

Роль цифровых технологий в разведке, добыче и транспортировке нефтегазовых продуктов

Д.С. Черняев, Д.Е.Намиот

Аннотация— В статье рассматривается роль цифровых технологий в разведке, добыче и транспортировке нефтегазовых продуктов. Авторами будут рассмотрены основные проблемы в нефтегазовой отрасли, а также будут предложены решения на примере мировых отечественных и зарубежных компаний. В статье рассматриваются виды транспортировки нефтепродуктов, виды нефтепродуктов, цифровые технологии в транспортировке, добыче и разведке. Основными цифровыми технологиями будут являться: Интернет Вещей, Building Information Modeling, Цифровые двойники, Большие данные (Big Data), 3-D печать, блокчейн, БПЛА и многие другие. Например, Цифровые двойники могут применяться для оборудования, месторождения, прогноза поведения какого-либо актива. Цифровой близнец прогнозирует поведение своего “брата” из реального мира с помощью приёма данных от датчиков и процесса моделирования, исходя из реакций реального процесса. Примером будет помощь в мониторинге за трубопроводной сетью, прогнозирование эрозии, коррозии.

Ключевые слова— Цифровые технологии, Интернет Вещей, блокчейн, БПЛА, Big Data, нефть, газ, нефтедобыча, транспортировка, геологоразведка.

I. ВВЕДЕНИЕ

В обзорной статье, подготовленной в рамках работы над магистерской диссертацией в РУТ (МИИТ), рассматривают цифровые технологии разведке, добыче и транспортировке нефтегазовых продуктов.

Добыча нефти в России превысила отметку в 556 млн. т. за 2018 год – это лучший показатель в истории нефтедобычи. Однако в нефтегазовой отрасли не всё выглядит так гладко. Существует ряд проблем, среди которых авторы решили выделить три наиболее глобальных, а именно:

- сокращение потерь нефти и нефтепродуктов на пути от скважины до конечного потребителя – до АЗС, НХК, экспортного терминала или нефтебазы. По статистике, потери на нефтепромыслах составляют – 4,0%; на НПЗ– 3,5%; при транспортировке и хранении нефти и нефтепродуктов на нефтебазах и

нефтепродуктопроводах – 2,0%. Итого практически 10%. Это является большой проблемой для добывающих компаний;

-ухудшение качества нефти. При начальной разработке нефтяных месторождений добыча нефти происходит в так называемом «чистом виде», то есть без различного рода примесей и воды. Но на любом месторождении наступает период, когда из недр начинает выступать не только нефтяной продукт, но и пластовые воды, которые сильно отличаются по химическому и бактериологическому составу. Происходит ухудшение качества нефти, да и транспортировка становится более нерентабельной (к тому же происходит износ нефтеперекачивающего, нефтеперерабатывающего и нефтеперевозящего оборудования);

- рост затрат на обслуживание нефтегазовых скважин увеличился практически на 50% в сравнении с 2017 годом [4].

Данные проблемы заставляют задуматься о применении цифровых технологий. Специалисты British Petroleum считают, что “цифры” помогут увеличить мировую нефтедобычу на 40% к 2050 году, а себестоимость нефти уменьшится на 1/3. Нефтегазовая отрасль характеризуется тем, что является одной из отраслей, где отсутствие цифровых технологий повлечет за собой потерю конкурентоспособности компании на мировом рынке. Практически для всех имеющих месторождений эффективность добычи выходит на первый план. И эта тенденция будет только усиливаться. Иностранные и отечественные компании начали данное внедрение еще до того, как была утверждена Программа “Цифровая экономика Российской Федерации на период до 2025 года” [1]. Основным трендом в данной отрасли будет исключение человеческого фактора в тех отраслях работы, где это кажется возможным. В положительную сторону это скажется как в вопросе экологии, так и в удаленном контроле за исследованиями потенциальных месторождений.

II. ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ВНЕДРЕННЫЕ В НЕФТЕГАЗОВУЮ ОТРАСЛЬ

Уже сегодня внедрены следующие цифровые технологии:

Статья получена 02 сентября 2019 года.

Черняев Д.С. - РУТ (МИИТ), (email: dmitrychernyaev95@gmail.com)

Намиот Д.Е. - МГУ им. М.В. Ломоносова; РУТ (МИИТ), (email: dnamiot@gmail.com)

1. Интернет Вещей – анализ данных в реальном времени с помощью датчиков. Задачей здесь будет предоставление актуальных данных для создания цифрового двойника месторождения (либо другого объекта исследования), создание условий для экологии;

2. Building Information Modeling (Моделирование пласта, гидроразрыва, рельефа местности). BIM помогает в моделировании инфраструктуры, а также даёт понять когда следует осуществлять технический осмотр.



Рис. 1 – BIM газоперекачивающего агрегата [7]

3. Цифровые двойники – инструмент для виртуального представления физического актива и его оптимизация.

Цифровые двойники могут применяться для оборудования, месторождения, прогноза поведения какого-либо актива. Цифровой близнец прогнозирует поведение своего “брата” из реального мира с помощью приёма данных от датчиков и процесса моделирования, исходя из реакций реального “брата”. Примером будет помощь в мониторинге за трубопроводной сетью, прогнозирование эрозии, коррозии.

Цифровые двойники нефтегазовой отрасли от ANSYS под названием ANSYS являются отличным инструментом для снижения эксплуатационных расходов. Создаются они благодаря технологии ANSYS Twin Builder с помощью 3-D моделирования.

Digital Twins должны быть построены с акцентом на: точное представление физической системы, гибкость в реальном времени.

4. Большие данные (Big Data);

5. 3D-печать. Позволяет изготавливать недостающие либо поломанные детали и части;

6. Машинное обучение. Цифровые двойники подключены к алгоритмам машинного обучения, они обучаются и в будущем предугадывают реакции актива и знают наперёд порядок действий;

7. Видеоаналитика. Видеоаналитика помогает в мониторинге работы активов, а также выявлять причины возникновения чрезвычайных ситуаций. Это работает в совокупности с другими цифровыми технологиями.



Рис. 2 – Видеоаналитика в нефтегазовой отрасли [7]

8. Блокчейн (взаимодействие подразделений нефтяных компаний, информационный обмен с контрагентами). Наглядно структура блокчейн представляется следующим образом:

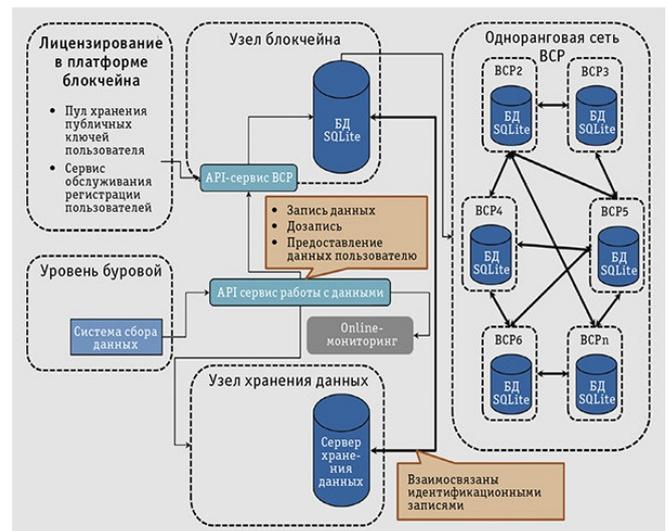


Рис. 3 – Структура блокчейн [3]

9. Технологии гидроразрыва пласта (создание искусственных трещин, по которым ресурсы будут продвигаться к забою скважины быстрее);

10. Ряд программных обеспечений, характерные для лидеров рынка: ”Цифровое месторождение”, ”Когнитивный геолог”, ”Цифровая АЗС”, ”Цифровой завод”, ”Цифровая цепочка поставок”, ”Интеллектуальное месторождение”, ”Умное месторождение (Smart Field)”, ”Геонавигатор”, ”Геомейт”;

11. SALT, SCADA;

12. БПЛА – беспилотный летающий аппарат [3].

Беспилотный летающий аппарат помогает в мониторинге состояния трубопроводного транспорта, а также передает информацию с нефтяных

месторождений.



Рис. 4 – Беспилотный летающий аппарат [2]

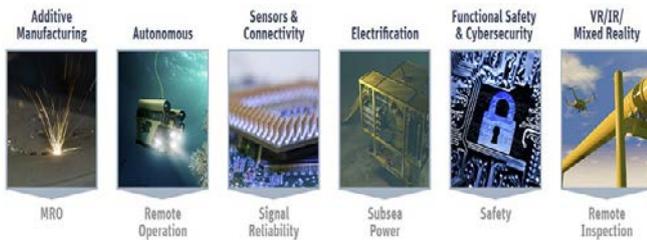


Рис. 5 – Положительные эффекты от использования цифровых технологий [7]

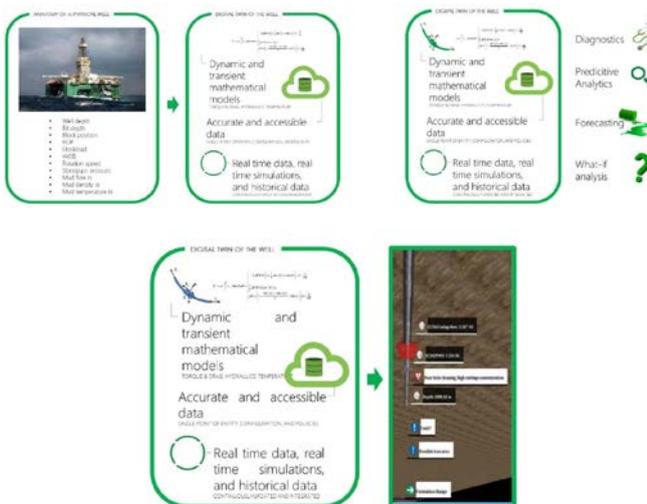


Рис. 6 – Концепция применения цифровых технологий в режиме реального времени [7].

III. ЭТАПЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НЕФТЕГАЗОВЫХ КОМПАНИЙ И ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРИМЕРЕ ВЕДУЩИХ МИРОВЫХ КОМПАНИЙ

Деятельность корпораций в нефтяной и газовой отрасли проходит в несколько этапов, в которых уже внедрены цифровые технологии. Этапы выглядят следующим образом [5]:

1. Разведка. Задачей этапа является разработка цифровой модели географического участка, где в перспективе будет создана нефтяная скважина. Модель должна предоставлять информацию о развитии пласта в промежутке времени, потенциальный запас месторождения и особенности рельефа. Ведущие компании на сегодняшний день предлагают следующие решения:

1) “Роснефть” разработала Стратегию развития компании “Роснефть-2020”, где компанией будут реализовываться ряд программ с использованием цифровых технологий, таких как: «Цифровое месторождение» (в 2019 году запущен проект в Илишевском месторождении с применением Digital Twins, интеллектуальная система мониторинга трубопроводов – экономический эффект составит 1 млн. тонн нефти и 1 млрд. руб. в год), а далее и «Цифровой завод», «Цифровая АЗС» и «Цифровая цепочка поставок», которые способны сократить финансовые потери и уменьшить издержки производства.

2) “Газпромнефть” реализует цифровую стратегию, которая на 40% позволит оптимизировать работу ведущих направлений компании. Применение когнитивных систем позволит искать новые места для бурения за 15 минут и сократить труд геолога на 70-80%. В настоящее время активно применяются RFID-датчики, например, в логистике. В работе [10] описан пример, когда на закупленные комплектующие были установлены радиочастотные метки и датчик спутникового позиционирования. Радиометки фиксировали перемещение товаров с момента отгрузки до базы хранения. Операторы получали данные о скорости перемещения груза, количестве и продолжительности остановок в пути. Собранные данные оформлялись как смарт-контракт в блокчейн. Блокчейн в таком проекте связывал физические поставки и документооборот. Также компания внедрила программное обеспечение под названием “Когнитивный геолог”, где благодаря машинному обучению ускоряются циклы геологоразведочных работ.

3) “ЛУКОЙЛ 4.0” позволит компании реализовать интеллектуальное месторождение (Life-Field). Это подразумевает то, что месторождение будет функционировать под контролем компьютерных систем и систем сбора больших данных.

4) “British Petroleum” активно использует IoT для мониторинга состояний своих скважин. Это подразумевает объединение нефтедобывающих скважин с сеть (650 скважин в еще в 2015 году), и опрос датчиков (сенсоров) установленных на каждой скважине и измеряющих множество различных параметров. Далее BP использует облачный IoT-сервис Predix [8] от компании GE для анализа информации.

5) Умное месторождение (Smart Field) – программное обеспечение, управляющее нефтяным пластом с целью увеличить процент добычи углеводородов, а также сокращение энергии в целях повышения экологии. Также благодаря умному месторождению можно осуществлять управление скважиной и насосами, дожимными насосными станциями и т.д. Характерными особенностями здесь будут: интеллектуальная система

распределения энергии, система безопасности. Кроме того, создается цифровой двойник месторождения, точно повторяющий особенности рельефа местности. Благодаря SF осуществляется профилактика обводнения месторождений, что способствует продлению срока их эксплуатации. Моделирование помогает избежать нецелесообразных денежных вложений, связанных с развитием участка. Внедрение систем автоматизации минимизирует опасность аварийных ситуаций, что говорит о комплексном эффекте, оценку которого одной цифрой дать сложно.

2. Нефтедобыча.

К нефтедобыче относится бурение. Сам процесс уже цифровизируется в ряде компаний. Целью является: точное представление рельефа, пласта; рациональное управление в реальном времени оборудованием: насос, буровая колонна; контроль температуры и скорости бурения. Для всего этого был создан “Тренажёр скважины”. Выглядит он следующим образом:

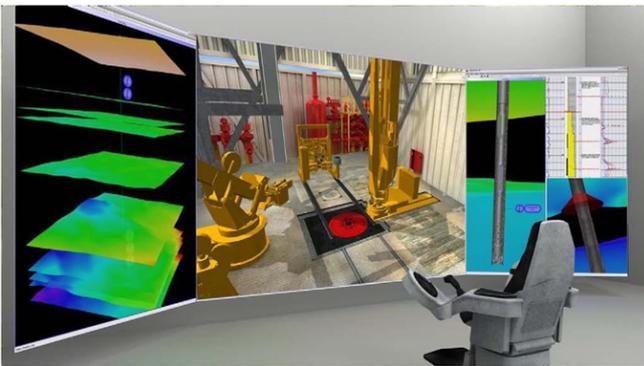


Рис. 7 – Тренажёр скважины [7].

“Тренажёр скважины” представляет из себя цифровое представление скважины, а именно: верхний слой со всеми характерными для скважины чертами. Тренажёр предназначен для бурения и эксплуатации. Он использовался для обучения более чем 200 бригад на различных скважинах. Основной целью является помощь в обучении бригад на очень реальной, но всё же виртуальной скважине, при этом получая обратную связь в случае ошибки.

Ярким примером здесь станет компания “Газпромнефть”, а точнее её технология “Геонавигатор”. Данная технология собирает информацию о бурении, добыче нефтескважин. Параллельно данные передаются в систему “Электронная обработка активов”. Это позволяет, в итоге, сократить энергопотребление на 15%, снизить расходы на бурение, а срок службы оборудования увеличится на 20%. Но помимо этих систем присутствует также и “Геомейт”, где хранится информация обо всех месторождениях компании, и, благодаря которой, специалисты могут всегда иметь доступ о состоянии месторождений в реальном времени.

А затем на основе прогнозов выявлять перспективные зоны для дальнейшей деятельности, управлять скважиной, исключая человеческий фактор.

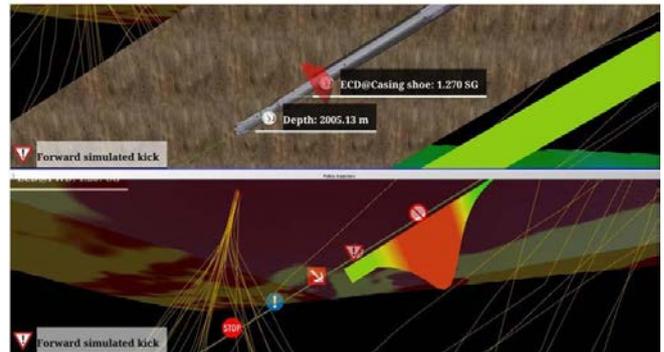
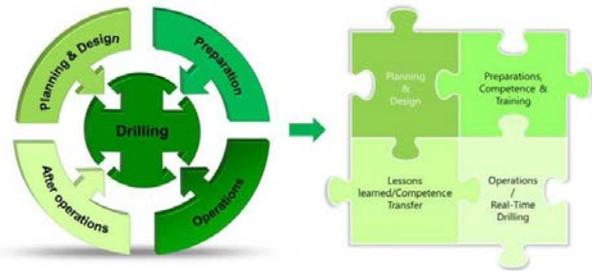


Рис. 8 – Цифровые технологии при бурении [7].

Программа выбирает режим работы скважины исходя из следующих данных: нагрузка на заполняемость насоса, скорость работы, объем жидкости. Роутер считывает данные с преобразователя частоты и отправляет в диспетчерский центр, где так же осуществляется мониторинг и управление скважиной, трубопроводом и насосами. Важным компонентом программного обеспечения нефтедобывающих комплексов также является и SCADA – программно-аппаратный комплекс сбора данных и диспетчерского контроля. SCADA помогает решить задачи оперативного управления, отображения хода технологических операций, взаимодействия между диспетчером и системой управления, а также взаимодействия с внешним миром (интеграция с бизнес-приложениями).

3. Управление закупками и транспортная логистика.

1) “Газпромнефть” реализовала цифровую систему управления логистикой в Арктике “Капитан”. Система анализирует такие данные, как: суточные объемы добычи нефти, объемы накопления нефти в нефтехранилищах, местоположение и характеристики движения судна, ситуация со льдами на морском пути, погодные условия, график приливов и отливов, самостоятельно формирует график движения танкеров и ледоколов. Данная программа обрабатывает около 7 тыс. входных параметров и выдает оптимальные логистические решения, просчитывая более 1 млн. возможных вариантов и оперативно реагируя на возможные отклонения.



Рис. 9 – Дистанционное управление нефтедобычей [3].

Здесь также имеет место быть и “Цифровой ТЗК” – это полная автоматизация всех бизнес-процессов – от приема топлива с различных видов транспорта до заправки. Управление осуществляется из единой диспетчерской, все данные первичного учета топлива поступают в систему автоматически. Цифровая платформа сбыта позволяет точно настраивать продуктовое и сервисное предложение под каждого клиента, быстро создавать и выводить на рынок новые продукты и сервисы, предоставлять потребителю моментальный доступ к необходимому решению [9].



Рис. 10 – Интеллектуальная система “Капитан” [3]

2) Крупнейшие нефтегазовые компании России стали применять беспилотные воздушные суда, изготовленные концерном Калашникова, для мониторинга трубопроводных систем. Их запустили «Роснефть», «Газпром нефть», «Газпром», ЛУКОЙЛ, «Татнефть» и «Транснефть». Беспилотники оснащаются тепловизорами и системой навигации. Это позволяет, оценивать возможные смещения и повреждения трубы, определять незаконные врезки и вызывать технический сервис на конкретные участки. Использование беспилотных аппаратов дает возможность снижать затраты на проведение эксплуатационных работ примерно на 85%. «Газпром» использует беспилотные аппараты и для обследования потенциально нефтеносных участков. Компания применяет БПЛА для измерения характеристик магнитных полей

определенных локаций. Если сравнить затраты ресурсов на такие исследования, выполняемые традиционными методами, то аппараты требуют примерно в три-четыре раза меньше — и времени, и денег.

С помощью трубопроводного транспорта в Европу Россия экспортирует по 2 вариантам маршрута [2,6]:

1. Через Республику Беларусь с дальнейшим ответвлением: северное направление (Белоруссия, Польша, Германия, Латвия, Литва) мощностью 70 млн. т. и южное направление (Украина, Чехия, Словакия, Венгрия) мощностью 65 млн. т.

2. Через Украину, а именно: Самара — Лисичанск — Кременчуг — Снигиревка — Николаев — Одесса с ответвлением от Снигиревки на Херсон, Самара — Волгоград — Тихорецк — Новороссийск и далее в Чехию, Словакию, Венгрию.

Карта нефтепроводов выглядит следующим образом:

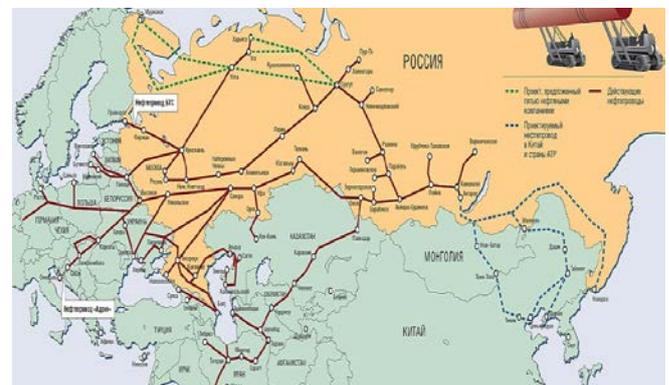


Рис. 11 – Карта нефтепроводов России [6]

IV. ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРИМЕРЕ ВИДОВ ТРАНСПОРТА.

Прежде, чем речь пойдет о видах цифровых технологий, используемых для транспортировки нефтепродуктов и газа, авторы хотели бы отметить преимущества и недостатки каждого вида транспорта. На сегодняшний день в России активно применяются следующие виды транспортировки нефтепродуктов [11]:

Таблица 1 – Виды транспортировки нефтепродуктов

Вид транспорта	Преимущества	Недостатки
Ж/д транспорт	Практичность, большая сеть ж/д путей, независимость от погоды, большая грузоподъемность	Затраты на эксплуатацию ж/д путей, высокая стоимость перевозки, наличие на станциях эстакад с заливыми и сливными резервуарами
Водный транспорт	Высокая пропускная способность, дешевизна перевозки	Возможная угроза экологии, сложность ликвидации ЧС, сезонный

		транспорт
Автомобильный транспорт	Оперативная доставка, увеличение себестоимости груза	Соблюдение мер контроля, построение маршрута согласно требованиям
Авиатранспорт	Самый быстрый транспорт	Самый дорогой транспорт
Трубопроводный транспорт	Дешевизна перевозки, большой грузооборот, экологически чистый, независим от погоды	Возможны поломки

Условно транспортируемые нефтепродукты подразделяются на темные и светлые:

Таблица 2 – Виды нефтепродуктов

Темные нефтепродукты	Светлые нефтепродукты
Все виды мазутов, дистилляты, гудрон, битум. Темные нефтепродукты имеют в составе тяжелые остатки первичной и вторичной переработки нефти (от этого и цвет)	Бензин, нафт, керосин, дизельное топливо

Далее, авторы предлагают рассмотреть технологии, которые используются на сегодняшнее время на том или ином виде транспорта:

Таблица 3 – Применение цифровых технологий в транспорте

Вид транспорта	Примененные/планируемые к применению цифровые технологии
Ж/д транспорт	ВМ, RFID-датчики, Automatic Train Protection, ERTMS/ETCS, IoT, Блокчейн
Водный транспорт	IoT
Автомобильный транспорт	RFID-датчики, ВМ автоцистерны, автономная работа автоцистерны
Воздушный транспорт	Блокчейн
Трубопроводный транспорт	RFID-датчики, БПЛА, система безопасности трубопроводов (автоматическое закрытие участка в случае поломки или несанкционированного проникновения), Блокчейн, Цифровые двойники.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Благодаря внедрению цифровых технологий добыча природных ресурсов может быть увеличена на 35%, в то время как себестоимость данных работ снизиться на 25%. Практически половина компаний, работающих в

данной отрасли, уже активно работают с большими данными (Big Data), а оставшаяся половина планирует работать в ближайшие 3-5 лет. Цифровая трансформация коснется абсолютно всех компаний, несмотря на то, что был период обвала цен на нефть. Компании понимают, что внедрять “цифры” нужно в любом случае. Также большой популярностью пользуются услуги геофизических компаний, обрабатывающие большое количество данных, проводят исследования. Такие расходы быстро окупаемы, а также приносят прибыль в перспективе, так как значительно улучшается процесс бурения по наводке геофизиков. В итоге, деньги, затраченные на данную услугу, окупаются в 7-10 раз.

Цифровые технологии также помогут в работе с обводненными месторождениями, где остается 50-70% нефти, давать рекомендации по работе с существующими крупными месторождениями, также возродить старые регионы [5]. Извлечение трудноизвлекаемых запасов также входит в их задачи.

В работе авторы рассматривали виды цифровых технологий, используемые в нефтегазовой отрасли, а именно: в добыче, транспортировке, разведке. Их внедрение поможет компаниям сократить расходы или вовсе убрать потери от основных проблем данной отрасли, а именно: 1. Сократить потерю нефти на любых этапах работы компаний; 2. Сократить процент ухудшения качества нефти благодаря эффективному управлению месторождениями; 3. Сократить затраты на обслуживание нефтегазовых скважин.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. №1632-р об Утверждении программы “Цифровая экономика Российской Федерации”.
- [2] К. Генеральская “Транспортировка нефти в России и поставки за рубеж”, 2017 год, сайт - <https://dprom.online/>
- [3] Цифровая трансформация нефтегазовой отрасли”, журнал “Нефтегаз”, №2, стр.3-9, 2018.
- [4] Ю.А.Щербанин, “Логистика в нефтегазовой отрасли: некоторые положения и соображения”, журнал Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья” 2016г.
- [5] М. Якушевич, “Нефть без человека: как роботы и интернет вещей изменили нефтедобычу” -2018, сайт - <https://hightech.fm/>.
- [6] А.И. Алексеев, “Россия: социально-экономическая география: учеб. Пособие”, 2013.
- [7] Digital Twins <https://www.ansys.com/blog/oil-and-gas-digital-twins-improve-prognostics-health-management>
- [8] Lovas, Róbert, et al. “Orchestrated platform for cyber-physical systems.” Complexity 2018 (2018).
- [9] Цифровая эволюция российской нефтянки <https://digitalevolution.tass.ru/>
- [10] Нефть без человека <https://nangs.org/news/it/nefty-bez-cheloveka-kak-roboty-i-internet-veshthey-izmenili-neftedobychu>
- [11] Транспортировка нефти <https://dprom.online/oilngas/transportirovka-nefti-v-rossii-i-postavki-za-rubezh/>

The role of digital technologies in the exploration, production, and transportation of oil and gas products

Dmitry Cherniaev, Dmitry Namiot

Abstract- The article considers the role of digital technologies in the exploration, production, and transportation of oil and gas products. The authors will consider the main problems in the oil and gas industry, and will offer solutions on the example of the world's domestic and foreign companies. The article considers the types of transportation of petroleum products, types of petroleum products, digital technologies in transportation, production, and exploration. The main digital technologies will be the Internet of Things, Building Information Modeling, Digital Doublets, Big Data, 3-D printing, blockchain, UAV and many others. For example, Digital Doppelgangers can be used to predict the behavior of an asset. A digital twin predicts the behavior of its real-world "brother" by receiving data from sensors and the simulation process, based on the reactions of the real process. An example would be to help monitor the pipeline network, predict erosion and corrosion.

Keywords- Digital technologies, Internet of Things, blockchain, UAVs, Big Data, oil, gas, oil production, transportation, exploration.

REFERENCES

- [1] Order of the Government of the Russian Federation of July 28, 2017 No. 1632-p on Approval of the program "Digital economy of the Russian Federation".
- [2] K. General'skaya "Transportation of oil in Russia and exports", in 2017, the site <https://dprom.online/>
- [3] Digital transformation of the oil and gas Industry "Neftegaz magazine, №2, pp. 3-9, 2018.
- [4] Y. A. Sherbinin, "logistics in the oil and gas industry: some provisions and considerations", journal of Transport and storage of petroleum products and hydrocarbons" 2016.
- [5] M. Akushevich, "Oil without humans: how robots and the Internet of things changed the oil" -2018, website - <https://hightech.fm/>.
- [6] A. I. Alekseev, "Russia: socio-economic geography: studies. Manual", 2013.
- [7] Ansys digital twin <https://www.ansys.com/blog/oil-and-gas-digital-twins-improve-prognostics-health-management>
- [8] Lovas, Róbert, et al. "Orchestrated platform for cyber-physical systems." Complexity 2018 (2018).
- [9] Digital evolution for Russian oil industry <https://digitalevolution.tass.ru/>
- [10] Oil without humans <https://nangs.org/news/it/nefty-bez-cheloveka-kak-roboty-i-internet-veshtey-izmenili-neftedobychu>
- [11] Transportirovka nefi <https://dprom.online/oilngas/transportirovka-nefti-v-rossii-i-postavki-za-rubezh/>