



**Аналитическая оценка развития технологий цифровизации процессов
разведки и бурения нефтяных скважин**

Зайцева И.А., к.э.н., доцент, кафедра «Экономика транспорта»,
ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Целью статьи является анализ тенденций развития технологий цифровизации процессов разведки и бурения нефтяных скважин. Основу исследования составляют общенаучные методы сбора, анализа, интерпретации и оценки информации. Результаты: выполнен анализ тенденций развития объема буровых работ; систематизированы основные направления цифровизации процессов проектирования, строительства и эксплуатации нефтяных скважин; выполнен анализ ключевых направлений, используемых инструментов цифровизации и реализованных прорывных проектов цифровой трансформации компании ПАО «Газпром нефть».

Ключевые слова: инновации, цифровая экономика, нефтегазовая отрасль, цифровые технологии

**Analytical assessment of the development of digitalization technologies for oil
well exploration and drilling processes**

Zaitseva I.A., Ph.D. of economics, associate professor, Department of Economy of
Transport, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University,
St. Petersburg, Russia

Annotation. The purpose of the article is to analyze trends in the development of digitalization technologies for the exploration and drilling of oil wells. The research is based on general scientific methods of collecting, analyzing, interpreting and

evaluating information. Results: the analysis of trends in the development of the volume of drilling operations is carried out; the main directions of digitalization of the processes of design, construction and operation of oil wells are systematized; the analysis of the key directions, used digitalization tools and implemented breakthrough projects of digital transformation of PJSC Gazprom Neft has been carried out.

Key words: innovation, digital economy, oil and gas industry, digital technologies

Введение. Цифровая трансформация деятельности вертикально интегрированной нефтяной компании предусматривает внедрение перспективных цифровых технологий и реализацию цифровых решений и инициатив по всей цепочке создания стоимости – от геологоразведки до сбыта нефтепродуктов конечному потребителю.

Одним из основополагающих и важнейших процессов в данной цепочке является бурение, представляющее собой совокупность технологических работ по проведению в горных породах выработок круглого сечения специальными техническими средствами – буровыми установками и инструментами.

В структуре нефтесервисного рынка страны бурение занимает наибольший удельный вес. На его долю приходится более 35% всего объема рынка нефтесервиса, а с учетом сопутствующих сервисов его доля составляет 50%¹. В связи с этим объемы бурения в значительной степени оказывают влияние на все сопутствующие сервисы: геофизические исследования при бурении, сопровождение бурения, цементирование, закачивание скважин, буровые установки и инструменты и др.

Целью статьи является анализ тенденций развития технологий цифровизации процессов разведки и бурения нефтяных скважин. Актуальность исследования определяется тем, что цифровая трансформация нефтегазовой отрасли способствует повышению эффективности и надежности

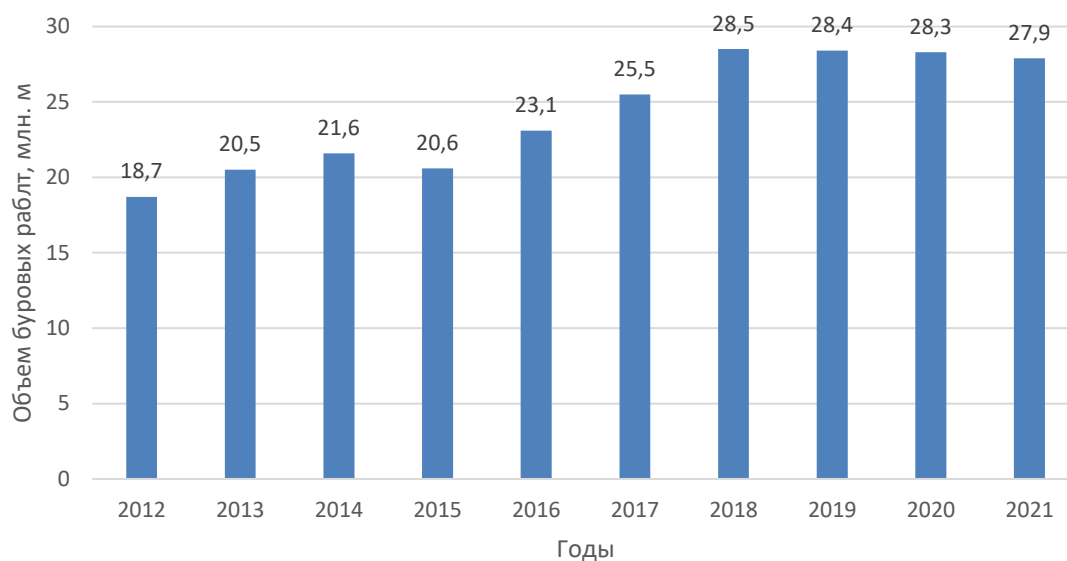
¹ Литонин Я.К. Комплексный анализ рынка нефтесервиса и оценка его влияния на нефтедобывающие компании // Экономические системы. – 2021. Том 14. №2 (53). С.173-179.

функционирования топливно-энергетического комплекса страны и ее энергетической безопасности.

Результаты исследования:

1. Выполнен анализ тенденций развития объема буровых работ.

В течение последних 10 лет наблюдалась общая тенденция увеличения проходки в бурении, под которой понимается количество метров углубления в результате проведения буровых работ (рис. 1).



*Рис. 1 – Динамика объема буровых работ, млн. м
Составлено по данным Минэнерго РФ*

Так, в 2021 году по сравнению с 2012 годом проходка в бурении увеличилась почти на 50%, составив 27,9 млн. м против 18,7 млн. м.² При этом следует отметить заметное ускорение темпов снижения проходки в бурении с 2018 года: в 2021 году – на 1,8% по сравнению в 2020 годом, в то время как в 2020 году по сравнению с прошлым периодом снижение составило лишь 0,4%. Указанное сокращение объемов буровых работ происходило за счет обоих видов бурения. На рис. 2 показаны объемы проходки в разведочном и эксплуатационном бурении за период 2012-2021 гг.

Объем разведочного бурения на протяжении рассматриваемого периода изменялся незначительно. С 2017 года наблюдалось постепенное увеличение

² ТЭК России: Функционирование и развитие / Минэнерго РФ. – 2021. – 150 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://minenergo.gov.ru/system/download-pdf/20322/154189>

объемов бурения, достигнув максимального значения – 1,142 млн. м в 2020 году. По данным исследовательского центра компании «Делойт» рынок разведочного бурения в денежном выражении в этом же году оценивался в размере 2,6 млрд. долл. США без учета НДС, при этом удельная стоимость метра бурения по сравнению с 2014 годом снизилась на 45% в долларовом выражении за счет изменения валютного курса и на 6% в рублевом выражении³.

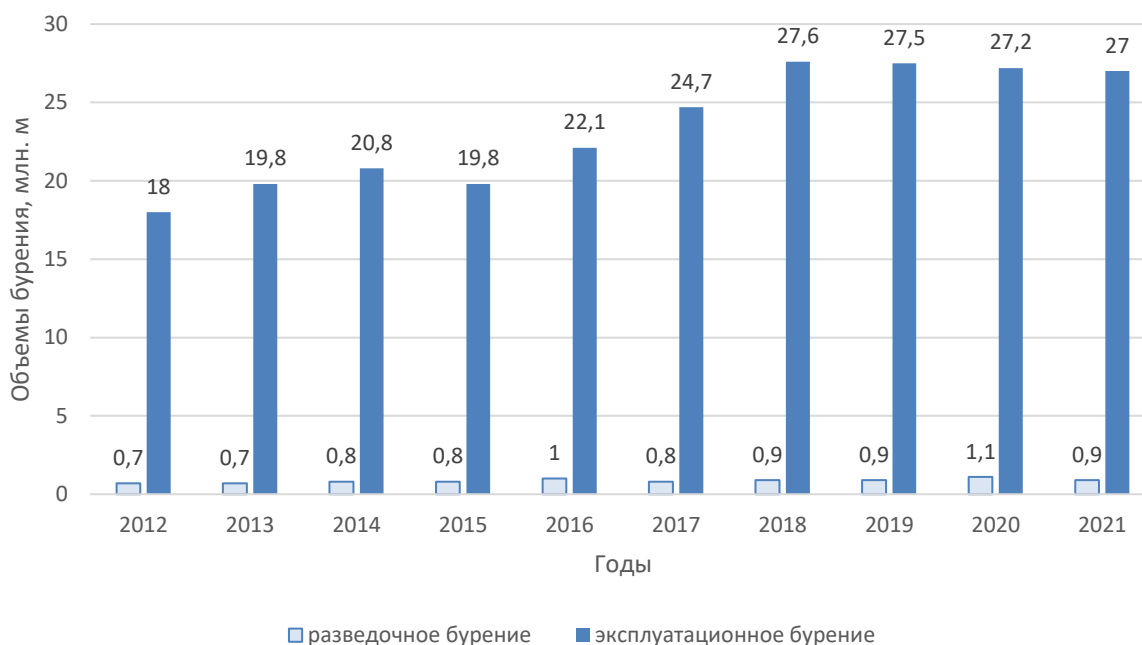


Рис. 2 – Динамика объема проходок в разведочном и эксплуатационном бурении, млн. м
Составлено по данным Минэнерго РФ

В 2020 году впервые с 2017 года произошло сокращение объемов разведочного бурения. По итогам 2021 года показатель проходки в разведочном бурении снизился к уровню предыдущего года на 14,5%, составив 976,9 тыс. м, что связано в том числе с сокращением нефтяными компаниями величины затрат на проведение геологоразведочных работ в связи с ухудшением ценовой конъюнктуры, изменчивостью цен на нефть и параметров фискальной политики, что в свою очередь не располагает к осуществлению долгосрочных и рискованных инвестиций в расширенное воспроизводство минерально-сырьевой базы.

³ Обзор нефтесервисного рынка России – 2021 / Исследовательский центр компании «Делойт». – [Электронный ресурс]. – URL: <https://www2.deloitte.com>

Объемы эксплуатационного бурения также до 2019 года в целом имели тенденцию к росту. Так, в 2018 году по сравнению с 2012 годом прирост объемов проходки в эксплуатационном бурении составил более 53%. Далее с 2019 года начинается падение объемов эксплуатационного бурения, в 2019 году по сравнению с 2018 годом объемы эксплуатационного бурения сократились на 1,09%, составив 27 456 тыс. м, в 2020 году – еще на 1,3% достигнув значения – 27 005 тыс. м, что было вызвано рядом обстоятельств:

- быстрым усложнением технологий бурения и существенным ростом требований, предъявляемых к эффективности расходов на сервисы;
- падением внешнего и внутреннего спроса на нефть и нефтепродукты в условиях пандемии;
- наличием обязательств по сдерживанию национальной добычи нефти на уровне квот, установленных в рамках соглашения со странами «ОПЕК+»

В настоящее время эксплуатационное бурение является крупнейшим сегментом рынка нефтесервиса и имеет значительный потенциал роста. В качестве основного драйвера роста в период 2020-2030 гг. рассматривается бурение на истощившихся месторождениях Западной Сибири, а также бурение нижележащих продуктивных горизонтов и поиск пропущенных залежей⁴.

2. Систематизированы основные направления цифровизации процессов проектирования, строительства и эксплуатации нефтяных скважин.

Одним из основных направлений оптимизации объемов бурения и повышения его эффективности в сложившихся условиях сокращения объемов добычи и переработки нефти, а также нестабильности цен на нефть является цифровизация процессов проектирования, строительства и эксплуатации нефтяных скважин, обеспечивающая трансформацию традиционного понимания бурения в понятие «цифровое бурение».

Основной целью цифровизации процесса бурения является разработка и внедрение таких цифровых решений, которые позволят на основе полной и

⁴ Филимонова И.В. Устойчивые тенденции и факторы развития нефтесервиса в России // Нефтегазовая вертикаль. – 2020. – № 21-22. – С. 6-14.

объективной информации, получаемой в режиме реального времени, осуществлять планирование, измерение и анализ операций в процессе строительства и эксплуатации скважин с возможностью оперативного реагирования на выявленные отклонения. Фактически цифровое бурение ставит целью создание целой экосистемы вокруг кустовой площадки, в рамках которой возможно осуществлять автоматическое измерение операций бурения скважин, формирование программы и плана бурения высокой детализации с учетом всех ресурсных и прочих зависимостей и его актуализацию, автоматическое информирование на буровой площадке.

Цифровизация процессов бурения позволяет решить широкий круг проблем, возникающих в процессе планирования и выполнения буровых работ, к числу которых относятся:

- ограничение поступающих данных геолого-технологических исследований и разноплановость получаемой информации по скважинам, что не позволяет осуществлять полноценный анализ;

- отсутствие комплексного подхода к планированию бурения скважин;

- отсутствие достаточной информации о состоянии оборудования в процессе бурения, в особенности такого оборудования, как насосы, верхний силовой привод и др., а также отсутствие полноценной системы мониторинга технологических процессов;

- наличие большого числа недостоверных данных, на основе которых принимаются решения в части управления процессами бурения, что не позволяет в полной мере предотвращать осложнения в процессе бурения и аварийные ситуации;

- сложность интеграции данных с участвующими в процессе бурения сервисными компаниями и подрядными организациями, обслуживающими месторождения, поставщиками оборудования, систем и установок, в результате отсутствия единых форматов стандартизации данных;

- влияние человеческого фактора.

Цифровизация процессов бурения позволяет решать эти проблемы за счет реализации следующих основных направлений, представленных в табл. 1.

Таблица 1

Основные направления цифровизации процессов проектирования, строительства и эксплуатации нефтяных скважин

Наименование	Характеристика
Формирование единого цифрового пространства	Централизованная передача и анализ поступающей информации, осуществление постановки задач и их исполнения в едином цифровом пространстве. Взаимосвязанное решение вопросов в режиме реального времени на протяжении всего процесса планирования бурения и выполнения буровых работ.
Создание цифровых двойников	Мультидисциплинарная калиброванная модель, позволяющая в режиме реального времени осуществлять как анализ происходящего, так и предиктивный анализ.
Обеспечение объективности измерений и качества данных	Контроль и обеспечение качества данных и их синхронизация в режиме реального времени.
Автоматизация управления процессами	Автоматизация процессов принятия решений, управления оборудованием. Автоматизированная отчетность.
Формирование системы оценки эффективности	Определение новых ключевых показателей эффективности деятельности и безопасности выполняемых работ. Статистика качества исполнения регламентных процедур, оценка интенсивности использования ключевых активов.
Создание автоматизированной аналитической системы	Решение задач мониторинга и комплексной оптимизации процессов бурения скважин с учетом существующих технологических ограничений в режиме реального времени.
Обеспечение гибкости архитектуры	Интеграция с существующими системами пользователей платформы и адаптация регламентов и процессов. Интеграция разнообразных систем бурения с использованием архитектуры открытых систем в рамках взаимодействия со сторонними подрядчиками.

Реализация мероприятий по цифровизации процессов бурения позволит обеспечить повышение точности процессов планирования и выполнения буровых работ, энергоэффективности технологического процесса бурения скважины, повышение уровня безопасности производственных процессов и снижение уровня аварийности и геологических осложнений при сооружении скважины, сокращение простоев оборудования и предотвращение его поломок, снижение риска влияния человеческого фактора и, как следствие повышение качества проходки и эффективности будущей эксплуатации с одновременным сокращением общей стоимости выполняемых работ.

3. Выполнен анализ ключевых направлений, используемых инструментов цифровизации и реализованных прорывных проектов цифровой трансформации компании ПАО «Газпром нефть».

Развитие технологий «Индустрии 4.0» побудило все крупнейшие нефтегазовые корпорации мира, в т.ч. российские, в качестве стратегического приоритета развития решать задачи цифровизации бизнес-процессов и создания собственных центров соответствующих компетенций.

На рис. 3 показан прогноз увеличения спроса отраслей топливно-энергетического комплекса на передовые цифровые технологии к 2030 году по сравнению с 2020 г.



Рис. 3 – Спрос на передовые цифровые технологии в ТЭК в 2020 и 2030 гг., млрд. руб.

Составлено по данным исследования НИУ ВШЭ

Если в 2020 г. этот спрос оценивался в 30,7 млрд. руб., то к 2030 г. прогнозируется его увеличение до 413,8 млрд. руб., то есть ежегодный прирост будет составлять примерно 30%⁵.

⁵ Цифровые технологии в российской экономике / К.О. Вишневский, Л.М. Гохберг, В.В. Дементьев и др.; под ред. Л.М. Гохберга; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: НИУ ВШЭ, 2021. – 116 с.

К числу наиболее востребованных и перспективных цифровых технологий в нефтегазовой отрасли относятся:

1. Облачные технологии (Cloud technology). Продукты облачного рынка имеют высокий потенциал роста в нефтегазовой отрасли, в частности для расчета, хранения, обработки сейсмической информации с целью поиска залежей нефти и газа и обеспечения анализа пространственной привязки данных, для повышения эффективности процессов обработки и контроля данных разведки, добычи, переработки и сбыта продукции и др.

2. Большие данные (Big Data). В нефтегазовой отрасли технологии больших данных активно применяются в проектах по созданию цифровых месторождений, при моделировании и прогнозировании особенностей эксплуатации оборудования в процессе бурения на основе предиктивной аналитики, при оценке эффективности проводимых геолого-технических мероприятий на скважинах и интерпретации результатов сейсмических исследований и др.

3. Искусственный интеллект (Artificial Intelligence, AI). В нефтегазовой отрасли технологии искусственного интеллекта активно используются на всех стадиях – от интерпретации геологических данных до непосредственной добычи углеводородов и прогнозирования цен на продаваемое сырье.

4. Интернет вещей (Internet of Things, IoT). Применительно к нефтегазовой отрасли основными направлениями реализации концепции Интернета вещей являются обеспечение удаленного контроля и дистанционного мониторинга в режиме реального времени процессов функционирования нефтедобывающих скважин по всем ключевым показателям (давление, температура и др.); анализ состояния оборудования на основе онлайн-мониторинга его технологических параметров с целью прогнозирования и выстраивания оптимальных графиков технического обслуживания и системы ремонтов.

5. Технологии распределенного реестра (Distributed ledger technology, DLT). В нефтегазовой отрасли возможны различные сценарии применения технологий распределенного реестра по всей цепочке создания стоимости, к

числу которых относятся: создание распределенной системы отслеживания поставок, обеспечивающей их прозрачность и эффективность выполнения операций; хранение информации об эксплуатации и выполненных ремонтах бурового оборудования, технических средств, платформ взаимодействия умных устройств; внедрение системы смарт-контрактов, обеспечивающей программируемое и последовательное выполнение условий заключаемых контрактов.

Следует отметить существенные различия в степени проработки проектов внедрения цифровых технологий российскими нефтяными компаниями. Многие компании реализуют отдельные пилотные проекты по внедрению той или иной технологии, но не разрабатывают долгосрочные программы цифровизации. К числу компаний, имеющих грамотно проработанные корпоративные программы цифровой трансформации и активно инвестирующих в цифровые решения по всей производственной цепочке, относятся ПАО «Газпром нефть», ПАО НК «Роснефть», ПАО «ЛУКОЙЛ» и ПАО «Татнефть»⁶. На их долю приходится более 60% от общего объема добычи нефти в 2021 году.

Стратегия цифровой трансформации ПАО «Газпром нефть» утверждена Советом директоров компании в сентябре 2019 года. В 2020 году создана компания «Газпромнефть – Цифровые решения» путем преобразования «Информационно-технологической сервисной компании» (ИТСК) в соответствии с планами цифровой трансформации ИТ-кластера «Газпром нефти».

Главные реализованные прорывные проекты цифровой трансформации компании охватывают всю цепочку создания стоимости от геологоразведки до процесса поставки готовой продукции клиентам (табл2). В общей сложности в портфеле компании в настоящее время накоплено более 1000 цифровых проектов, реализуемых на основе различных цифровых технологий.

⁶ Зайцева И.А. Оценка базовых подходов к внедрению цифровых решений в процессы бурения нефтяных скважин / И.А. Зайцева, А.Д. Фумберг // В сборнике: Мобильность будущего - инновационная мобильность сетей поставок Северо-Западного региона. 2021. С. 139-147.

**Реализованные прорывные проекты цифровой трансформации
ПАО «Газпром нефть»**

Наименование	Описание
Геоаналитическая платформа	Представляет собой комплексное решение по моделированию транспортных потоков и планированию лучших локаций для развития сети АЗС на основе искусственного интеллекта.
Искусственный интеллект в геологоразведке	Предусматривает применение машинного обучения для поиска дополнительных скрытых запасов нефти. На основе анализа геологических данных и информации со скважин благодаря использованию нейросети становится возможным предсказать участки, где находятся потенциальные интервалы с залежами нефти, которые было невозможно выявить традиционными способами.
Электронная разработка активов (ЭРА)	Представляет собой стратегическую программу IT-проектов в сфере разведки и добычи, в числе реализованных проектов «ЭРА: ИСКРА» (система интегрированного проектирования, помогающая принимать решения по обустройству месторождений), «ЭРА: ГРАД» (цифровое рабочее место инженеров геологии и по разработке месторождений), «ЭРА: РЕМОНТЫ» (автоматизированное управление ремонтом скважин), «ЭРА: ПроАктив» (комплексный анализ данных о запасах углеводородов).
Цифровая система управления арктической логистикой «КАПИТАН»	Создана для обеспечения круглогодичного и бесперебойного вывоза всего объема добываемой нефти арктических сортов ARCO и Novy Port. Данная система в режиме реального времени следит за движением судов, формирует оптимальный график движения флота и отгрузки нефти с терминалов, контролирует параметры движения каждого судна на всех этапах рейса.
100% цифровой клиент	Для водителей предусматривает использование мобильного приложения для заказа и оплаты топлива на АЗС «Газпромнефть». Для корпоративных клиентов – возможность заключить договор с компанией онлайн, использовать виртуальные сервисные карты в мобильном приложении, обмениваться документами в режиме онлайн, совершать все операции в личном кабинете «ОПТИ24».
Аналитическая платформа управления данными	Представляет собой комплексную платформу обработки, хранения и анализа данных с полноценно интегрированными компонентами управления данными (Data Governance) для обработки и хранения больших массивов данных, реализации задач продвинутой аналитики, повышения эффективности управления.

Ожидается, что внедрение цифровых технологий позволит ПАО «Газпром нефть» к 2030 году сократить сроки получения первой нефти с месторождений в

два раза, ускорить реализацию крупных проектов добычи нефти и газа на 40%, а также оптимизировать расходы на управление производством на 10%⁷.

Заключение. Проведенное исследование направлено на выявление тенденций развития технологий цифровизации процессов разведки и бурения нефтяных скважин, обеспечивающей рост эффективности топливно-энергетического комплекса РФ.

Выполненный анализ объемов проходки в бурении позволил выявить заметное ускорение темпов снижения проходки в бурении в последние три года как за счет разведочного, так и за счет эксплуатационного бурения. Установлено, что сегмент разведки и добычи нефти имеет значительный потенциал роста в том числе за счет цифровизации процессов проектирования, строительства и эксплуатации нефтяных скважин, позволяющей в режиме реального времени осуществлять планирование, измерение и анализ операций в процессе строительства и эксплуатации скважин с возможностью оперативного реагирования на выявленные отклонения.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о достаточно высоком уровне вовлеченности крупнейших нефтяных компаний страны в процессы цифровой трансформации бизнеса. Следует отметить наличие значительного потенциала для дальнейшего использования и внедрения передовых цифровых технологий и цифровых решений в деятельность нефтяных компаний, эффективность которых во многом зависит не только от зрелости текущих бизнес-процессов, наличия необходимых навыков и компетенций и достаточного объема финансовых ресурсов, но и от выбранного подхода к управлению проводимой цифровой трансформацией.

Библиографический список:

1. Годовой отчет 2021 ПАО «Газпром нефть» – 212 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gazprom.ru/investors/reports/2021>.

⁷ Годовой отчет 2021 ПАО «Газпром нефть» – 212 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gazprom.ru/investors/reports/2021/>

2. Зайцева И.А. Оценка базовых подходов к внедрению цифровых решений в процессы бурения нефтяных скважин / И.А. Зайцева, А.Д. Фумберг // В сборнике: Мобильность будущего - инновационная мобильность сетей поставок Северо-Западного региона. Сборник научных статей международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, – 2021. – С. 139-147.

3. Литонин Я.К. Комплексный анализ рынка нефтесервиса и оценка его влияния на нефтедобывающие компании // Экономические системы. – 2021. Том 14. – №2 (53). – С.173-179.

4. Обзор нефтесервисного рынка России – 2021 / Исследовательский центр компании «Делойт». – 19 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www2.deloitte.com>.

5. ТЭК России: Функционирование и развитие / Минэнерго РФ. – 2021. – 150 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://minenergo.gov.ru/system/download-pdf/20322/154189>.

6. Филимонова И.В. Устойчивые тенденции и факторы развития нефтесервиса в России // Нефтегазовая вертикаль. – 2020. – № 21-22. – С. 6-14.

7. Цифровые технологии в российской экономике / К.О. Вишнеvский, Л.М. Гохберг, В.В. Дементьев и др.; под ред. Л.М. Гохберга; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: НИУ ВШЭ, 2021. – 116 с.

References:

1. Annual report 2021 PJSC Gazprom Neft – 212 p. [Electronic resource]. – URL: <https://www.gazprom.ru/investors/reports/2021>.

2. Zaitseva I.A. Evaluation of basic approaches to the implementation of digital solutions in the processes of drilling oil wells / I.A. Zaitseva, A.D. Fumberg // In the collection: Mobility of the future - innovative mobility of supply chains in the North-West region. Collection of scientific articles of the international scientific-practical conference. St. Petersburg, – 2021, – pp. 139-147.

3. Litonin Ya.K. Comprehensive analysis of the oilfield service market and assessment of its impact on oil companies // Economic systems. – 2021. Volume 14. – № 2 (53). – pp.173-179.

4. Overview of the Russian oilfield services market - 2021 / Deloitte Research Center. – 19 p. [Electronic resource]. – URL: <https://www2.deloitte.com>.
5. Fuel and Energy Complex of Russia: Functioning and Development / Ministry of Energy of the Russian Federation. – 2021. – 150 p. [Electronic resource]. – URL: <https://minenergo.gov.ru/system/download-pdf/20322/154189>.
6. Filimonova I.V. Sustainable trends and development factors of oilfield services in Russia // Oil and gas vertical. – 2020. – № 21-22. – pp. 6-14.
7. Digital technologies in the Russian economy / K.O. Vishnevsky, L.M. Gokhberg, V.V. Dementiev and others; ed. L.M. Gokhberg; National research University «Higher School of Economics». – M.: NRU HSE, 2021. – 116 p.