



# Роботы, VR и нейросети

Аналитическое агентство WMT Consult

Цифровизация российской нефтяной отрасли идет полным ходом. Многие вертикально интегрированные компании создали специализированные подразделения, наняли новых топ-менеджеров, которые могли бы внедрять новые технологии. Повсюду обсуждаются Big Data, блокчейн, цифровые двойники, автоматизация и искусственный интеллект. В своем исследовании мы бы хотели осветить те технологии, которые сейчас мало кто рассматривает в силу их дороговизны либо сложности. Тем не менее эти технологии будут становиться все дешевле, а это значит, что в ближайшие годы они также завоюют нефтегазовый рынок.

К основным технологическим трендам современной промышленной революции, получившей название Индустрия 4.0, относят интернет вещей, межмашинные коммуникации, моделирование и прогнозирование на основе продвинутой аналитики и технологий Big Data, облачные и туманные вычисления, а также хранение данных, роботизацию производства, аддитивное производство, когнитивные технологии, усовершенствованные человеко-машинные интерфейсы, компьютерную имитацию оборо-

дования, материалов и технологий, дополненную реальность, интеллектуальные датчики, 3D-печать. Остановимся на некоторых технологиях подробнее.

## НЕЙРОСЕТИ

Что такое нейросеть? Математическая модель, построенная по принципу биологических нейронных сетей. Фактически вместо сетей нервных клеток организма,

образующих нервную систему, человеком создается система соединенных и взаимодействующих простых процессоров (искусственных нейронов), связанных по сетевому принципу. Каждый такой так называемый нейрон, или процессор, взаимодействует сразу с несколькими другими нейронами. Сложные сети образуют множество слоев. Информация из одного слоя передается в другую только после того, как первый слой обработал информацию и принял собственное решение из нескольких заложённых сценариев, исходя из данных.

Конечная цель развития технологии нейросетей – полностью автоматизировать геологическое моделирование. Это снизит неопределенность в разведанных. Настройка глубоких нейронных сетей заключается в наиболее подробном описании пласта без прямых данных. Нейросети, вобравшие в себя опыт инженеров-геологов, будут анализировать данные автоматически. Раньше процесс анализа мог растянуться на годы.

**Эти технологии будут становиться все дешевле, а это значит, что в ближайшие годы они также завоюют нефтегазовый рынок**

Применение технологии нейросетей предполагает и разработку присадки. Эта система сможет корректировать построенную геологическую модель в режиме онлайн, сверяя ее с реальными данными. Необходимо создать единую базу для так называемого history matching (адаптация модели), на который не сможет повлиять пользователь. Это задача для другой связанной технологии – машинного обучения. По мнению экспертов, нейросети таким образом помогут более рациональной нефтедобыче.

Нейронные сети используют и для прогнозирования свойств пород на новых, еще не разработанных месторождениях. Дело в том, что единственная возможность изучения физических свойств месторождения – доставить в лабораторию с глубины в несколько тысяч метров образец породы (керна, или шлиф). До недавнего времени эта очень дорогая процедура была безальтернативным способом узнать, есть ли в недрах залежи углеводородов. Однако стало возможным узнать свойства пород без сбора образцов. Эту технологию разработали совместно ученые «Газпром нефти» и МФТИ. С помощью нейронных сетей составляются цифровые двойники шлифов на основе совокупного опыта геологоразведки. Сотрудники МФТИ написали программу, а специалисты НТЦ нефтяной компании испытывали ее и адаптировали алгоритмы с учетом специфики нефтедобычи. Анализ генетических алгоритмов, копирующих биологические эволюционные процессы, и данных нейросетей показал, на какой глубине лежат углеводороды.

Специалисты ВолгоградНИПИморнефти, дочерней компании ЛУКОЙЛа, также применили эту технологию. Они

провели разведку скважины Западно-Сарматского месторождения. В качестве исходников использовались данные сейсморазведки и бурения четырех разведывательных скважин с двух больших месторождений Северного Каспия – им. Ю. Кувькина и смежного с ним Западно-Сарматского. Генетический алгоритм на базе нейронной сети помог найти оптимальную точку для бурения. Технология полностью себя оправдала: предсказанная глубина всего на 0,3 метра отличалась от реальной.

## ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ

Проектирование, анализ данных геологоразведки, учет данных при разработке нефтегазового месторождения – процесс ответственный и скрупулезный. Цена ошибки – миллионы долларов убытков компании. Необходимо точно визуализировать массив информации, и помогает в этом 3D-визуализация объекта. Ее разработкой занимаются коллективные проекционные центры виртуальной реальности.

3D-сейсмика повышает вероятность бурения на нефть, снижая тем самым риск сухого бурения. Затраты на оборудование и 3D-моделирование окупаются после бурения одной-двух скважин в подсказанном системой месте.

Для таких задач разведки, как фотограмметрия и дистанционное зондирование земли, активно используют 3D-стереовизуализацию. Метод дает возможность сотрудникам из разных департаментов быстро усвоить большое количество информации о месторождении, провести анализ и принять лучшее решение, снизив при этом вероятность ошибки.

Интерактивные устройства отображения 3D-моделей, применение технологии в видеоконференциях позволяют одновременно объединить усилия специалистов различных уровней. А 3D-презентации с эффектной и понятной объемной картинкой ясны и наглядны даже для неспециалистов, возможных акционеров и инвесторов. Ведущие производители ПО для 3D-моделирования – американская Schlumberger, а также Landmark, Roxar, Paradigm. Например, ЛУКОЙЛ использует технологию виртуальной реальности для 3D-визуализации и анализа данных в добыче.

**Нейросети, вобравшие в себя опыт инженеров-геологов, будут анализировать данные автоматически, раньше процесс анализа мог растянуться на годы**

В нефтегазовой отрасли существует несколько возможностей для применения технологии виртуальной реальности (см. «Возможности для применения...»). Центры виртуальной реальности представляют собой гибкие системы, которые в зависимости от комплектации могут приспособиться к различным функциональным требованиям компаний, размерам помещения и иным условиям.

## Возможности для применения технологии виртуальной реальности:

- ◆ VR-технологии способны масштабировать системы визуализации для различных групп специалистов;
- ◆ при помощи кластерных технологий можно масштабировать вычислительные мощности;
- ◆ визуализация 2D/3D-информации разных форматов;
- ◆ интерактивное управление базой данных при помощи систем трекинга;
- ◆ конфигурирование под требования пользователя;
- ◆ интеграция комплекса визуализации в существующую информационную инфраструктуру компании;
- ◆ проведение презентаций 3D-видеоинформации, 3D-фото и CAD-проектов;
- ◆ относительно небольшие расходы на обслуживание системы;
- ◆ подключение дополнительного оборудования VR-систем, в том числе для интерактивного управления: перчатки виртуальной реальности, мыши, 3D-указки, манипуляторы;
- ◆ интерактивные доски для одновременной работы нескольких специалистов;
- ◆ возможность подключения коммутационного, управляющего, звукового оборудования, а также конференц-системы и системы синхронного перевода.

Мощные комплексы 3D-визуализации служат средством для интерпретации сейсмических данных, описания и моделирования запасов углеводородов, а также для более качественного планирования мест бурения скважин. Разумеется, применять 3D-модели возможно только совместно с другими высокотехнологичными разработками.

## РОБОТИЗАЦИЯ

Производственных роботов широко используют на шельфовых объектах нефтедобычи, на подводных заводах, при выполнении опасных и тяжелых для человека работ. Роботизированные решения в добыче, бурении стремительно развиваются. Буророботика – отдельное направление петророботики. Примерами успешного технического решения служат решения норвежской компании Badger Explorer и роботизированный буровой комплекс. Существуют и полностью автономные буровые системы, их применяют в морских работах.

Основная география использования роботов – в экстремальных условиях: северные широты, Заполярье. Добыча нефти в этих местах должна быть максимально высокотехнологичной, безопасной с точки зрения экологии и автоматической. Безлюдные технологии бурения способны значительно снизить стоимость работ и повысить экологическую безопасность объектов, оптимизировать расходы. Также возможно осуществить интеграцию буровых операций при помощи блокчейна.

Буророботика развивается в направлении бурения в подводных, подледных и морских условиях. Из-за потенциальной экологической опасности морского бурения каждый аппарат или технология проходит жесткий контроль на соответствие международным и российским стандартам.

Признанный лидер в буророботике – норвежская научно-исследовательская компания Robotic Drilling Systems A/S с штаб-квартирой в г. Санднэсе. После десяти лет напряженного труда они представили четыре версии высокоточных, практически полностью автономных роботов. Это робот-трубоукладчик, робот буровой площадки, автоматический буровой ключ с электроприводом и элеватор

для труб разных диаметров. Эти роботы устанавливают трубы и иные комплектующие бурильной колонны в верное положение с правильным крутящим моментом.

**Роботизированная система Badger Explorer** – это буровой робот, способный пробурить горную породу без специальной буровой установки без участия человека. Это революционный шаг в отрасли: поисково-разведочные работы становятся не такими дорогими и трудоемкими, риски минимизированы, а время, потраченное на бурение новой скважины, сокращается в разы. К энергоустановке подсоединяется шлангокабель, по которому робот опускается по забуриваемому стволу. При этом не происходит выноса шлама: горная порода собирается в особые контейнеры, прикрепленные к буровому инструменту. Badger Explorer – робот одноразового использования: после процедуры робот, контейнеры со шламом и шлангокабель на поверхность не поднимаются, а остаются в скважине.

**С помощью нейронных сетей составляются цифровые двойники шрифтов на основе совокупного опыта геологоразведки: сотрудники МФТИ написали программу, а специалисты НТЦ «Газпром нефти» испытывали ее**

**Роботизированная система бурения компании Robotic Drilling Systems (RDS).** Роботизированные системы бурения пришли в нефтегазовую отрасль из аэрокосмической промышленности. Первоначально они создавались для обработки титанового и алюминиевого сплавов, а также ламинированных композитов самолетов. Технология появилась в 2013–2014 годах и преследовала цель снизить затраты, одновременно увеличив эффективность бурения. В RDS адаптировали этот принцип для создания первой системы DFR-1500, которую официально представили в 2015 году. Эта роботизированная система предназначена для полностью безлюдных

работ на морской глубине: спускать и поднимать трубы и инструменты на буровых платформах, выполнять быстрые и высокоточные операции. Временное отставание между сигналом системы и исполнением – всего несколько секунд.

Роботизированная система RDS включает в себя четыре элемента: буровой робот Drill-floor Robot DFR-1500, мультиразмерный элеватор Multi-size elevator MSE-350 на базе антропоморфного манипулятора FANUC M-2000iA/2300L грузоподъемностью 2300 кг, трубоукладчик Robotic Pipe Handler RPH-3500 и электрический ключ Robotic Iron Roughneck RIR-270. Буровой робот способен проводить смену инструментов в течение нескольких секунд, поднимать грузы до 1,5 тыс. кг, автоматически управлять семью осями и обладает высокой точностью позиционирования.

## ЛУКОЙЛ использует технологию виртуальной реальности для 3D-визуализации и анализа данных в добыче

Комплекс полностью автоматизирует работы на буровой площадке морской платформы. Расходы на установку, обслуживание и малолюдную эксплуатацию значительно ниже традиционных.

**Роботизированный буровой ключ Robotic iron roughneck RIR-270** – полностью автоматизированный. Этот аппарат осуществляет подъем и спуск, свинчивает и развинчивает трубы, контролирует и при необходимости ограничивает крутящий момент, наращивает низ бурильной колонны и производит другие сложные операции.

**Мультиразмерный элеватор Multi-Size Elevator MSE-350** на базе антропоморфного манипулятора FANUC M-2000iA/2300L осуществляет захват колонны труб и удерживает их на весу в процессе спускоподъемных операций и перемещения труб разного диаметра непосредственно при бурении. Элеватор автоматически заменяет вставки, подстраиваясь под нужный диаметр. Аппарат взаимодействует с манипулятором труб Robotic Pipe Handler RPH-350, чтобы быстро перемещать трубы. Multi-Size Elevator MSE-350 взвешивает колонну труб и передает данные манипулятору. Робот может заменять вставки дистанционно, устанавливаясь на верхние приводы. При этом угол отклонения не превышает 90°. Автоматизированный робот обладает закрытой конструкцией с предохранителем.

**Роботизированный манипулятор труб Robotic Pipe Handler RPH-3500** – это гибкий робот с девятью степенями свободы, причем нижняя стрела-захват работает в горизонтальном или вертикальном режиме. Перемещения в этих режимах не требуют отдельного НТВ (horizontal to vertical) устройства. Кроме того, верхняя и нижняя стрелы-захваты автономны и могут работать самостоятельно, по отдельным программам.

Примечательно, что, когда количество буровых платформ возросло, число занятых рабочих осталось неизменным. Так, раньше в обслуживании одной буровой вышки было занято 20 человек, теперь же достаточно пяти-десяти. Это означает, с одной стороны, сокращение рабочих мест примерно в половину, особенно на волне мирового кризиса, а с другой, перекалфикацию и более высокие требования к занятым специалистам, способным работать с программами, анализировать данные и оперативно реагировать.

Освоение шельфов для извлечения нефти, подводное и подледное бурение скважин – перспективное стратегическое направление нефтегазовой отрасли России. А значит, потребность в таких роботизированных буровых системах будет только возрастать.

## МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ В БУРЕНИИ

Научно-технический центр «Газпром нефти» разработал самообучающуюся программу, которая позволит снизить расходы при строительстве сложных горизонтальных скважин, по подсчетам специалистов, примерно на 1 млрд рублей.

Инженеры в онлайн-режиме получают данные, уточняющие геологию пласта, и могут скорректировать траекторию бурения. Это позволит не выходить за пределы нефтяного пласта.

В данный момент самая распространенная высокотехнологичная разработка – отслеживание траектории датчиками, находящимися в 15–30 метрах от долота. Однако отставание в передаче данных может стать критичным: есть риск, что долото покинет продуктивную зону.

В НТЦ «Газпром нефти» разработали программу с машинным обучением. Эта программа оперативно анализирует параметры, поступающие непосредственно с бурового оборудования, такие как вибрация, скорость бурения и вращения ротора, нагрузка на долото. Известно, что эти показатели зависят от характеристик породы. Различия прогнозируемых показателей от реальных вынуждают систему переобучаться и корректировать направление. Инновационная самообучающаяся программа уже успешно опробована на «Газпромнефть-Ямале», показав 70%-ную точность предсказания состава породы.

«Газпром нефть» разработала собственную цифровую систему «ЭРА: Оптима», уже опробованную в нефтедобыче. Программный комплекс анализирует множество вариантов разработки месторождения, чтобы выбрать наилучший. Пилотные месторождения, где применили технологию, – Крапивинское месторождение («Газпромнефть-Восток») и Ачимовское месторождение («Славнефть-Мегионнефтегаз»). По оценкам разработчиков системы, всего за пять лет система принесет компании дополнительную прибыль более 500 млн рублей. Так, доходность на Крапивинском месторождении составит 300 млн рублей в среднесрочной перспективе, а на Ачимовском – на 11% больше запланированной прибыли.

«ЭРА: Оптима» – интеллектуальная система, разработанная в «Газпром нефти». Система сама составляет

## АСО «Бурение нефтяных и газовых скважин»

Автоматизированная система обучения (АСО) состоит из четырех обучающих блоков и тренажера:

- ◆ задания для буровых установок;
- ◆ задания по монтажу и демонтажу буровых установок;
- ◆ изучение систем верхнего привода;
- ◆ изучение бурового оборудования и инструмента;
- ◆ тренажер по распознаванию и ликвидации газонефтеводопроявлений (ГНВП).

скважины, определяет параметры их управления, запускает расчет добычи, вычисляет экономические показатели. Специалисту остается проанализировать выбранные системой сценарии и выбрать лучший. Так, объем рутинных операций, которые приходится выполнять инженерам, с внедрением «ЭРА: Оптима» сократился на 80 %.

На испытаниях выяснилось, что система в среднем на 20–30 % лучше подсказывает эффективные решения, по сравнению с выводами экспертов.

## Основная география использования роботов – в экстремальных условиях: северные широты, Заполярье

«ЭРА: Оптима» – только часть комплекса из 40 проектов «ЭРА» (Электронная разработка активов) «Газпром нефти». Другое программное обеспечение в сфере разведки и добычи охватывает прочие направления: геологоразведку, геологию, бурение, разработку, добычу, обустройство месторождений.

Приведем другой пример разработки. Компания «Индустриальные системы» создала автоматизированную систему обучения (АСО) «Бурение нефтяных и газовых скважин» (см. «АСО «Бурение нефтяных и газовых скважин»). В машинном обучении в тренажерах и блоках для установок применяется технология виртуальной реальности, а конкретно – оборудование (СВР) HTC VIVE.

## КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ

Цифровая экономика, базирующаяся на полной прозрачности процессов, выводит все экономические, производственные и бизнес-процессы на новый уровень. Однако вопрос кибербезопасности становится острым: преступники будут искать уязвимые места в цифровых системах. Скорей всего, нефтегазовая отрасль не станет исключением.

В России законодательно нечетко прописана проблема кибербезопасности, и огромная сложность – синхронизировать консервативную законодательную систему с темпом развития и внедрения технологий. На данный момент в этой области часто руководствуются нормами, написанными 18 лет назад. За это время сменилось несколько цифровых эпох. Требуется серьезная доработка, особенно если учесть заявленный всеобщий переход на цифровизацию. В Стратегии национальной безопасности России до 2020 года о кибербезопасности ничего нет. До сих пор не урегулированы принципы расследования инцидентов в информационных сетях, случаи преступлений посредством интернета, основы внутренней безопасности предприятий и организаций, порядок расследования утечки информации. Кибербезопасность – необходимый элемент для существования цифровой экономики. В качестве проблемы, требующей решения, выделим подготовку профессионалов в области кибербезопасности. Кроме того, требуется консолидация сил для создания сквозных технологических платформ, которые противодействовали бы преступным намерениям.

## ДРУГИЕ РАЗРАБОТКИ

Кроме перечисленных, укажем несколько потенциально полезных технологий, которые пока мало популярны в добыче и переработке нефти.

**Дополненная реальность для удаленного консультирования.** Умные системы предлагают сценарии разработки, но конечное решение всегда остается за высококлассным специалистом. Не исключены и чрезвычайные ситуации. На месторождениях присутствие особо ценных сотрудников вовсе не обязательно, да и в нештатных ситуациях переброска с одного объекта на другой – крайне затратна. Технологии дополненной реальности позволяют связываться с экспертом, находящимся за тысячи километров, и советоваться, как исправить ту или иную неисправность в работе оборудования.

## Научно-технический центр «Газпром нефти» разработал самообучающуюся программу, которая позволит снизить расходы при строительстве сложных горизонтальных скважин, по подсчетам специалистов, примерно на 1 млрд рублей

**Обучение молодых специалистов.** В нефтегазовой отрасли наблюдается дефицит квалифицированных кадров. Опытные сотрудники уходят на пенсию, и на смену необходимо привлекать молодых специалистов. Для обучения применяют технологии дополненной и виртуальной реальности AR/VR. Обучающий симулятор создан специально для отработки практических навыков. Американская

нефтесервисная компания Schlumberger и PTC организовали подобный совместный проект: VR и AR-системы имитируют оборудование, в котором будет ежедневно взаимодействовать специалист, при этом проверяются специальные знания и способность работать в команде. За год обучение проходят до 20 тыс. сотрудников буровых установок. Расходы на обучение сотрудников снизились, поскольку не нужно вывозить их в специальные учебные центры.

## Обучающий симулятор создан специально для отработки практических навыков

**Цифровизация месторождения.** На всех стадиях разработки, от геологической разведки до непосредственной эксплуатации, месторождение нужно изучать. Цифровые технологии позволяют делать это удаленно, с сокращением издержек, с получением точных данных.

Компания Equinor (Норвегия) разработала систему постоянного мониторинга резервуара месторождения в Северном море Johan Sverdrup. Для решения задачи установили 6,5 тыс. акустических сенсоров и проложили 380 км сейсмических кабелей. Процесс бурения контролируется автоматически. Для этого используются высокоскоростная телеметрия бурильной трубы и виртуальная система измерения и управления потоком подводных скважин. По сравнению с другими месторождениями коэффициент извлечения нефти в экспериментальном оказался выше. Оцифровывание месторождения обошлось предприятию дешевле, чем использование других повышающих КИН мероприятий вроде перехода на гидроразрыв пласта.

**Мобильные приложения** на этапе реализации конечной продукции позволяют удаленно контролировать работу оборудования на АЗС. Кроме того, анализ данных подскажет даже, какой тип продукции и сколько покупают корпоративные и розничные клиенты. Так, можно обезопасить заправки от дефицита бензина, а значит, от убытков. Приложения используют и для измерения эффективности бизнес-процессов и грамотного управления персоналом.

На этапе добычи мобильные приложения также эффективны. Так, компания Seven Lakes Technologies (США) разработала программное обеспечение Field Data Gathering Workflow (FDG), которое обрабатывает, интерпретирует и отправляет информацию специалистам прямо на приложение в обычном смартфоне. Только это, по подсчетам аналитического центра компании, увеличило добычу в среднем на 2%.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПО ВНЕДРЕНИЮ ЦИФРОВИЗАЦИИ В РФ

Только некоторые из российских компаний уже начали активно перестраивать производственные и бизнес-процессы, чтобы постепенно провести у себя пол-

ную цифровую трансформацию. На территории страны функционирует 27 умных месторождений, крупнейшие ВИНК разрабатывают собственные технологические стратегии.

Так, ЛУКОЙЛ впервые в своей истории применил цифровые технологии в добыче. Площадкой для испытаний стало Кокуйское месторождение (Пермская область). Система следит за процессом добычи и работой насосного оборудования. «Сургутнефтегаз» значительно снизил расходы, внедрив в компании систему приложений In-Memory, которая помогает вести автоматизированный учет продукции, рассчитывать цены, оперативно обеспечивать сотрудников важной информацией. В 2017 году «Газпромнефть-Хантос» открыл ЦУД – центр управления добычей. В основе ЦУД – комплекс «Цифровой двойник», который сам себя обучает. Программа подбирает оптимальный режим работы оборудования, предсказывает нештатные ситуации и предлагает меры по их предупреждению.

Внедрение цифровых технологий порой встречает сопротивление подразделений, желающих работать по-старому. То есть новые инструменты, на покупку и внедрение которых потрачено немало средств компании, становятся внешними атрибутами, для галочки. Избежать этого можно, только перестроив мышление специалистов, которым предстоит работать с новыми технологиями. Для настоящего технологического прорыва внутри компании необходимо создать специфическую экосистему, не конфликтующую с существующими корпоративными нормами.

Отметим и отрицательное влияние западных санкций. Стало понятно, что без зарубежных технологий дальнейшая успешная работа в сфере недропользования будет фактически невозможна. Так, после введения санкций американская ExxonMobil отказалась от дальнейшего сотрудничества с «Роснефтью» по разработке технологичного шельфового проекта, а совместный проект ЛУКОЙЛа и французской Total по изучению баженновской свиты был заморожен на неопределенное время. На какое-то время российским компаниям ограничили доступ к высоким разработкам, уже широко применяемым в мире.

Цифровизация берет на себя в том числе рутинную работу специалистов: расчеты, чертежи, построение моделей, обязательные письменные отчеты по мере разработки скважин. Но цифровизацию необходимо проводить в комплексе, перестраивать годами отлаженные процессы. Для экономики в целом и нефтегазовой отрасли в частности – дело болезненное. Оно потребует от консервативного руководства волевых решений, перестройки модели бизнеса, материальных затрат и максимальной автоматизации производства.

Однако и результат обещает окупиться в ближайшем будущем: бурение в самом благоприятном месте, отсутствие ошибок в виде сухих скважин, прогноз поломки оборудования и своевременный ремонт, нефтеотдача – минимум 60% вместо привычных 30%, снижение рисков аварий и многое другое – реальность уже сейчас. 📌