

Научная статья
УДК 338.2
doi:10.37614/2220-802X.1.2022.75.002

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ АРКТИЧЕСКОГО НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА: НОВЫЕ ВЫЗОВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ

Никита Александрович Третьяков¹, Алексей Евгеньевич Череповицын²

^{1, 2}Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия

¹tretyakov@leadercup.ru, ORCID 0000-0001-8184-7497

²alekseicherepov@inbox.ru, ORCID 0000-0003-0472-026X

Аннотация. В настоящее время цифровая трансформация стала одним из глобальных технологических трендов. Для эффективного освоения минерально-сырьевой базы и реализации запланированных проектов необходимо обновление технологических решений с целью оптимизации бизнес-процессов на всей цепочке создания ценности продукта. Особенно актуальна данная тематика для национального нефтегазового комплекса. Существующие проблемы, связанные с истощением традиционных запасов углеводородов, усложнением горно-геологических условий и необходимостью поиска новых источников освоения ресурсов, требуют принципиально новых технологических решений. Современные условия функционирования энергетических рынков, сопряженные с высокой степенью неопределенности макроэкономических параметров, активизацией «зеленых» трендов и развитием подходов к ответственному финансированию, также формируют новые требования к отрасли и самим нефтегазовым компаниям. Сегодня внедрение цифровых технологий является одним из важнейших направлений развития нефтегазового сектора. Цель работы заключается в исследовании и обосновании новых вызовов и возможностей осуществления цифровой трансформации нефтегазового комплекса в Арктике. Определена роль цифровой трансформации для минерально-сырьевого комплекса (МСК), исследованы ключевые направления, динамика и тенденции развития данного процесса. Проведен анализ существующего опыта отечественных и зарубежных компаний в рамках внедрения цифровых технологий в нефтегазовом секторе. Приведена декомпозиция задач цифровой трансформации нефтегазовых компаний. Обоснована роль цифровой трансформации арктического нефтегазового комплекса путем систематизации ключевых внешних и внутренних вызовов. Разработан перечень технологий, релевантных для внедрения при освоении углеводородного ресурсного потенциала в Арктике, систематизированы основные эффекты цифровизации и выявлены потенциальные трудности осуществления данного процесса в текущих условиях.

Ключевые слова: цифровая трансформация, минерально-сырьевой комплекс, технологии, Арктика, ресурсный потенциал, нефтегазовый комплекс, перспективы, вызовы

Для цитирования: Третьяков Н. А., Череповицын А. Е. Цифровая трансформация арктического нефтегазового комплекса: новые вызовы и возможности // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2022. № 1. С. 17–32. doi:10.37614/2220-802X.1.2022.75.002

Original article

DIGITAL TRANSFORMATION OF THE ARCTIC OIL AND GAS INDUSTRIAL COMPLEX: NEW CHALLENGES AND OPPORTUNITIES

Nikita A. Tretyakov¹, Aleksey E. Cherepovitsyn²

^{1, 2}Saint Petersburg Mining university, Saint Petersburg, Russia

¹tretyakov@leadercup.ru, ORCID 0000-0001-8184-7497

²alekseicherepov@inbox.ru, ORCID 0000-0003-0472-026X

Abstract. Currently, digital transformation has become one of the global technological trends. For the effective development of the mineral resource base and the implementation of planned projects, it is necessary to update technological solutions in order to optimize business processes along the entire value chain of the product. This topic is especially relevant for the national oil and gas complex. The existing problems associated with the depletion of traditional hydrocarbon reserves, the complication of mining and geological conditions and the need to search for new sources of resource development require fundamentally new technological solutions. Modern conditions for the functioning of energy markets, associated with a high degree of uncertainty in macroeconomic parameters, the activation of "green" trends and the development of approaches to responsible financing, also form new requirements for the industry and the oil and gas companies themselves. Today, the introduction of digital technologies is one of the most important areas for the development of the oil and gas sector. The purpose of the work is to study and justify new challenges and opportunities for digital transformation of the oil and gas complex in the Arctic. The paper defines the role of digital transformation for the mineral resource complex (MCC), explores the key areas, dynamics and development trends of this process. The analysis of

ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА НА СЕВЕРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

the existing experience of domestic and foreign companies in the framework of the introduction of digital technologies in the oil and gas sector was carried out. The decomposition of the tasks of digital transformation of oil and gas companies is given. The role of the digital transformation of the Arctic oil and gas complex is substantiated by systematizing key external and internal challenges. A list of technologies relevant for implementation in the development of hydrocarbon resource potential in the Arctic has been developed, the main effects of digitalization have been systematized, and potential difficulties in implementing this process in the current conditions have been identified.

Keywords: digital transformation, mineral and raw material complex, technologies, Arctic, resource potential, oil and gas complex, prospects, challenges

For citation: Tretyakov N. A., Cherepovitsyn A. E. Digital transformation of the Arctic oil and gas industrial complex: new challenges and opportunities. Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo poriadka [The North and the Market: Forming the Economic Order], 2022, no. 1, pp. 17–32. doi:10.37614/2220-802X.1.2022.75.002

Введение

Современный научно-технологический прогресс открывает новые горизонты для компаний МСК, расширяя существующие возможности освоения ранее недоступных месторождений, включая трудноизвлекаемые и глубоководные запасы. Сегодня цифровая трансформация стала одним из глобальных технологических трендов, следование которому является одной из важных предпосылок к формированию устойчивых конкурентных преимуществ [1, 2].

В нефтегазовой отрасли, отличающейся своей высокой научно- и капиталоемкостью, именно технологическое лидерство стало ключевым фактором конкурентоспособности¹. Неслучайно многие российские и зарубежные компании в данной сфере взяли курс на цифровизацию производственных процессов. Технологии цифровой трансформации способствуют качественным преобразованиям в способах организации и управления нефтегазовыми компаниями и бизнес-процессами. Их применение ведет к оптимизации расходов предприятий и становится одним из параметров эффективного наращивания объемов производства.

Значимость цифровой трансформации и интеллектуализации отраслей топливно-энергетического комплекса (ТЭК) определена в проекте Энергетической стратегии Российской Федерации до 2035 года². В перечень основных цифровых технологий, планируемых к внедрению в российский ТЭК, входят технологии прогнозирования и моделирования на основе анализа больших данных (в том числе 3D-моделирования), компьютерной имитации, роботизации, создания цифровых двойников, интеллектуальных месторождений.

Проблематика цифровизации производств особенно актуальна в разрезе освоения арктического ресурсного потенциала. Северные территории обладают выраженной спецификой (климатические,

геологические, инфраструктурные параметры) и требуют особых подходов к их развитию. Арктика известна хрупкостью экосистем, что обуславливает наличие существенных рисков в сфере охраны окружающей среды и ведет к необходимости поиска путей их предотвращения [3–7]. Внедрение цифровых технологий же позволяет как оптимизировать производственные процессы в удаленных регионах, так и нивелировать потенциальные экологические и социальные риски.

Несмотря на очевидные преимущества цифровой трансформации, важно понимать, что данный процесс является сложным и многокомпонентным, требует существенных изменений в функционировании компаний энергетического сектора на всех уровнях управления (стратегическом, операционном и пр.) [8]. Ввиду чего в данном ключе необходимо рассматривать не только возможности, но и потенциальные трудности внедрения цифровых технологий. В упомянутом выше документе обозначено, что для осуществления цифровой трансформации потребуются выстроить принципиально новую систему управления, координации и мониторинга.

Научная работа опирается на существенный информационно-аналитический базис — задействованы научные публикации отечественных и зарубежных ученых, статистические сборники и данные компаний, обзоры международных организаций и агентств (BP, Deloitte и др.). Важно отметить, что в научной литературе проблематике цифровой трансформации МСК посвящено значительное число релевантных работ — А. Р. Калинин (2021) [9], Kim (2019) [10], Litvinenko (2020) [11] и пр. Ряд российских ученых также занимается непосредственно исследованием потенциала цифровизации МСК в Арктике, обращая особое внимание на сектор добычи углеводородных ресурсов — Eryomin and Dmitrievsky (2018) [12], Gafurov et al. (2020) [13], Timchuk (2017) [14] и др. В научной публикации Samylovskaya et al. (2022) проведен анализ опыта российских нефтегазовых

¹ «Игорь Сечин выступил с ключевым докладом на Энергетической панели» // Официальный сайт компании «Роснефть». 2018. URL: <https://www.rosneft.ru/press/today/item/191125/> (дата обращения: 12.03.2022); Digital Transformation Initiative Oil and Gas Industry. World Economic Forum. URL: <https://reports.weforum.org/digital-transformation/wp-content/blogs.dir/94/mp/files/pages/files/dti-oil-and-gas-industry-white-paper.pdf> (дата обращения: 13.03.2022).

² Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года: утв. Распоряжением Правительства РФ от 9 июня 2020 г. № 1523-п. URL: <http://static.government.ru/media/files/w4sigFOiDjGVDT4lgsApssm6mZRb7wx.pdf> (дата обращения: 11.03.2022).

ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА НА СЕВЕРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

компаний в контексте внедрения цифровых технологий при освоении углеводородного потенциала Арктики [15].

В то же время, несмотря на актуальность рассматриваемой тематики, многие аспекты цифровой трансформации арктического нефтегазового комплекса остаются непроработанными. В частности, в литературе отсутствует обоснование технологических возможностей реализации данного процесса с учетом новых вызовов и потенциальных эффектов.

Цель настоящей работы состоит в исследовании и обосновании новых вызовов и возможностей реализации цифровой трансформации нефтегазового комплекса в Арктике.

В статье решаются следующие исследовательские задачи: 1) определение роли цифровой трансформации для отраслей МСК; 2) исследование тенденций и направлений цифровизации зарубежных и российских нефтегазовых компаний; 3) анализ существующих вызовов цифровой трансформации арктического нефтегазового комплекса и возможностей применения цифровых технологий в рамках реализации нефтегазовых проектов на арктическом шельфе и в материковой части Арктики.

Роль цифровой трансформации для минерально-сырьевого комплекса

На сегодняшний день внедрение цифровых технологий в производство является одним из значимых направлений повышения эффективности функционирования предприятий минерально-сырьевого сектора [8, 16]. Согласно исследованию

McKinsey, внедрение цифровых технологий на месторождениях способствует эффективному переходу от традиционного вида «ручных» работ при геологической оценке к статистическим методам интерпретации данных геологоразведки, оптимизации технологического процесса, совершенствованию процессов прогнозирования и реализации контроля операционной эффективности³.

Актуальность создания и внедрения цифровых технологий в деятельность предприятий минерально-сырьевого сектора определяется сразу несколькими тенденциями. Рост природных рисков, заключающихся в усложнении горно-геологических условий эксплуатации ресурсов, увеличении глубины залегания запасов и пр., обуславливает трудность принимаемых технологических решений и формирует необходимость поиска новых подходов к организации и управлению производственными процессами [17]. Множественность факторов, влияющих на ведение горных работ, и элементов, непосредственно участвующих в их реализации, выступает в качестве платформы для применения современных цифровых и интеллектуальных технологий, способных осуществлять постоянный анализ и контроль действующих субъектов и всего производственного процесса.

По данным 2020 г., суммарные затраты на внедрение и использование цифровых технологий со стороны предприятий сектора добычи полезных ископаемых в России составили 53,3 млрд рублей, из которых 32 % пришлось на услуги связи⁴. Общая структура расходов приведена на рис. 1.

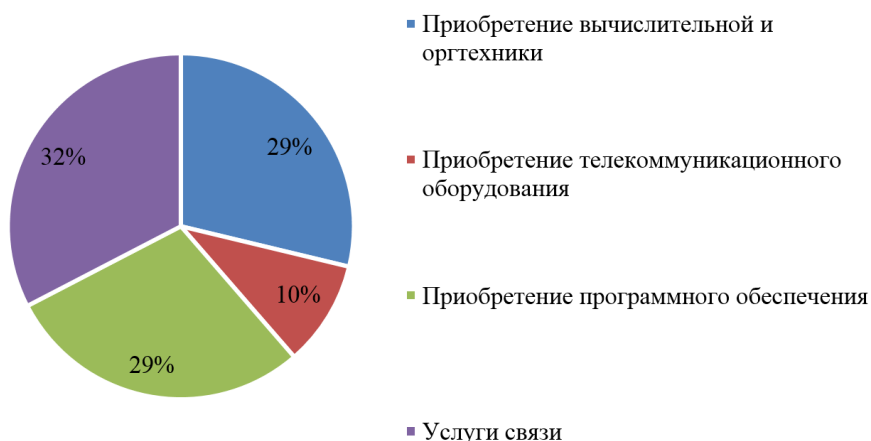


Рис. 1. Структура затрат организаций сектора добычи полезных ископаемых на внедрение и использование цифровых технологий в 2020 г., %. Составлено авторами на основе: Российский статистический ежегодник — 2021. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/12994> (дата обращения: 19.02.2022)

³ McKinsey: как сэкономить \$370 млрд в год в горнодобыче за счет цифровых технологий. URL: <http://www.forbes.ru/biznes/340559-mckinsey-kak-cifrovyte-tehnologii-snizyat-na-17-rashody-v-gornodobyche>. (дата обращения: 15.02.2022).

⁴ Российский статистический ежегодник — 2021. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/12994> (дата обращения: 19.02.2022).

ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА НА СЕВЕРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

В последние годы величина затрат предприятий МСК на приобретение программного обеспечения не подвергается существенным изменениям. При этом следует отметить, что доля использования программного обеспечения отечественного производства в общей структуре возрастает. Так, в 2017 г. данный показатель составил 29 %, а к 2019 г. фактически достиг 30 % (рис. 2).

При этом, несмотря на растущую значимость цифровых решений, статистические данные свидетельствуют о текущем снижении доли компаний в секторе добычи полезных ископаемых, использующих программные средства (ПС) для решения организационных, управленческих, экономических и производственных задач. Так, если в 2016 г. доля предприятий, использующих ПС с целью управления автоматизированным производством, достигала 40,1 %, то к 2019 г. она снизилась на 14 % и составила всего лишь 34,4 % от общего числа организаций (рис. 3). Также стоит отметить, что доля компаний МСК, применяющих ПС с целью проведения научных исследований и разработок, составляет лишь 5 %, что является крайне низким значением⁵.

Цифровизация охватывает целый перечень технологий, например, разработку цифровых двойников, внедрение программных продуктов, облачных сервисов, удаленной диагностики состояния и производительности технических средств и пр.⁶. Обращаясь к тематике цифровизации МСК, в научной литературе все чаще

можно встретить термин «интеллектуальное месторождение» (умное месторождение — smart field) [18]. Концепция применения «умных» технологий обусловлена возможностями удаленного управления объектами эксплуатации и непрерывного контроля [19]. Основу интеллектуальных месторождений составляют инновационные решения, направленные на автоматизацию производства, снижение издержек в долгосрочной перспективе и повышение финансовой устойчивости и рентабельности деятельности горнодобывающих предприятий. Все это в перспективе позволяет увеличить объемы добычи и снизить целый ряд рисков.

Автоматизированный сбор и непрерывный анализ производственных данных, заключенные в единую программно-математическую модель, сокращают вероятность наступления ошибок со стороны операторов, что ведет к сокращению рисков и позволяет производить оценку состояния производства в целом и его отдельных объектов с позиции системного подхода, что необходимо в рамках прогнозирования и оптимизации работы всех действующих элементов с помощью использования методов искусственного интеллекта [20]. Данная концепция осуществима как на углеводородных месторождениях и при разработке запасов твердых полезных ископаемых (интеллектуальный карьер), так и при эксплуатации угольных шахт (умная шахта) [21].

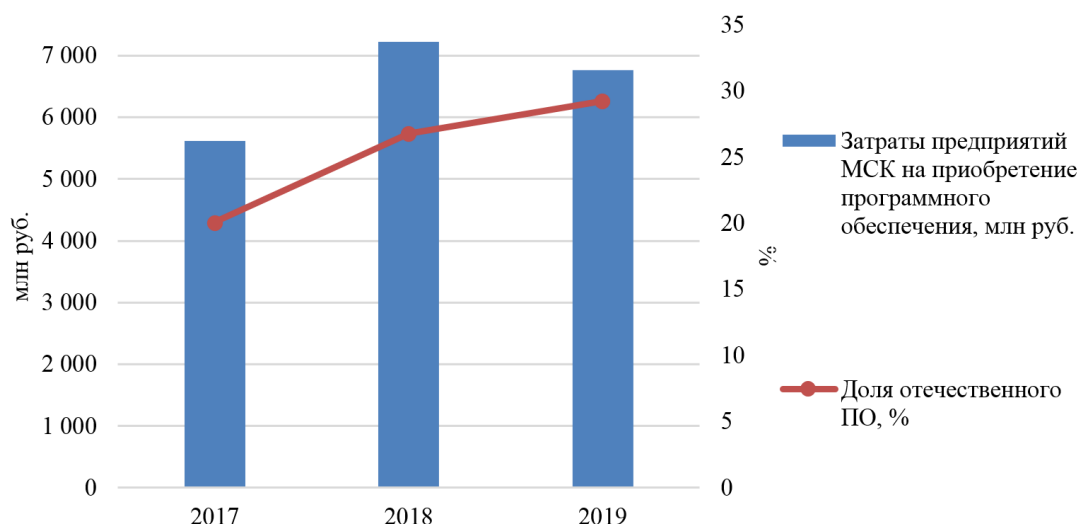


Рис. 2. Структура затрат организаций сектора добычи полезных ископаемых на внедрение и использование цифровых технологий в 2020 г., %. Составлено авторами на основе: Индикаторы цифровой экономики. URL: <https://www.hse.ru/primarydata/ice2020> (дата обращения: 29.02.2022)

⁵ Индикаторы цифровой экономики. URL: <https://www.hse.ru/primarydata/ice2020> (дата обращения: 19.02.2022).

⁶ Цифровизация в горнодобывающей промышленности. Информационный бюллетень. URL: <https://www.goodclimate.com/materials/files/152.pdf> (дата обращения: 06.03.2022); Digital

Transformation Initiative Oil and Gas Industry. World Economic Forum. URL: <https://reports.weforum.org/digital-transformation/wp-content/blogs.dir/94/mp/files/pages/files/dti-oil-and-gas-industry-white-paper.pdf> (дата обращения: 13.03.2022).

ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА НА СЕВЕРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ



Рис. 3. Направления использования ПК на предприятиях, осуществляющих деятельность в сфере добычи полезных ископаемых, % от общего числа организаций. Составлено авторами на основе: Индикаторы цифровой экономики. URL: <https://www.hse.ru/primarydata/ice2020> (дата обращения: 19.02.2022)

В основе цифровизации горных производств лежит развитие автоматизированных систем управления, обеспеченных средствами автономного учета и контроля [16, 22]. Дистанционное автоматизированное управление горными работами дает возможность осуществлять эффективную разработку различных видов месторождений в труднодоступных регионах со сложными климатическими условиями. Это является особенно актуальным в рамках развития МСК в Арктической зоне РФ.

Для Российской Федерации, как для страны, имеющей сырьевую направленность экономики, развитие и внедрение интеллектуальных и цифровых технологий — это не только вопрос следования современным тенденциям и решения операционных задач, но и ключевой вектор в рамках стратегического управления и формирования конкурентных преимуществ на международных рынках. Одним из важнейших секторов МСК является нефтегазовый комплекс. Глобальные тенденции, связанные с энергетическим переходом и развитием зеленой энергетики⁷, сегодня стали драйверами к пересмотру сложившихся подходов и бизнес-моделей в сфере добычи нефти и газа [23]. С этой точки зрения цифровая трансформация является не угрозой, а новой возможностью для компаний нефтегазового комплекса.

Нефтегазовые компании: российский и зарубежный опыт внедрения цифровых технологий

В свете сильной волатильности биржевых цен на нефть, для нефтяных компаний особенно остро стоит

запрос на стабильность, и именно использование цифровых технологий может её предоставить, помогая амортизировать спады, которые демонстрирует индустрия последнее время [24]. Несмотря на имеющиеся возможности в области цифровых технологий, уровень цифровизации нефтегазовой промышленности значительно ниже, чем у отраслей — лидеров цифровой трансформации (IT-сферы, банковского дела и пр.). При этом доля инвестиций нефтегазовых компаний в проекты по цифровизации варьируется в пределах 25–40 % в зависимости от реализуемых стратегий, что позволяет сделать вывод об их заинтересованности в создании современных, высокотехнологичных производств [25]. Согласно прогнозу “Technology Outlook — BP” (2018), технологическое развитие и внедрение цифровых технологий позволят к 2050 г. снизить себестоимость добычи более чем на 30 % и одновременно увеличить объемы извлекаемых запасов нефти в мире [26].

Обращаясь к мировой практике, важно отметить, что многие зарубежные нефтегазовые компании уже имеют успешный опыт цифровизации производств. Так, например, бизнес-процессы норвежской компании “Aker BP”, работающей на шельфе, оптимизированы на основе цифровой платформы [27]. По данным австралийской компании “Woodside”, за счет внедрения прогрессивных технологий в производство ей удалось повысить показатель производительности до 10–15 % [27]. В табл. 1 приведены сведения об опыте цифровой трансформации ряда крупнейших мировых нефтегазовых компаний.

⁷ IRENA, Global Energy Transformation: A roadmap to 2050, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. 2018. URL: <https://www.irena.org/>

/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Apr/IRENA_Report_GET_2018.pdf (дата обращения: 03.03.2022).

ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА НА СЕВЕРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

Таблица 1

Опыт внедрения цифровых технологий на примере зарубежных нефтегазовых компаний

Компания (разработчик)	Технология	Эффект	
		производственно-технологический	экономический
“BP”	Технология “Field of the future” (месторождение будущего)	Прирост объемов добычи за счет использования технологии варьируется в пределах 1–2 %	Не установлен
“Shell”	Технология “Smart field” (умное месторождение)	Оценивается с позиции увеличения коэффициента извлечения нефти (КИН) до 5–6 %	Связан с оптимизацией эксплуатационных расходов и их снижением до 10 %
“Chevron”	Технология I-field	Увеличение объемов добычи нефти до 8 % за счет использования технологии	Не установлен
“Halliburton”	Технологический комплекс “Real time operation”	Не установлен	Снижение показателя Capex до 20 %
“Statoil”	Технологический комплекс “Integrated operations”	Увеличение объемов добычи до 20 % в сравнении с показателями до внедрения технологического комплекса	Не установлен

Примечание. Источник: составлено авторами на основе [25].

Опыт зарубежных компаний свидетельствует о возможности повышения как производственно-технологической, так и экономической эффективности за счет осуществления цифровой трансформации. В России внедрение цифровых технологий в отрасль нефти и газа связано именно с приходом на отечественный рынок лидеров в области технологического прогресса — “Shell” и “BP” [28].

Сегодня же цифровые технологии используются на многих крупнейших отечественных нефтегазовых проектах, однако по уровню цифровой зрелости страна все же отстает от международных партнеров, что неоднократно отмечалось Министерством природных ресурсов и экологии РФ. Так, российская компания «Роснефть» оценивает текущий уровень развития и внедрения цифровых решений в производственно-технологическую деятельность как низкий. В то же время цифровизация определена компанией в качестве стратегически значимого направления текущего и будущего развития бизнеса. В 2020 г. внедрение цифровых технологий было реализовано по таким направлениям, как геологоразведка и добыча, нефтепереработка и нефтехимия, коммерция и логистика, устойчивое развитие⁸.

За счет внедрения технологий цифрового месторождения, организации центров удаленного

управления добычей и использования big data на пилотной площадке ПАО АНК «Башнефть» компанией были достигнуты следующие важные результаты⁹: 1) произошло снижение внутрисменных потерь нефти на 15 %; 2) логистические затраты были снижены на 36 %; 3) снижение величины затрат на выезды по заявкам на систему поддержания пластового давления на 40 %.

На уровне компании «Лукойл» реализуется специальная программа, посвященная цифровому развитию, в рамках которой компания планирует повысить эффективность разработки месторождений, оптимизировать режимы технологических процессов, повысить качество обработки актуальной информации, обеспечить производственную безопасность и оперативность предупреждения аварийности¹⁰. Планируемые цифровые инициативы включают в себя создание цифровых двойников и экосистем, а также роботизацию рутинных процессов (технологических, производственных, процессов принятия и осуществления управленческих решений).

«Газпром нефть» относит цифровую трансформацию к фундаментальным трендам¹¹. Компания реализует целый перечень инициатив в области цифровизации, находящихся на различных стадиях осуществления. В базовой стратегии развития «Газпром нефти» приведена оценка потенциала

⁸ «Роснефть». Стратегия компании. Приоритет цифровизации и технологий. 2020. <https://www.rosneft.ru/docs/report/2020/ru/strategy/digital-transformation-technology.html> (дата обращения: 04.03.2022).

⁹ «Роснефть». Стратегия компании. Приоритет цифровизации и технологий. 2020. <https://www.rosneft.ru/docs/report/2020/ru/strategy/digital-transformation-technology.html> (дата обращения: 06.03.2022).

¹⁰ Программа цифровизации // Официальный сайт «Лукойл». URL: <https://csr2018.lukoil.ru/strategy/digitalization-program> (дата обращения: 01.03.2022).

¹¹ «Цифровизация — это фундаментальный тренд» // Официальный сайт компании «Газпром нефть». URL: <https://www.gazprom-neft.ru/press-center/sibneft-online/archive/2018-may/1589542/> (дата обращения: 10.03.2022).

ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА НА СЕВЕРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

реализации инвестиционных проектов цифровой трансформации, составляющая 5 % от показателя EBITDA.

Компания планирует оптимизировать сроки реализации инвестиционных проектов за счет использования прогрессивных цифровых технологий, в частности технических средств виртуальной реальности, автоматизированного проектирования, многомерного моделирования и видеоаналитики. Ключевыми целями цифровой трансформации компании выступают: повышение эффективности управления цепочкой создания стоимости на всех этапах производственного цикла; повышение операционной эффективности на уровне отдельных бизнес-подразделений; формирование гибкой программы принятия и реализации управленческих решений; обеспечение адаптивности к формирующимся трендам и вызовам.

Основную цель цифровой трансформации компания «Татнефть» видит в повышении эффективности

и качества управления, а также в росте стоимости самой компании, признавая важную роль данного процесса. Ежегодный эффект от реализации стратегии, направленной на цифровые преобразования, компания оценивает в 20 млрд рублей¹².

В настоящее время компания делает основной акцент на разработку и внедрение специализированных цифровых двойников нефтегазовых месторождений, а также компьютерное моделирование самих производственных процессов. С помощью моделей формируются обоснованные оценки потенциала отдельных участков месторождений, а также реализуется выбор наиболее оптимальных (с экономической, технологической, производственной точек зрения) вариантов разработки.

На рисунке 4 приведены сведения о проектах интеллектуальных месторождений в России в области добычи нефти.

Интеллектуальные месторождения России				
Компании	"Роснефть"	"Лукойл"	"Газпром нефть"	"Татнефть"
Число проектов	16	13	8	1
Доля в добыче	36	16	45	53

Рис. 4. Сведения о проектах интеллектуальных месторождений в России в сфере добычи нефти. Источник: составлено авторами на основе [25]

На сегодняшний день можно утверждать, что российские нефтегазовые компании не только признают важность цифровой трансформации, но и реализуют конкретные шаги для развития данного направления: осуществляются проекты, ведутся разработки, создаются экспериментальные производства и пр.

На основе анализа нормативно-правовой базы и исследования реализуемых российскими компаниями стратегий было выделено три ключевые

задачи цифровой трансформации отечественных предприятий нефтегазового сектора. К ним отнесены повышение эффективности функционирования компаний, качественный рост уровня оперативного управления, а также обеспечение высокой степени качества риск-ориентированного управления.

На рисунке 5 представлена декомпозиция приведенных задач цифровой трансформации нефтегазовых компаний.

¹² Ключевые аспекты цифровизации нефтяной компании. Опыт компании «Татнефть». Материалы компании «Татнефть» // РБК+.URL:

<https://plus.rbc.ru/pressrelease/5dc171ec7a8aa93769987d36>
 обращения: 10.03.2022).

(дата

ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА НА СЕВЕРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

Повышение эффективности функционирования компании за счет экономически целесообразного внедрения цифровых технологий в производственных процессах и управлении объектами нефтегазодобычи

- Оптимизация затрат на разведку, добычу и переработку углеводородов
- Оптимизация работы систем транспорта и распределения
- Обеспечение контроля качества готовой продукции

Качественное повышение уровня оперативного управления и обеспечение снижения аварийности за счет повышения наблюдаемости и управляемости, а также цифровизации риск-ориентированного оперативного управления системами

- Интеллектуализация риск-ориентированного диспетчерского управления системами и повышение надежности объектов нефтегазодобычи

Повышение качества риск-ориентированного управления развитием за счет применения цифровых технологий и интеллектуальных информационно-аналитических систем в стратегическом и оперативном планировании компании

- Создание интеллектуальных комплексов для планирования развития минерально-сырьевых комплексов
- Повышение качества информационного обеспечения стратегического планирования
- Повышение качества проектирования

Рис. 5. Декомпозиция задач цифровой трансформации нефтегазовых компаний. Составлено авторами на основе: Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года: утв. Распоряжением Правительства РФ от 9 июня 2020 г. № 1523-р. URL: <http://static.government.ru/media/files/w4sigFOiDjGVDT4lgsApssm6mZRb7wx.pdf> (дата обращения: 11.03.2022)

Приведенные задачи являются ориентирами не только для самих нефтегазовых компаний, но и для всей энергетической отрасли. В современных условиях подходы к решению производственных, технологических и управленческих вызовов должны быть не только пересмотрены, но и трансформированы.

Сегодня интерес к цифровизации производств со стороны российских компаний был во многом обусловлен преобразованиями в структуре добычи углеводородов в стране. Постепенное истощение традиционных источников сырья сформировало необходимость осваивать трудноизвлекаемые, а также морские месторождения, расположенные в Арктике.

Цифровая трансформация арктического нефтегазового комплекса

Арктика обладает существенным ресурсным потенциалом. Именно здесь добывается порядка 60 % нефти и более 80 % природного газа России. Суммарные запасы нефти и газа (категории ABC1) составляют, по последним оценкам Минприроды, 3,87 млрд т и 3,7 трлн куб. м соответственно¹³. Однако на данный момент темпы освоения минерально-сырьевой базы шельфовых и материковых зон отстают от запланированных значений.

В таблице 2 приведены краткие сведения об арктических нефтегазовых проектах, имеющих перспективу запуска в среднесрочном периоде.

¹³ Восточный экономический форум. Арктические запасы нефти в России по категориям ABC1 составили 3,87 млрд тонн. 2021. URL: <https://tass.ru/ekonomika/12276891> (дата обращения: 08.03.2022).

ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА НА СЕВЕРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

Таблица 2

Арктические нефтегазовые проекты со среднесрочной перспективой запуска

Проект	Оператор	Объемы извлекаемых запасов нефти и газа	Объем добычи нефти и газа в год (максимально возможный)
«Победа»	«Роснефть»	130 млн т нефти и 500 млрд кубометров природного газа	8 млн т нефти
Ленинградское месторождение и Тамбейский кластер	«Газпром»	3 и 5,5 трлн кубометров природного газа	50 млрд кубометров природного газа
«Восток Ойл»	«Роснефть»	5 млрд т нефти	100 млн т нефти
Долгинское нефтяное месторождение	«Газпром нефть»	236 млн т нефти	5 млн т нефти

Примечание. Источник: составлено авторами на основе ПАО «Роснефть». Разведка и добыча. Шельфовые проекты. URL: <https://www.rosneft.ru/business/Upstream/offshore/> (дата обращения: 10.03.2022).

При этом не только отечественные компании выражают заинтересованность в освоении арктических углеводородных месторождений. За последние годы интерес к ним возрос и со стороны международного сообщества, несмотря на продолжающиеся дискуссии об изменении роли традиционных энергетических ресурсов.

В то же время, несмотря на уникальность запасов арктических месторождений, их освоение сопряжено со многими трудностями. Климатические условия региона отличаются суровостью [12, 13]. Экстремально низкие температуры ограничивают ведение производственно-хозяйственной деятельности и предъявляют особые требования к используемым технологиям. Имеются и высокие логистические, а также инфраструктурные риски. Более того, промышленное освоение северных территорий может стать серьезной угрозой для окружающей среды [5, 6, 11, 14]. Ввиду своей хрупкости, арктические экосистемы подвержены высокому уровню риска возникновения экологических катастроф [12]. По заявлению Министерства природных ресурсов и экологии РФ, в настоящее время ведется подготовка предложений по налоговому стимулированию интеллектуализации и цифровизации нефтегазовых месторождений, в том числе арктических континентальных месторождений.

Очевидно, что специфика Арктического региона формирует необходимость создания принципиально новых подходов к осуществлению проектов по освоению ресурсного потенциала, в том числе углеводородных запасов. Требуется обновление технологических решений и внедрение цифровых технологий, необходимых для оптимизации бизнес-процессов на всей цепочке создания ценности продукта.

Возникающие глобальные тренды, связанные с активизацией динамики глобального

энергетического перехода, усилением роли ответственного инвестирования и повышением значимости концепции устойчивого развития, дополняясь спецификой освоения ресурсного потенциала Арктики, создают вызовы, в свою очередь, формирующие предпосылки цифровой трансформации арктического нефтегазового комплекса [15, 23, 29–32]. Их систематизация приведена на рис. 6.

На сегодняшний день осуществление нефтегазовых проектов невозможно без обновления технологических концепции и адаптации уже существующих подходов к добыче ресурсов в сложных климатических условиях [13, 34–35]. Создание благоприятной конъюнктуры для успешной реализации проектов по освоению минерально-сырьевой базы Арктики — задача, решить которую возможно лишь с применением цифровых технологий, способных повысить эффективность нефтегазовых проектов [36].

На основе исследования специфики арктических месторождений, существующих технологических возможностей, направлений цифровой трансформации МСК, был разработан перечень цифровых технологических решений, релевантных для внедрения при освоении углеводородного ресурсного потенциала в Арктике.

В таблице 3 отражены список указанных технологий, их описание, обоснование возможностей применения при освоении арктического ресурсного потенциала, а также требуемые инфраструктурные решения.

Исходя из разработанного перечня технологий, была проведена систематизация основных эффектов цифровизации арктического нефтегазового комплекса по трем направлениям — технологии, экономика и промышленная безопасность (рис. 7).

ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА НА СЕВЕРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ



Рис. 6. Систематизация вызовов, формирующих предпосылки цифровой трансформации арктического нефтегазового комплекса. Источник: составлено авторами на основе [5-6, 29–31, 33]

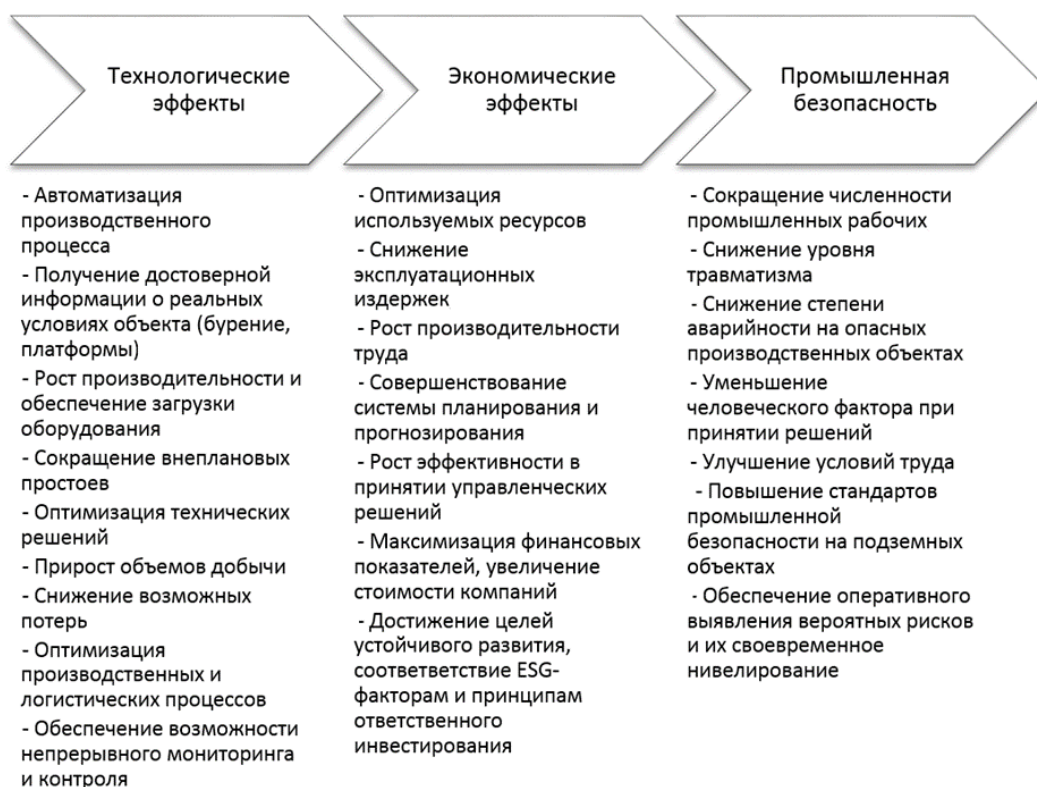


Рис. 7. Потенциальные эффекты цифровизации нефтегазового комплекса. Источник: составлено авторами на основе [37–39]

ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА НА СЕВЕРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

Таблица 3
Перечень цифровых технологических решений, релевантных для внедрения при освоении углеводородного ресурсного потенциала в Арктике, и возможности их использования

Цифровые технологии (технологические решения)	Краткое описание технологий (решений)	Возможности для освоения арктического ресурсного потенциала	Требуемые инфраструктурные решения
Автоматизация производства за счет внедрения специализированных аддитивных технологий	Организация автономных производств требуемых для технологического процесса инструментов и деталей с помощью возможностей 3D-печати	Для Арктического региона использование данных технологий позволит обеспечивать эффективную и непрерывную работу удаленных (в том числе шельфовых) платформ	Применение данных технологий обуславливает необходимость установки высокоточного оборудования для 3D-печати; также необходим мониторинг рынка поставщиков необходимых для печати материалов
Системы искусственного интеллекта для когнитивной геологоразведки и бурения скважин	Современные системы искусственного интеллекта являются самообучающимися. Основная задача их применения состоит в быстрой обработке информации с целью получения конкретных результирующих показателей. С помощью данных систем представляется возможной разработка и адаптация оптимальных схем отработки месторождений вне зависимости от сложности и других горнотехнических параметров	Использование таких систем для оптимизации и цифровизации процессов геологической разведки, бурения скважин и добычи является актуальным для освоения арктических запасов, с одной стороны, ввиду высоких технологических и производственных рисков, а с другой — ввиду необходимости получения высокоточных данных и результатов	Для эффективного внедрения систем необходимо создать специализированные центры обработки и интерпретации больших объемов данных
Удаленный мониторинг функционирования производственных и промышленных объектов	Удаленный мониторинг специальных дронов использования специальных дронов	Возможности использования технологий определяются современным обеспечением обнаружения и предотвращения вероятных угроз и кризисных ситуаций, что особенно важно при освоении месторождений в труднодоступных регионах Арктики	Для успешного внедрения данных технологий необходимо создать специальный флот дронов, использующихся для непрерывного мониторинга состояния производственных объектов. Также требуется соответствующее программное обеспечение
Создание цифровых двойников	Компьютерное моделирование объектов добычи, скважин, составляющих инфраструктуру. Необходимо для централизованного построения управленческих процессов большого количества производственных объектов	Создание цифровых двойников и специальных моделей объектов позволит оптимизировать процессы принятия управленческих решений на удаленных объектах, эффективно моделировать и прогнозировать действия и вероятные последствия	Реализация данных технологий требует внедрения высокоточных ПО с возможностью учета факторов, присущих арктическим месторождениям
Технологии роботизации	Автоматизация производственно-технологических процессов	Широкие возможности исследования труднодоступных локаций (промышленных объектов) в условиях повышенных рисков, что особенно актуально для арктических месторождений	Специализированные программные продукты и технические средства; необходимость формирования единой системы мониторинга и контроля
Материалы нового поколения	Умные материалы, свойства которых имеют возможность изменяться в условиях внешней среды	Широкие возможности использования умных материалов при освоении промышленных объектов в Арктической зоне определяются спецификой природных и климатических условий, требующих адаптации технологий, оборудования и технических средств	Создание специализированных лабораторий для исследования свойств имеющихся и создания новых материалов для адаптации к сложным природно-климатическим и погодным условиям

Примечание. Источник: составлено авторами на основе [9, 13–15, 16, 22, 26–28].

ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА НА СЕВЕРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

Несмотря на очевидные положительные эффекты цифровой трансформации, следует отметить, что сам процесс внедрения цифровых преобразований сопряжен с целым рядом сложностей, вытекающих из уже существующих общесистемных проблем. Главными препятствиями могут стать следующие параметры [25, 26]: 1) недостаток финансирования в сфере научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) в рамках разработки специализированных цифровых технологий; 2) несовершенство механизмов взаимодействия между государством, бизнесом и научно-исследовательскими институтами, несогласованность принимаемых решений и направлений действий; 3) отсутствие инвестиционных механизмов привлечения финансирования в цифровые нефтегазовые проекты на ранних стадиях; 4) наличие административных барьеров на различных уровнях управления; 5) фактическое отсутствие взаимоувязки между устанавливаемыми приоритетами технологического развития и конкретными шагами по их достижению.

Цифровая трансформация арктического нефтегазового комплекса на сегодняшний день является не просто задачей, а целевым приоритетом освоения минерально-сырьевого потенциала северных территорий. Именно цифровизация открывает новые возможности для компаний, реализующих арктические проекты, в рамках обеспечения экономической и технологической эффективности, достижения высокого уровня промышленной безопасности производств, оперативного решения возникающих операционных задач и моделирования глобальных последствий тех или иных изменений.

Заключение

В рамках проведенного исследования была определена роль цифровой трансформации для отраслей МСК, а также выявлены ключевые тенденции реализации данного процесса, проведен аналитический обзор опыта российских и зарубежных нефтегазовых компаний в контексте внедрения цифровых технологий. Также обоснована значимость процессов цифровизации при освоении арктических углеводородных месторождений, проведена систематизация ключевых вызовов, формирующих предпосылки цифровой трансформации арктического нефтегазового

комплекса, разработан перечень релевантных цифровых технологических решений для арктического нефтегазового комплекса и выявлены основные эффекты их внедрения.

Таким образом, сформированы следующие выводы и заключения.

1. Внедрение цифровых технологий в производство является одним из значимых направлений повышения эффективности функционирования предприятий минерально-сырьевого сектора.

2. Опыт зарубежных нефтегазовых компаний доказывает результативность реализации цифровой трансформации за счет достижения не только экономических, но и значительных производственно-технологических эффектов. Российские нефтегазовые компании не только признают важность цифровой трансформации, но и реализуют конкретные шаги для развития данного направления. Тем не менее по уровню цифровой зрелости отечественные предприятия все же отстают от международных партнеров. Интерес к цифровизации производств со стороны российских компаний во многом связан с имеющимися преобразованиями в структуре добычи углеводородов в стране. В частности, истощение традиционных источников планомерно ведет к поиску новых объектов освоения. Поэтому особый интерес представляют углеводородные ресурсы Арктики (в особенности арктического шельфа).

3. Глобальные тенденции, связанные с усилением роли ответственного инвестирования, мировым энергопереходом, повышением роли концепции устойчивого развития, дополняясь специфическими чертами освоения ресурсного потенциала Арктики, формируют новые вызовы, определяющие предпосылки цифровой трансформации арктического нефтегазового комплекса. Эффективная реализация арктических нефтегазовых проектов невозможна без адаптации уже имеющихся подходов к добыче ресурсов в сложных климатических условиях. Для достижения высокой степени результативности процессов цифровизации необходимо не только ориентироваться на возможные эффекты, но и учитывать специфику объектов, а также нацеливаться на преодоление общесистемных проблем, препятствующих цифровой трансформации арктического нефтегазового комплекса в современных условиях.

Список источников

1. Литвиненко В. С., Сергеев И. Б. Инновационное развитие минерально-сырьевого сектора // Проблемы прогнозирования. 2019. № 6. С. 60–72.
2. Формирование цифровой экономики и промышленности: новые вызовы / под ред. д-ра экон. наук, проф. А. В. Бабкина. СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2018. 660 с.
3. Амигарян А. Нефть и газ в российской Арктике // ТЭК России. 2016. № 9. С. 34–39.

ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА НА СЕВЕРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

4. Брехунцов А. М. Экологические аспекты освоения природно-ресурсного потенциала российской Арктики // Арктика: экология и экономика. 2020. № 3 (39). С. 34–47.
5. Чвилева Т. А. Факторы, сдерживающие реализацию углеводородных проектов в российской Арктике // Оригинальные исследования. 2019. № 12 (9). С. 127–131.
6. Ромашева Н. В., Смирнова Н. Н., Львов В. В. Проблемы и перспективы освоения арктических нефтегазовых ресурсов в России // Российский экономический интернет-журнал. 2018. № 2. С. 83.
7. Dmitrieva D.; Romasheva N. Sustainable Development of Oil and Gas Potential of the Arctic and Its Shelf Zone: The Role of Innovations // J. Mar. Sci. Eng. 2020. 8. 1003.
8. Сулоева С. Б., Мартынов В. С. Особенности цифровой трансформации предприятий нефтегазового комплекса // Организатор производства. 2019. Т. 27, № 2. С. 27–36.
9. Калинин А. Р. Цифровое стратегирование горных предприятий // Имущественные отношения в РФ. 2021. № 3 (234). С. 7–11.
10. Kim H. T. Digital Transformation Trends of the Energy and Mineral Resources Development Industries in the Era of the Fourth Industrial Revolution. Journal of the Korean Society of Mineral and Energy Resources Engineers. 2019. 56 (5). 514–528.
11. Litvinenko V. S. Digital Economy as a Factor in the Technological Development of the Mineral Sector // Nat Resour Res. 2020. 29. 1521–1541.
12. Eryomin N. A., Dmitrievsky A. N. Digital development of Russian Arctic zone: Status and best practices // Reg. Energy Energy Conserv. 2018. 3. 60–61.
13. Gafurov A., Skotarenko O., Nikitin Y., Plotnikov V. Digital transformation prospects for the offshore project supply chain in the Russian Arctic // IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 2020. 539. 012163.
14. Timchuk D. D. “Smart wells” technology application at Salym group of deposits illustrated with the example of Western Salym // Sci. Forum. Sib. 2017. 3. 11.
15. Samylovskaya E., Makhovikov A., Lutonin A., Medvedev D., Kudryavtseva R.-E. Digital Technologies in Arctic Oil and Gas Resources Extraction: Global Trends and Russian Experience // Resources. 2022. 11. 29.
16. Рыльникова М. В., Струков К. И., Радченко Д. Н., Есина Е. Н. Цифровая трансформация — условие и основа устойчивого развития горнотехнических систем // Горная промышленность. 2021. 3. С. 74–78.
17. Мелешко Ю. В. Роль цифровизации горной промышленности в переходе к рациональному природопользованию // Актуальные проблемы, направления и механизмы развития производительных сил Севера 2020. 2020. С. 263–268.
18. Еремин Н. А. Управление разработкой интеллектуальных месторождений: учеб. пособие для вузов. В 2 кн. Кн. 1. М.: РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина, 2011. 200 с.
19. Кочнев А. А. Концепция «интеллектуального месторождения» // Master’s Journal. 2015. № 2. С. 165–170.
20. Калиев С. А., Прокушев Г. А., Ткаченко А. М. Концепция создания приоритетной горной технологии — «Интеллектуальный рудник XXI века» // Семинар 11. 2006. С. 313–319.
21. О Программе развития угольной промышленности на период до 2035 года. Заседание Правительства Российской Федерации от 27 февраля 2020 г. // Ежемесячный научно-технический и производственно-экономический журнал «Уголь». 2020. 3. С. 6–9.
22. Рыльников А. Г., Пыталев И. А. Цифровая трансформация горнодобывающей отрасли: технические решения и технологические вызовы // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2020. 1. С. 470–481.
23. Чанышева А. Ф., Ильинова А. А. Методические подходы к прогнозированию перспектив освоения углеводородных ресурсов Арктики // Север и рынок: формирование нового экономического порядка. 2018. № 6 (62). С. 53–63.
24. Аганин А. Д. Волатильность российского фондового индекса: нефть и санкции // Вопросы экономики. 2020. № 2. С. 86–100.
25. Козлова Д. В., Пигарев Д. Ю. Интеллектуальная добыча. Почему России необходимо изменить подход к государственному стимулированию отрасли // Neftegas.ru. 2018. № 7. С. 32–40.
26. Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты: докл. к XXII Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества (Москва, 13–30 апр. 2021 г.) / Г. И. Абдрахманова, К. Б. Быховский, Н. Н. Веселитская, К. О. Вишневский, Л. М. Гохберг и др.; рук. авт. кол. П. Б. Рудник; науч. ред. Л. М. Гохберг, П. Б. Рудник, К. О. Вишневский, Т. С. Зинина; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2021. 239 с.
27. Куклина Е. А. Стратегия цифровой трансформации как инструмент реализации бизнес-стратегии компании нефтегазового сектора современной России // Управленческое консультирование. 2021. № 6. С. 40–53.
28. Цифровая добыча нефти: тюнинг для отрасли. Vygon Consulting. 2018. 61 с.

29. Дмитриева Д. М., Соловьева В. М., Рутенко Е. Г. Новые подходы к устойчивости проектов минерально-сырьевого комплекса в условиях современных вызовов // *Bulletin of the South-Russian State Technical University (NPI) Series Socio-Economic Sciences*. 2022. 14 (6). С. 170–186.
30. Statistical Review of World Energy 2020. 69th edition // BP. 2020. 68 p.
31. The 2030 decarbonization challenge. The path to the future of energy // Deloitte. 2021. 20 p.
32. Невская М. А., Маринина О. А. Стимулирование инновационных преобразований в целях устойчивого развития минерально-сырьевого сектора России // Интернет-журнал «Науковедение». 2017. № 6 (Т. 9). С. 33.
33. Лексин В. Н. Социально-экономические приоритеты устойчивого развития арктического макрорегиона России // Экономика региона. 2017. Т. 13, № 4. С. 985–1004.
34. Абукова Л. А., Дмитриевский А. Н., Еремин Н. А. Цифровая модернизация нефтегазового комплекса России // Нефть. хоз-во. 2018. № 10. С. 2–6.
35. Balashova E. S. Arctic shelf development as a driver of the progress of the Russian energy system // MATEC Web of Conferences, Saint Petersburg, 2017. p. 06008.
36. Яконовская Т. Б., Жигульская А. И. Тенденции цифровизации в горнодобывающем секторе экономики РФ // Вестник ТвГТУ. Серия «Науки об обществе и гуманитарные науки». 2021. № 1 (24). С. 92–100.
37. Tsvetkova A., Katysheva E. Ecological and economic efficiency evaluation of sustainable use of mineral raw materials in modern conditions // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. 2017. 217 (53). P. 259–266.
38. Лютягин Д. В., Яшин В. П., Забайкин Ю. В., Якунин М. А. Особенности и тенденции цифровой трансформации российской горнодобывающей отрасли // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2019. Т. 9, № 7А. С. 147–159.
39. Соколова А. В. Перспективы реализации концепции «интеллектуального» месторождения // Электронный научно-практический журнал «Молодежный научный вестник». 2017. № 6. С. 16–20.

References

1. Litvinenko V. S., Sergeev I. B. Innovatsionnoye razvitiye mineral'no-syr'yevogo sektora [Innovative development of the mineral resource sector]. *Problemy prognozirovaniya* [Problems of Forecasting], 2019, no. 6, pp. 60–72. (In Russ.).
2. *Formirovaniye tsifrovoy ekonomiki i promyshlennosti: novyye vyzovy* [Formation of the digital economy and industry: new challenges]. Saint Petersburg, Publishing House of the Polytechnic University, 2018, 660 p. (In Russ.).
3. Amigaryan A. Neft i gaz v rossiyskoy Arktike [Oil and Gas in the Russian Arctic]. *TEK Rossii* [Fuel and Energy Complex of Russia], 2016, no. 9, pp. 34–39. (In Russ.).
4. Brekhuntsov A. M. Ekologicheskiye aspekty osvoyeniya prirodno-resursnogo potentsiala rossiyskoy Arktiki [Ecological aspects of the development of the natural resource potential of the Russian Arctic]. *Arktika: ekologiya i ekonomika* [Arktika: Ecology and Economy], 2020, no. 3 (39), pp. 34–47. (In Russ.).
5. Chvileva T. A. Faktory, sderzhivayushchie realizatsiyu uglevodorodnykh projektov v rossijskoj Arktike [Factors constraining the implementation of hydrocarbon projects in the Russian Arctic]. *Original'nye issledovaniya* [Original Research], 2019, no. 12 (9), pp. 127–131. (In Russ.).
6. Romasheva N. V., Smirnova N. N., Lvov V. V. Problemy i perspektivy osvoyeniya arkticheskikh neftegazovykh resursov v Rossii [Problems and Prospects for the Development of Arctic Oil and Gas Resources in Russia]. *Rossiyskiy ekonomicheskii internet-zhurnal* [Russian Economic Internet Journal], 2018, no. 2, p. 83. (In Russ.).
7. Dmitrieva D., Romasheva N. Sustainable Development of Oil and Gas Potential of the Arctic and Its Shelf Zone: The Role of Innovations. *J. Mar. Sci. Eng.*, 2020, 8, p. 1003.
8. Suloyeva S. B., Martynatov V. S. Osobennosti tsifrovoy transformatsii predpriyatiy neftegazovogo kompleksa [Peculiarities of digital transformation of oil and gas enterprises]. *Organizator proizvodstva* [Production Organizer], 2019, vol. 27, no. 2, pp. 27–36. (In Russ.).
9. Kalinin A. R. Tsifrovoye strategirovaniye gornyykh predpriyatiy [Digital strategizing of mining enterprises]. *Imushchestvennyye otnosheniya v RF* [Property Relations in the Russian Federation], 2021, no. 3 (234), pp. 7–11. (In Russ.).
10. Kim H. T. Digital Transformation Trends of the Energy and Mineral Resources Development Industries in the Era of the Fourth Industrial Revolution. *Journal of the Korean Society of Mineral and Energy Resources Engineers*, 2019, 56 (5), pp. 514–528.
11. Litvinenko V. S. Digital Economy as a Factor in the Technological Development of the Mineral Sector. *Nat Resour Res*, 2020, 29, pp. 1521–1541.
12. Eryomin N. A., Dmitrievsky A. N. Digital development of Russian Arctic zone: Status and best practices. *Reg. Energy Energy Conserv*, 2018, 3, pp. 60–61.

ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА НА СЕВЕРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

13. Gafurov A., Skotarenko O., Nikitin Y., Plotnikov V. Digital transformation prospects for the offshore project supply chain in the Russian Arctic. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, 2020, 539, 012163.
14. Timchuk D. D. "Smart wells" technology application at Salym group of deposits illustrated with the example of Western Salym. *Sci. Forum. Sib*, 2017, 3, 11.
15. Samylovskaya E., Makhovikov A., Lutonin A., Medvedev D., Kudryavtseva R.-E. Digital Technologies in Arctic Oil and Gas Resources Extraction: Global Trends and Russian Experience. *Resources*, 2022, 11, 29.
16. Ryl'nikova M. V., Strukov K. I., Radchenko D. N., Yesina Ye. N. Tsifrovaya transformatsiya — usloviye i osnova ustoychivogo razvitiya gornotekhnicheskikh system [Digital transformation is a condition and basis for the sustainable development of mining systems]. *Gornaya promyshlennost'* [Mining], 2021, 3, pp. 74–78. (In Russ.).
17. Meleshko Yu. V. Rol' tsifrovizatsii gornoy promyshlennosti v perekhode k ratsional'nomu prirodopol'zovaniyu [The role of digitalization of the mining industry in the transition to rational environmental management]. *Aktual'nyye problemy, napravleniya i mekhanizmy razvitiya proizvoditel'nykh sil Severa* [Actual Problems, Directions and Mechanisms for the Development of the Productive Forces of the North 2020], 2020, pp. 263–268. (In Russ.).
18. Yeremin N. A. *Upravleniye razrabotkoy intellektual'nykh mestorozhdeniy* [Management of the development of intellectual deposits]. Moscow, RGU nefti i gaza imeni I. M. Gubkina [Russian State University of Oil and Gas named after I. M. Gubkina], 2011, 200 p. (In Russ.).
19. Kochnev A. A. Kontseptsiya "intellektual'nogo mestorozhdeniya" [The concept of "intellectual field"]. *Master's Journal*, 2015, no. 2, pp. 165–170. (In Russ.).
20. Kaliyev S. A., Prokushev G. A., Tkachenko A. M. Kontseptsiya sozdaniya prioritetnoy gornoy tekhnologii — "Intellektual'nyy rudnik XXI veka" [The concept of creating a priority mining technology — "Intellectual mine of the XXI century"]. *Seminar* 11, 2006, pp. 313–319. (In Russ.).
21. O Programme razvitiya ugol'noy promyshlennosti na period do 2035 goda. Zasedaniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 27 fevralya 2020 g. [On the Program for the development of the coal industry for the period up to 2035. Meeting of the Government of the Russian Federation of February 27, 2020]. *Yezhemesyachnyy nauchno-tekhnicheskii i proizvodstvenno-ekonomicheskii zhurnal "Ugol"* [Monthly scientific, technical, production and economic magazine "Coal"], 2020, 3, pp. 6–9. (In Russ.).
22. Ryl'nikov A. G., Pytalev I. A. Tsifrovaya transformatsiya gornodobyvayushchey otrasli: tekhnicheskiye resheniya i tekhnologicheskkiye vyzovy [Digital transformation of the mining industry: technical solutions and technological challenges]. *Izvestiya TulGU. Nauki o Zemle* [News of TulGU. Earth Sciences], 2020, 1, pp. 470–481. (In Russ.).
23. Chanysheva A. F., Il'ina A. A. Metodicheskiye podkhody k prognozirovaniyu perspektiv osvoeniya uglevodorodnykh resursov Arktiki [Methodological approaches to forecasting the prospects for the development of hydrocarbon resources in the Arctic]. *Sever i rynek: formirovaniye novogo ekonomicheskogo poriyadka* [The North and the Market: the Formation of a New Economic Order], 2018, no. 6 (62), pp. 53–63. (In Russ.).
24. Aganin A. D. Volatil'nost' rossiyskogo fondovogo indeksa: neft' i sanktsii [Volatility of the Russian stock index: oil and sanctions]. *Voprosy ekonomiki* [Issues of Economics], 2020, no. 2, pp. 86–100. (In Russ.).
25. Kozlova D. V., Pigarev D. Yu. Intellektual'naya dobycha. Pochemu Rossii neobkhodimo izmenit' podkhod k gosudarstvennomu stimulirovaniyu otrasli [Smart mining. Why Russia needs to change its approach to state stimulation of the industry]. *Neftegas.ru*, 2018, no. 7, pp. 32–40. (In Russ.).
26. *Tsifrovaya transformatsiya otrasley: startovyye usloviya i priority: dokl. k XXII Apr. mezhdunar. nauch. konf. po problemam razvitiya ekonomiki i obshchestva* [Digital Transformation of Industries: Starting Conditions and Priorities: Report at XXII April International Scientific Conference on Problems of Development of the Economy and Society]. G. I. Abdrakhmanova, K. B. Bykhovskiy, N. N. Veselitskaya, K. O. Vishnevskiy, L. M. Gokhberg et al. Moscow, Izd. dom Vysshey shkoly ekonomiki, 2021, 239 p. (In Russ.).
27. Kuklina Ye. A. Strategiya tsifrovoy transformatsii kak instrument realizatsii biznes-strategii kompanii neftegazovogo sektora sovremennoy Rossii [Digital transformation strategy as a tool for implementing the business strategy of a company in the oil and gas sector of modern Russia]. *Upravlencheskoye konsul'tirovaniye* [Management Consulting], 2021, no. 6, pp. 40–53. (In Russ.).
28. Tsifrovaya dobycha nefti: tyuning dlya otrasli [Digital oil production: tuning for the industry]. *Vygon Consulting*, 2018, 61 p. (In Russ.).
29. Dmitriyeva D. M., Solov'yeva V. M., Rutenko Ye. G. Novyye podkhody k ustoychivosti proyektov mineral'no-syr'yevogo kompleksa v usloviyakh sovremennykh vyzovov [New approaches to the sustainability of projects of the mineral resource complex in the face of modern challenges]. *Bulletin of the South-Russian State Technical University (NPI) Series Socio-Economic Sciences*, 2022, 14 (6), pp. 170–186. (In Russ.).
30. Statistical Review of World Energy 2020. 69th edition, BP, 2020, 68 p.
31. The 2030 decarbonization challenge. The path to the future of energy, Deloitte, 2021, 20 p.

ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА НА СЕВЕРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

32. Nevskaya M. A., Marinina O. A. Stimulirovaniye innovatsionnykh preobrazovaniy v tselyakh ustoychivogo razvitiya mineral'no-syr'yevogo sektora Rossii [Stimulation of innovative transformations for the sustainable development of the mineral resource sector of Russia]. *Internet-zhurnal "Naukovedeniye"* [Science Studies Internet Journal], 2017, no. 6 (vol. 9), pp. 33. (In Russ.).
33. Leksin V. N. Sotsial'no-ekonomicheskiye prioritety ustoychivogo razvitiya arkticheskogo makroregiona Rossii [Socio-economic priorities for sustainable development of the Arctic macro-region of Russia]. *Ekonomika regiona* [Economics of the Region], 2017, vol. 13, no. 4, pp. 985–1004. (In Russ.).
34. Abukova L. A., Dmitriyevskiy A. N., Yeremin N. A. Tsifrovaya modernizatsiya neftegazovogo kompleksa Rossii [Digital modernization of the Russian oil and gas complex]. *Neft. khoz-vo* [Oil Household], 2018, no. 10, pp. 2–6. (In Russ.).
35. Balashova E. S., Gromova E. A. Arctic shelf development as a driver of the progress of the Russian energy system. *MATEC Web of Conferences*, Saint Petersburg, 2017, p. 06008.
36. Yakonovskaya T. B., Zhigul'skaya A. I. Tendentsii tsifrovizatsii v gornodobyvayushchem sektore ekonomiki RF [Digitalization trends in the mining sector of the Russian economy]. *Vestnik TvGTU. Seriya "Nauki ob obshchestve i gumanitarnyye nauki"* [Bulletin of TVSTU. Series "Social Sciences and Humanities"], 2021, no. 1 (24), pp. 92–100. (In Russ.).
37. Tsvetkova A., Katysheva E. Ecological and economic efficiency evaluation of sustainable use of mineral raw materials in modern conditions. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*, 2017, 217 (53), pp. 259–266.
38. Lyutyagin D. V., Yashin V. P., Zabaykin Yu. V., Yakunin M. A. Osobennosti i tendentsii tsifrovoy transformatsii rossiyskoy gornodobyvayushchey otrasli [Features and trends of digital transformation of the Russian mining industry]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today, Tomorrow], 2019, vol. 9, no. 7A, pp. 147–159. (In Russ.).
39. Sokolova A. V. Perspektivy realizatsii kontseptsii "intellektual'nogo" mestorozhdeniya [Prospects for the implementation of the concept of "smart" field]. *Elektronnyy nauchno-prakticheskiy zhurnal "Molodezhnyy nauchnyy vestnik"* [Electronic scientific and practical journal "Youth Scientific Bulletin"], 2017, no. 6, pp. 16–20. (In Russ.).

Об авторах:

Н. А. Третьяков — аспирант кафедры экономики, организации и управления

А. Е. Череповицын — докт. экон. наук, проф., декан экономического факультета, заведующий кафедрой экономики, организации и управления

About the authors:

Nikita A. Tretyakov — PhD Student, the Department of Economics, Organization and Management

Aleksey E. Cherepovitsyn — Dr. Sci. (Economics), Professor, Dean of the Faculty of Economics, Head of the Department of Economics, Organization and Management

Статья поступила в редакцию 15 марта 2022 года

Статья принята к публикации 25 марта 2022 года

The article was submitted on March 15, 2022

Accepted for publication on March 25, 2022