam; Berlin; Washington: IOS Press, 2023. P. 1–7. DOI: 10.3233/AERD230002

17. Majstorović V. D. Application of Industry 4.0 model in oil and gas companies // Journal of Engineering Management and Competitiveness (JEMC). 2022. Vol. 12. № 1. P. 77–84. DOI: 10.5937/jemc2201077M

Информация об авторах / Information about the authors

Яна Алексеевна Лопаткова — кандидат экономических наук, доцент кафедры экономической политики и мировой экономики Института экономики и управления, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия.

Yana Alekseevna Lopatkova — PhD in Economics, Associate Professor, of the Department of Economic Policy and World Economy of the Graduate School of Economics

and Management, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia.

iana.lopatkova@urfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2465-6472>

Алеся Леонидовна Новичкова — техник отдела экономического планирования, организации и нормирования труда, ООО «Газпром трансгаз Югорск», Югорск, Россия.

Alesya Leonidovna Novichkova — Technician of the Department of Economic Planning, Organization and Rationing of Labor, LLC «Gazprom Transgaz Yugorsk», Yugorsk, Russia.

alesya.e13@mail.ru