

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 338.012

DOI: 10.26730/2587-5574-2023-4-77-85

ФАКТОРЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДА К ИНДУСТРИИ 4.0

Лукьяненко П.П.¹, Жиронкина О.В.²

¹ Национальный исследовательский Томский политехнический университет

² Кемеровский государственный университет



Информация о статье

Поступила:

21 ноября 2023 г.

Одобрена после рецензирования:

01 декабря 2023 г.

Принята к публикации:

04 декабря 2023 г.

Ключевые слова: нефтегазовая отрасль, цифровые технологии, Индустрия 4.0, энергетический переход, инновационная экономика.

Аннотация.

В статье представлен анализ факторов инновационного развития нефтегазовой отрасли в условиях четвертого энергетического перехода и экспансии цифровых технологий Четвертой промышленной революции (Индустрии 4.0). Цель исследования представляет собой выявление факторов инновационного развития нефтегазовой отрасли, связанные, с одной стороны, с добычей нефти и газа в условиях перехода к новым источникам энергии, с другой – массового внедрения цифровых технологий Индустрии 4.0. Выделен ряд технологических, экономических, политических факторов, действие которых носит двоякий характер – как усиливающих, так и тормозящих процесс глубокой диффузии сквозных цифровых технологий в нефтегазовой отрасли. Определена национальная специфика данных факторов, в том числе связанная с воздействием внешних санкций и ограничений на технологический и ресурсный секторы российской экономики.

Для цитирования: Лукьяненко П.П., Жиронкина О.В. Факторы инновационного развития нефтегазовой отрасли в условиях перехода к Индустрии 4.0 // Экономика и управление инновациями. 2023. № 4 (27). С. 77-85. DOI: 10.26730/2587-5574-2023-4-77-85, EDN: TQVCGH

FACTORS OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF OIL AND GAS INDUSTRY IN TRANSITION TO INDUSTRY 4.0

Pavel P. Lukyanenok¹, Olga V. Zhironkina²

¹ National Research Tomsk Polytechnic University

² Kemerovo State University



Article info

Submitted:

November 21, 2023

Approved after reviewing:

December 01, 2023

Accepted for publication:

December 04, 2023

Abstract.

The article presents an analysis of the factors of innovative development of oil and gas industry in conditions of the fourth energy transition and the expansion of digital technologies of the Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0). The purpose of the study is to identify factors of innovative development of oil and gas industry related, on the one hand, to oil and gas production in the context of the transition to new energy sources, and on the other hand, to the mass introduction of digital technologies of Industry 4.0. A number of technological, economic, and political factors have been identified, the action of which is dual in nature - both enhancing and inhibiting the process of deep diffusion of end-to-end digital technologies in oil and gas industry. The national specifics of these factors are determined, including those associated with the impact of external sanctions and restrictions on the technological and resource sectors of the Russian economy.

Keywords:

oil and gas industry, digital technologies, Industry 4.0, energy transition, innovative economy

For citation: Lukyanenok P.P., Zhironkina O.V. Factors of innovative development of oil and gas industry in transition to Industry 4.0. Economics and Innovation Management, 2023, no. 4 (27), pp. 77-85. DOI: 10.26730/2587-5574-2023-4-77-85, EDN: TQVCGH

1 Introduction / Введение

Потребность в инновационном развитии нефтегазовой отрасли обусловлена растущим спросом на нефть, что обуславливает переход к разработке трудно извлекаемых запасов. Это, в свою очередь, связано со сквозной (общепромышленной) цифровой трансформацией, ведущую роль которой в обеспечении конкурентоспособности признают 70% лидеров и 50% аутсайдеров отрасли в мировом масштабе [1]. Экономическая оценка результатов цифровизации отдельных компаний по добыче и переработке нефти, проведенная консалтинговой фирмой McKinsey в 2019 г., продемонстрировала рост показателя EBITDA (прибыль до вычета процентов, налогов, износа и амортизации) на 9-16% (к 2025 г. – на 1,5-2,3 трлн долл.), а компанией Siemens в 2017 – на 20% [2]. Более детальный анализ ведущего мирового разработчика промышленных информационных технологий BrilaSoft позволил выявить следующие усредненные экономические результаты цифровизации нефтегазовой отрасли: сокращение простоев добычного оборудования на 15-25%, эксплуатационных расходов – на 14-18%, повышение производительности переработки нефти на 10-12% [3].

Цифровые технологии Индустрии 4.0, быстро распространяющиеся в базовых отраслях современной экономики, включают в себя нейросети и искусственный интеллект, аналитику «больших данных», промышленный Интернет вещей (в перспективе – «Интернет всего»), распределенные реестры (блокчейн), «умные» сенсоры и роботы, виртуальную и дополненную реальность, машинное видение и обучение.

Вместе с тем, в России нефтегазовая отрасль предъявляет только 2,5% от спроса на промышленные цифровые технологии уровня Индустрии 4.0 [4] в стране, что связано с доминированием зарубежных разработок и современного оборудования. В ходе реализации политики импортозамещения с 2014 г. доля импорта оборудования для нефтегазовой отрасли сократилась с 68 до 43%; вместе с тем, доля импорта в программных продуктах, используемых отраслевыми предприятиями, составляет в среднем 75-90% [5]. Наряду с этим, значительные сроки поставок нового оборудования и запасных частей в новых логистических цепочках 2022-2023 гг., ранее замыкавшихся на Западную Европу и США, часто приводят к простоям и убыткам. Это стало дополнительным стимулом развития таких отечественных технологий Индустрии 4.0, как 3D-печать отдельных компонентов и запасных частей, а также 3D-моделирования и виртуального проектирования для ускорения создания и апробации новых технических и технологических решений.

Все это требует исследования факторов инновационного развития нефтегазовой отрасли за счет внедрения цифровых технологий Индустрии 4.0. Данные технологии определяют перспективы повышения производительности труда, повышение рентабельности и фондоотдачи, которые, в конечном итоге, влияют на международную конкурентоспособность российских производителей нефти и газа в условиях нового энергетического перехода, характеризующегося ростом доли возобновляемых источников и перспективой снижения спроса на ископаемое топливо.

В данном свете перед цифровой трансформацией нефтегазовой отрасли стоит задача обеспечения выхода на новое равновесие в потреблении традиционной и нетрадиционной энергии, как развитыми, так и догоняющими странами.

2 Материалы и методы

Инновационное развитие нефтегазовой отрасли представляет собой непрерывный процесс, начавшийся в период т.н. первой промышленной революции (Индустрия 1.0) в 19 в. и продолжающийся по сей день в рамках четвертой промышленной революции (Индустрия 4.0), в которой свойства материальных объектов меняются, а промышленные технологии сочетаются с информационно-вычислительными [6].

Обзор ряда работ [7-10] позволил выделить основные этапы развития нефтегазового дела в характерные периоды промышленных революций, самой современной из которых является четвертая (цифровая), описываемая как Индустрия 4.0. Ей соответствует Нефтегаз 4.0 как совокупность преобладающих инновационных сквозных технологий (Таб. 1).

Таблица 1 – Этапы инновационного развития нефтегазового дела до уровня Нефтегаз 4.0 в условиях перехода к Индустрии 4.0

Table 1 – Stages of innovative development of Oil and Gas 4.0 in transition to Industry 4.0

Период	Этапы промышленного развития	Сквозные технологии	Энергетические переходы	Этапы развития нефтегазового дела	Ключевые инновации
Первая половина 19 в.	Индустрия 1.0	Добыча угля, паровые машины	Первый – переход от древесного топлива к углю	Нефтегаз 1.0	Сбор нефти с поверхности
Вторая половина 19 – первая половина 20 в.	Индустрия 2.0	Добыча нефти, производство пластмасс, двигатели внутреннего сгорания, электрооборудование	Второй – преобладание нефти в производстве первичной энергии	Нефтегаз 2.0	Механическое бурение скважин, танкерный флот, нефтепереработка
Вторая половина 20 в.	Индустрия 3.0	Добыча газа, аналоговые контроллеры, компьютеры и локальные сети	Третий – преобладание газа как энергоносителя	Нефтегаз 3.0	Развитие континентальных трубопроводов, добыча на шельфе, средства автоматизации
Первая половина 21 в.	Индустрия 4.0	Цифровые контроллеры, Интернет вещей, машинное видение, искусственный интеллект, блокчейн, 3D-печать	Четвертый – переход к возобновляемым источникам энергии (преобладание ожидается к 2070-м гг.)	Нефтегаз 4.0	Горизонтальное бурение, «умные скважины», сжижение природного газа, «голубой» водород, 3D-моделирование

Составлено авторами по данным [7-10]

Как следует из Таб. 1, сквозные технологии Индустрии 4.0, такие как искусственный интеллект, Интернет вещей, «умные» роботы и сенсоры и пр., в ходе трансфера в нефтегазовую отрасль образуют «ядро» отраслевых технологий уровня Нефтегаз 4.0, в которых цифровые технологии «встраиваются» в процессы управления добычей, транспортировкой и переработкой углеводородов, охраны труда и контроля состояния скважин, проектирования разработки месторождений и прогнозирования рынков сырья.

Вместе с тем, диффузия цифровых вычислительных технологий в нефтегазовую отрасль началось задолго до перехода к Индустрии 4.0 – в 1960-х гг. (фактически в эру Индустрии 3.0). В частности, Г.К. Качалкина [11] выделяет следующие прорывные технологии, обеспечивавшие выход отрасли на новый уровень производительности и рентабельности:

- в 1960-х гг. применение первых ЭВМ дало ощутимые положительные результаты в моделировании пластов, гравиметрических измерениях и прогнозировании разработки месторождений;

- в 1970-х гг. распространение получили автоматизированные рабочие станции по обработки данных, что дало возможность нарастить объем добычи до 2%;

- в 1980-х гг. были автоматизированы гидравлические параметры бурения, что позволило повысить скорость проведения новых скважин на 50%;

- в 1990-х гг. широкое внедрение получили цифровые 3D-модели запасов и прогнозирования сейсмических явлений, что позволило снизить геологоразведочные затраты на 40%;

- в начале 2000-х гг. началось внедрение систем цифрового мониторинга процессов в режиме реального времени, что позволило снизить операционные затраты на 5%; к концу декады началось внедрение комплекса технологий «умных» скважин, что привело к снижению удельных затрат до 20%;

- в середине 2010-х гг. сокращение простоев оборудования на 5-7% было достигнуто за счет развития технологий «подключенных» работников и «умных» сенсоров;

- с конца 2010-х гг. массовое применение передовых технологий Индустрии 4.0 («умных» роботов и цифровых двойников, промышленного Интернета вещей, искусственного интеллекта и машинного обучения, дронов и «цифровых» предприятий) позволило снизить капитальные и операционные расходы на 10-15%.

Таким образом, цифровые технологии Индустрии 4.0, воплощенные в платформе инновационного развития отрасли Нефтегаз 4.0, обеспечивают рост экономических показателей, что особенно важно в условиях четвертого энергетического перехода.

3 Результаты и обсуждение

Приведенные выше этапы инновационного развития нефтегазовой отрасли, в том числе под влиянием диффузии сквозных цифровых технологий, связаны с действием определенных факторов цифровой трансформации нефтегазовой отрасли, чему посвящен ряд работ российских и зарубежных авторов [12-13]. С учетом их анализа, целесообразно выделить следующие факторы инновационного развития нефтегазовой отрасли в условиях перехода к Индустрии 4.0.

Первая группа факторов – технологические, отражающие взаимную связь инновационного развития нефтегазового дела и диффузию технологий Индустрии 4.0. В частности, потребность в их ускоренном внедрении связана с необходимостью освоения крайних территорий российской Арктики, в т.ч. дальневосточных. В них сосредоточено до 60% национальных запасов нефти и большая часть запасов природного газа (следует особо принять во внимание сокращение добычи нефти и газа на старых месторождениях до 6% в год) [14]. Технологии Индустрии 4.0, применяемые в разработке арктических месторождений, включают в себя беспилотные транспортные средства, предиктивная аналитика «Больших данных» для оптимизации режима добычи, системы управления логистикой, основанные на искусственном интеллекте, а также системы распределенной и «точечной» генерации электроэнергии.

Далее, цифровые технологии позволяют значительно снизить затраты освоения шельфовых месторождений как наиболее технологически сложного процесса. На конец 2010-х гг. в мире разрабатывалось порядка трехсот месторождений нефти на шельфе, на которые приходилось до трети нефтедобычи. Основной совокупностью цифровых технологий, преобразующих шельфовую добычу нефти, являются «умные» скважины – комплексы инновационного оборудования и компьютерных программ для управления добычей углеводородов при помощи искусственного интеллекта, в т.ч. в бесплодном режиме (доля российского оборудования и технологий российской разработки в данной сфере не превышает одной пятой части).

К настоящему моменту передовой опыт внедрения сквозных цифровых технологий в мировой нефтегазовой отрасли включает в себя интегрированный анализ геологических, производственных, экономических данных при помощи искусственного интеллекта (Repsol, Испания; Сургутнефтегаз, Россия), «умные» сенсоры для оптимизации производительности и повышения безопасности труда, контроля состояния трубопроводов (British Petroleum, Великобритания; Schlumberger, Columbia Pipeline, США), 3D-печать, в т.ч. полностью буровой станции (Shell), цифровые двойники скважин, предприятий, целых месторождений (Лукойл, Роснефть, Газпромнефть, Россия) [15]. Детально примеры внедрения технологий Индустрии 4.0 представлены в Таб. 2.

Таблица 2 – Примеры внедрения технологий Индустрии 4.0 в различных сегментах нефтегазовой отрасли

Table 2 – Examples of Industry 4.0 technologies' implementation in various segments of oil and gas industry

Технологии Индустрии 4.0	Добыча нефти и газа	Подготовка и транспортировка нефти и газа	Переработка нефти и газа
Нейросети и искусственный интеллект	Цифровизация геолого-разведки, мониторинга скважин и сейсмических наблюдений	Безлюдное оборудование	Безлюдное оборудование
«Умные» роботы	Полная автоматизация бурового оборудования	Безлюдное управление цепочками поставок и танкерным флотом	Автоматизация снабжения ресурсами и сбыта
Машинное видение и обучение	Сверхточное бурение	Техническое обслуживание трубопроводов и танкеров	Цифровой мониторинг и управление нефтепереработкой и сжижением газа
Блокчейн	Цифровизация расчетов за поставки сырой нефти; беспристрастная техническая инспекция	Управление цепочками поставок без потери данных	Управление цепочками поставок без потери данных
Интернет вещей	Удаленное управление и техническое обслуживание оборудования	Удаленный мониторинг транспортных систем	Удаленное предиктивное обнаружение и прогнозирование поломок и износа оборудования
Цифровые двойники	Планирование и управление процессами на основе цифровых двойников	«Подключенные» роботники	Удаленное предиктивное обнаружение и прогнозирование поломок и износа оборудования
3D-печать и аддитивные технологии	Сверхбыстрое изготовление запасных частей, в т.ч. в месте использования	Цифровое прототипирование трубопроводов и портовых терминалов	Цифровое прототипирование нефтеперерабатывающих заводов и систем сжижения газа
Облачные вычисления	Удаленное техническое обслуживание	«Подключенные» механики	Ресурсосбережение

Составлено авторами

Таким образом, цифровые технологии Индустрии 4.0, с одной стороны, являются самостоятельным фактором инновационного развития нефтегазовой отрасли, с другой – неотъемлемо связаны с экономическими стимулами инвестирования инноваций и мотивации к их внедрению, развития взаимодействий фундаментальной и прикладной науки, трансфера технологий в производство и их межотраслевой диффузии.

Вторая группа факторов – экономические – включают в себя ценовые, инвестиционные, налоговые, конкурентные. Действие ценового фактора заключается в волатильности мировых цен на нефть (за прошедшие 12 лет спотовые цены Brent колебались от 111 долл. в 2012 г. до 41 долл. в 2020 г.) и природный газ (фьючерсные цены на газ в Евросоюзе – от 211 долл. за 1000 куб. м в 2016 г. до 2120 долл. в 2022 г.) [16]. Такая волатильность обусловлена высоким уровнем

глобализации нефтяного и газового рынков, и их зависимостью от рыночных и политических шоков, даже при наличии устойчивых цепочек поставок и международных контрактов. В итоге это ведет к снижению долгосрочной инвестиционной привлекательности нефтегазовой отрасли (Рис. 1).

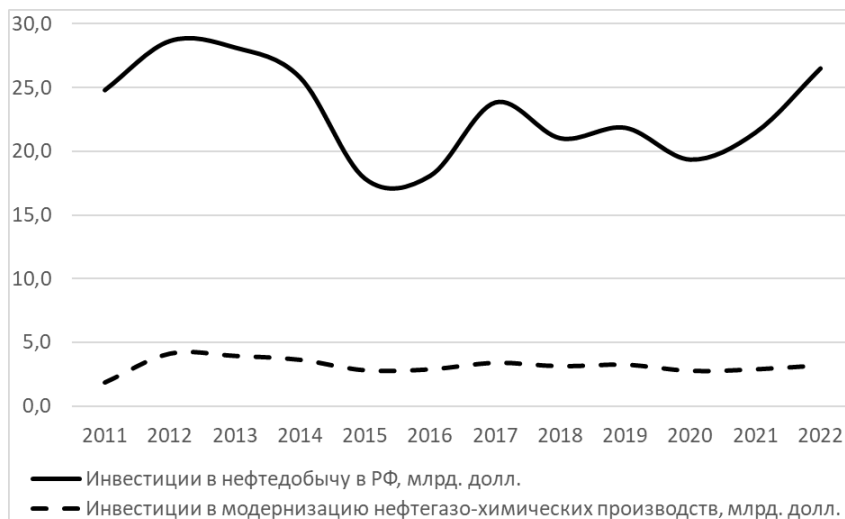


Рис. 1. Динамика инвестиций в добычу нефти и нефтегазо-химические производства в России
 Fig. 1. Dynamics of investments in oil production and oil, gas and chemical production in Russia
 Построено автором по данным [17, 18]:

Как следует из данных Рис. 1, инвестиции в добычу нефти в России (в долларах США, что актуализировано большей половиной импортного оборудования в составе новых средств производства) отличаются значительной нестабильностью (с амплитудой колебаний до 45%), тогда как инвестиции в глубокую переработку нефти и газа не растут с 2012 г. А именно эти производства являются более чувствительными к внедрению технологий Индустрии 4.0 (в плане перехода к безлюдным производствам, «виртуальным предприятиям», машинному зрению, Интернету вещей), чем добыча углеводородов.

Особую роль в инвестировании трансфера технологий Индустрии 4.0 в нефтегазовой отрасли играют венчурные инвестиции, предоставляемые специализированными фондами нефтегазодобывающих и сервисных компаний, и нацеленных на поддержку инновационных стартапов. В России основным отраслевым венчурным фондом выступает New Industry Ventures (ПАО «Газпромнефть», «Газпромбанк», «Роснефть НК» и др.), за рубежом – Chevron Technology Ventures (США), BP Ventures, Shell Ventures (Великобритания), Saudi Aramco Energy Ventures (Саудовская Аравия), Statoil Energy Ventures Portfolio Investments (Норвегия). В 2015-2021 гг. мировые венчурные инвестиции в нефтегазовой отрасли выросли с 10 до 32 млрд. долл., что делает их наиболее быстрорастущим сегментом отраслевых инвестиций [18].

Экономический фактор рыночной конкуренции действует на инновационное развитие нефтегазовой отрасли двояко: с одной стороны, соперничество углеводородов как традиционных энергоносителей и альтернативных источников энергии (солнечная, ветряная, водородная энергетика, сжигание и газификация биомассы, а также гидроэнергетика) вызывает необходимость сокращения затрат и сокращения воздействия на окружающую среду компаний нефтегазовой отрасли. Это достижимо при увеличении инвестиций в новые сквозные цифровые технологии, значительно улучшающие экономические показатели отрасли (о чем речь шла выше), а также при ускорении их трансфера в производство. Опережающий характер инновационного развития нефтегазовой отрасли в странах Евросоюза и США связана с высоким уровнем дотаций государства производителям энергии из альтернативных источников, что повышает их конкурентоспособность. Вместе с тем, сокращение спроса на нефтепродукты в ЕС и США во многом компенсируется ростом спроса в странах Юго-Восточной Азии и Африки.

В свою очередь, рыночная конкуренция на самом рынке природного газа, нефти и нефтепродуктов как на глобальном, так и на национальном уровнях характеризуется олигопольной моделью, отличительными признаками которой являются доминирование на мировом рынке таких стран, как США и Саудовская Аравия, а также низкий уровень конкуренции на российском

рынке (во многом за счет преобладания крупных компаний с государственным участием). Все это выступает силой, сокращающей рыночные стимулы инновационного развития нефтегазовой отрасли России до уровня Индустрии 4.0.

Аналогичным экономическим фактором, сдерживающим трансфер цифровых сквозных технологий, выступает налогообложение нефтегазовой отрасли, которое в России представлено налогами на добычу полезных ископаемых, на прибыль, на добавленную стоимость, на дополнительный доход от добычи углеводородного сырья, налог на добавочную стоимость, а также акцизом на моторные топлива и экспортной пошлиной. Ключевая роль нефтегазовой отрасли в наполнении доходной части федерального бюджета в России объясняет высокую налоговую нагрузку, сокращающую инвестиционные ресурсы компаний, которые направляются на реализацию прорывных проектов внедрения цифровых сквозных технологий.

Третьей группой факторов выступают политические, связанные с воздействием неэкономических (экзогенных) процессов и шоков на инвестиции и продажи нефти и газа. Сегодня наряду с традиционными политическими факторами (международным углеродным регулированием, решениями ОПЕК и других международных организаций), на российскую нефтегазовую отрасль в значительной степени влияют внешние санкции и ограничения, содержащиеся во всех двенадцати пакетах санкций, принятых в 2022-2023 гг. Вкупе с высокой импортозависимостью российской нефтегазовой отрасли, это, с одной стороны, выступает значимым стимулом для развития и трансфера отечественных технологий Индустрии 4.0 в отрасль, с другой – сдерживает этот процесс за счет разрыва инновационно-кооперационных связей с иностранными разработчиками технологий и производителями оборудования.

Таким образом, действие факторов инновационного развития нефтегазовой отрасли в условиях перехода к Индустрии 4.0 отличается двойственностью – как стимулированием, так и дестимулированием, применительно к внедрению сквозных цифровых технологий. В связи с этим следует учитывать, с одной стороны, накопленный потенциал создания новых цифровых технологий в высокотехнологичном секторе экономики России, с другой – общее технологическое отставание реального сектора от передовых стран. Именно на этом основании должна строиться государственная политика в отношении инновационного развития нефтегазовой отрасли.

4 Заключение

В результате анализа факторов, воздействующих на инновационное развитие нефтегазовой отрасли в условиях перехода к Индустрии 4.0 можно сделать следующие выводы. Во-первых, технологический фактор – ядро платформы Нефтегаз 4.0 – способствует росту экономических показателей во всех сегментах отрасли – добыче, транспортировке и подготовке, а также переработке углеводородов, что является определяющей силой долгосрочной конкурентоспособности отрасли в условиях усиления соперничества с производителями энергии из возобновляемых источников (лидеров четвертого энергетического перехода), дотируемых во многих странах. Во-вторых, экономические факторы – рыночный и инвестиционный, – отличаются достаточно высокой волатильностью и периодически оказывают дестимулирующее воздействие на цифровую модернизацию отрасли (за исключением венчурных инвестиций). В свою очередь, налоговый фактор в российской экономике является явно дестимулирующим, применительно к трансферу технологий Индустрии 4.0 в нефтегазовую отрасль, вследствие ее бюджетно-образующей роли. Наконец, действие политического фактора в российских условиях наиболее полно проявляется в воздействии санкций и ограничений со стороны недружественных стран, что во многом является стимулом для развития научно-инновационной кооперации отечественных представителей отрасли и высокотехнологичного сектора.

Список источников

1. Accenture Company. Oil and Gas Leaders Taking Holistic Approach to Reinvention by Balancing Energy Security and Sustainability, Accenture Report Finds. December 08, 2022. URL: <https://newsroom.accenture.com/news/2022/oil-and-gas-leaders-taking-holistic-approach-to-reinvention-by-balancing-energy-security-and-sustainability-accenture-report-finds> (последнее обращение: 15.11.2023).
2. McKinsey & Company. End-to-end digital transformations for chemical companies. August 25, 2020. URL: <https://www.mckinsey.com/industries/chemicals/our-insights/end-to-end-digital-transformations-for-chemical-companies> (последнее обращение: 15.11.2023).
3. Bajaj S., Wolfe T., Vaz L. Digital Transformation in Oil and Gas // BrilaSoft Company Bulletin. – 2022. – 18 February. URL: <https://www.birlasoft.com/articles/digital-transformation-in-oil-and-gas-industry> (последнее обращение: 15.11.2023).

4. Галушко М.В., Дедеева С.А., Иневатова О.А. Цифровые инновационные решения, как основной инструмент повышения конкурентного преимущества предприятий нефтегазовой отрасли // *Экономические науки*. – 2023. – №1 (218). – С. 190-197.
5. Нефтегаз. Дайджест №17(24). Комплексная энергетическая безопасность и цифровизация ТЭК. URL: [https://www.neftegazexpo.ru/common/img/uploaded/exhibitions/neftegaz2020/img/digest/Neftgaz_Digest_2020.17\(24\).pdf](https://www.neftegazexpo.ru/common/img/uploaded/exhibitions/neftegaz2020/img/digest/Neftgaz_Digest_2020.17(24).pdf) (последнее обращение: 15.11.2023).
6. Vial G. Understanding digital transformation: a review and a research agenda // *Journal of Strategic Information Systems*. – 2019. – Vol. 28(2). – pp. 118-144.
7. Горбов И.А., Гаврилюк Е.С. Исследование драйверов цифровой трансформации нефтегазовой отрасли // *Экономика и экологический менеджмент*. – 2022. – №2. – С. 49-62.
8. Abu Dhabi National Oil Company (ADNOC). Oil & Gas 4.0: Attracting the Workforce of the Future. 2022. URL: <https://www.adnoc.ae/-/media/adnoc/files/publications/workforce-of-the-future/oil-gas-40-workforce-of-the-future-report-march-12-2019.ashx?la=en> (последнее обращение: 15.11.2023).
9. Honeywell Forge. Industry 4.0 in Oil and Gas Industry. Whitepaper 04/2021. URL: <https://www.honeywellforge.ai/us/en/resources> (последнее обращение: 15.11.2023).
10. Imamverdiyev Y.N. Oil and Gas 4.0 Existing Solutions, Prospects and Challenges // *Problems of Information society*. – 2021. – Vol. 1. URL: <https://jpis.az/en/journals/246> (последнее обращение: 15.11.2023).
11. Качалкина К.Г. Роль межотраслевой кооперации при внедрении технологий Индустрии 4.0 в нефтегазовых компаниях // *Российское предпринимательство*. – 2019. – Том 20. – № 1. – С. 185-196
12. Горбов И.А., Гаврилюк Е.С. Исследование драйверов цифровой трансформации нефтегазовой отрасли // *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и Экологический менеджмент»*. – 2022. – № 2. – С. 49-62.
13. Харланов А.С. Нефтегазовый сектор в Индустрии 4.0.: переход на возобновляемые источники энергии и итоги цифровизации // *Современные технологии управления*. – 2021. – №2 (95). – С. 9508.
14. Швец Н.Н., Береснева П.В. Нефтегазовые ресурсы Арктики: правовой статус, оценка запасов // *Вестник МГИМО*. – 2014. – №4 (37). – С. 60-67.
15. Цифровая трансформация нефтегазовой отрасли: популярный миф или объективная реальность? / Материалы Национального нефтегазового форума, Москва, 16-18 апреля 2018 г. URL: <http://oilandgasforum.ru/data/files/Digest%20site/DAIDJEST%20WEB2.pdf> (последнее обращение: 15.11.2023).
16. Информационный портал Trading Economics. URL: <https://ru.tradingeconomics.com/commodity/natural-gas> (последнее обращение: 15.11.2023).
17. Шарокова А.В., Кунанбаева К.Б. Инвестиции в нефтяной промышленности // *Оценка инвестиций*. – 2020. – 03 марта. URL: <https://www.esm-invest.com/ru/investments-in-the-oil-industry> (последнее обращение: 15.11.2023).
18. Информационное агентство Info Line. 350 крупнейших инвестиционных проектов в нефтегазовой промышленности России. Проекты 2023-2026 годов. 2023. URL: <https://infoline.spb.ru/upload/iblock/a10/a10b6b0719be0c5926d18c426234d747.pdf> (последнее обращение: 15.11.2023).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© 2023 Авторы. Издательство Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы

Лукьяненко Павел Павлович – аспирант

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

634050 г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: spinusinfo@icloud.com

Жиронкина Ольга Валерьевна – кандидат педагогических наук, доцент

Кемеровский государственный университет

650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6

E-mail: o-zhironkina@mail.ru

References

1. Accenture Company. Oil and Gas Leaders Taking Holistic Approach to Reinvention by Balancing Energy Security and Sustainability, Accenture Report Finds. December 08, 2022. URL: <https://newsroom.accenture.com/news/2022/oil-and-gas-leaders-taking-holistic-approach-to-reinvention-by-balancing-energy-security-and-sustainability-accenture-report-finds> (last access: 15.11.2023).

2. McKinsey & Company. End-to-end digital transformations for chemical companies. August 25, 2020. URL: <https://www.mckinsey.com/industries/chemicals/our-insights/end-to-end-digital-transformations-for-chemical-companies> (last access: 15.11.2023).
3. Bajaj S., Wolfe T., Vaz L. Digital Transformation in Oil and Gas // BrilaSoft Company Bulletin. 2022. 18 February. URL: <https://www.birlasoft.com/articles/digital-transformation-in-oil-and-gas-industry> (last access: 15.11.2023).
4. Galushko M.V., Dedeeva S.A., Inevatova O.A. Cifrovye innovacionnye reshenija, kak osnovnoj instrument povyshenija konkurentnogo preimushhestva predpriyatij neftegazovoj otrasli [Digital innovative solutions as the main tool for increasing the competitive advantage of oil and gas industry enterprises]. *Jekonomicheskie nauki = Economic Sciences*. 2023. Vol. (218). pp. 190-197.
5. Oil and gas. Digest No. 17(24). Integrated energy security and digitalization of the fuel and energy complex. URL: [https://www.neftegazexpo.ru/common/img/uploaded/exhibitions/neftegaz2020/img/digest/Neftegaz_Digest_2020.17\(24\).pdf](https://www.neftegazexpo.ru/common/img/uploaded/exhibitions/neftegaz2020/img/digest/Neftegaz_Digest_2020.17(24).pdf) (last access: 15.11.2023).
6. Vial G. Understanding digital transformation: a review and a research agenda // *Journal of Strategic Information Systems*. 2019. Vol. 28(2). pp. 118-144.
7. Gorbov I.A., Gavriljuk E.S. Issledovanie drajverov cifrovoj transformacii neftegazovoj otrasli [Research of drivers of digital transformation of the oil and gas industry]. *Jekonomika i jekologicheskij menedzhment = Economics and environmental management*. 2022. Vol. 2. pp. 49-62.
8. Abu Dhabi National Oil Company (ADNOC). Oil & Gas 4.0: Attracting the Workforce of the Future. 2022. URL: <https://www.adnoc.ae/-/media/adnoc/files/publications/workforce-of-the-future/oil-gas-40-workforce-of-the-future-report-march-12-2019.ashx?la=en> (last access: 15.11.2023).
9. Honeywell Forge. Industry 4.0 in Oil and Gas Industry. Whitepaper 04/2021. URL: <https://www.honeywell-forge.ai/us/en/resources>
10. Imamverdiyev Y.N. Oil and Gas 4.0 Existing Solutions, Prospects and Challenges // *Problems of Information society*. 2021. Vol. 1. URL: <https://jpis.az/en/journals/246> (last access: 15.11.2023).
11. Kachalkina K.G. Rol' mezhotraslevoj kooperacii pri vnedrenii tehnologij Industrii 4.0 v neftegazovyh kompanijah [The role of inter-industry cooperation in the implementation of Industry 4.0 technologies in oil and gas companies]. *Rossijskoe predprinimatel'stvo = Russian Entrepreneurship*. 2019. Vol. 20(1). pp. 185-196
12. Gorbov I.A., Gavriljuk E.S. Issledovanie drajverov cifrovoj transformacii neftegazovoj otrasli [Research of drivers of digital transformation of the oil and gas industry]. *Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Serija «Jekonomika i Jekologicheskij menedzhment» = Scientific journal of NRU ITMO. Series "Economics and Environmental Management"*. 2022. Vol. 2. pp. 49-62.
13. Harlanov A.S. Neftegazovoj sektor v Industrii 4.0.: perehod na vozobnovljaemye istochniki jenergii i itogi cifrovizacii [Oil and gas sector in Industry 4.0: transition to renewable energy sources and results of digitalization]. *Sovremennye tehnologii upravlenija = Modern management technologies*. 2021. Vol. 2 (95). pp. 9508.
14. Shvec N.N., Beresneva P.V. Neftegazovye resursy Arktiki: pravovoj status, ocenka zapasov [Oil and gas resources of the Arctic: legal status, reserve assessment]. *Vestnik GIMO = MSIIR Bulletin*. 2014. Vol. 4 (37). pp. 60-67.
15. Digital transformation of the oil and gas industry: popular myth or objective reality? / *Materials of the National Oil and Gas Forum, Moscow, April 16-18, 2018*. URL: <http://oilandgasforum.ru/data/files/Digest%20site/DAIDJEST%20WEB2.pdf> (last access: 15.11.2023).
16. Information portal Trading Economics. URL: <https://ru.tradingeconomics.com/commodity/natural-gas>
17. Sharokova A.V., Kunanbaeva K.B. Investicii v nefljanoj promyshlennosti [Investments in the oil industry]. *Ocenka investicij = Investment assessment*. 2020. 03 March. URL: <https://www.esm-invest.com/ru/investments-in-the-oil-industry> (last access: 15.11.2023).
18. Information agency Info Line. 350 largest investment projects in the oil and gas industry of Russia. 2023. URL: <https://infoline.spb.ru/upload/iblock/a10/a10b6b0719be0c5926d18c426234d747.pdf> (last access: 15.11.2023).

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

© 2023 The Authors. Published by T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Authors

Pavel Lukyanenok – Post-Graduate
National Research Tomsk Polytechnic University
634050 Tomsk, Lenin Ave., 30
E-mail: spinusinfo@icloud.com
Olga Zhironkina – C. Sc. in Pedagogy, Assistant Professor
Kemerovo State University
650000, Kemerovo, Krasnaya st., 6
E-mail: o-zhironkina@mail.ru

