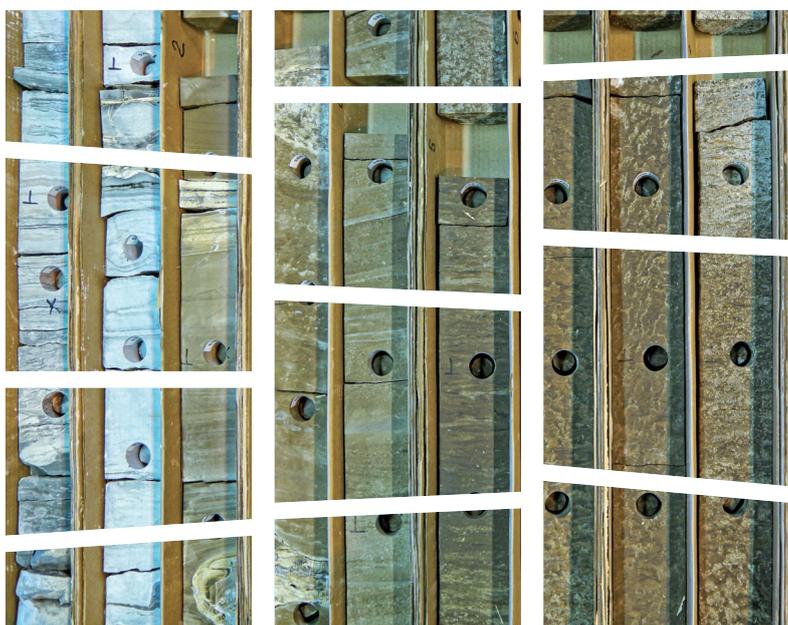




III Международная научно–практическая конференция

# АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ ПЛАСТОВЫХ СИСТЕМ

# 20 SP 20 RS RS 20



## СБОРНИК ДОКЛАДОВ



г. Москва  
ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

23–24 сентября 2020

Партнеры конференции



## **ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ**

## Цифровые скважины и месторождения

Дмитриевский А. Н., Еремин Н. А., Столяров В.Е., Сафарова Е.А.

А.Н. Дмитриевский - академик РАН, д.г-м.н, главный научный сотрудник ФГБУН Институт проблем нефти и газа РАН, (Москва, РФ), профессор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина); [a.dmitrievsky@ipng.ru](mailto:a.dmitrievsky@ipng.ru);

Н.А. Еремин - д.т.н., ФГБУН Институт проблем нефти и газа РАН, (Москва, РФ), профессор РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина; [ermn@mail.ru](mailto:ermn@mail.ru);

В.Е. Столяров – член НТС ПАО «Газпром», заместитель заведующего Аналитическим центром научно-технического прогнозирования в нефтегазовой отрасли, ФГБУН Институт проблем нефти и газа РАН (Москва, РФ); [bes60@rambler.ru](mailto:bes60@rambler.ru);

Е.А. Сафарова - младший научный сотрудник ФГБУН Институт проблем нефти и газа РАН, (Москва, РФ); [safarovaelisaveta@gmail.com](mailto:safarovaelisaveta@gmail.com);

В период усиливающейся конкуренции и вызовов на мировом энергетическом рынке для нефтегазовой отрасли России на первый план перед отечественными газодобывающими и сервисными компаниями выходит задача кардинального переосмысления производственной деятельности и подходов к обеспечению эффективности нефтегазодобычи.

Особенностью развития нефтегазовой отрасли в России является геологическая концентрация и территориальная удаленность разведанных запасов в уникальных месторождениях, что определило «очаговое» освоение этих регионов, при этом инвестиции в сохранение инфраструктуры и производство ремонтных работ откладывается на неопределенное время, и, как следствие, базовая нефтегазовая структура стареет, а процессы уже приводят к снижению добычи на традиционных месторождениях. Эти месторождения обеспечивают лидирующие позиции России на мировом газовом рынке и порядка 85 % всего объема добычи газа. Сокращение численности рабочей силы наряду с демографическим сдвигом приводит к потере технических и квалификационных компетенций.

Цифровизация газовой отрасли России направлена на повышение эффективности и надежности газового бизнеса в условиях ожидаемого роста волатильности мирового газового рынка. Цели цифровой модернизации газодобычи приведены на рисунке 1.



Рис.1. Цели цифровой модернизации газодобычи

Следствием длительной эксплуатации (более 40 лет) большинства месторождений является сокращение объемов добычи легкой нефти и газа, а также высокая себестоимость продукции на завершающей стадии эксплуатации месторождений. Имеются существенные риски, что в ближайшее время наступит значительное падение добычи в пиковые нагрузки в связи с отсутствием эффективных заделов для системного развития цифровых интеллектуальных индустрий и возможности технологического прорыва в отрасли, а также высокой себестоимости продукции для используемых традиционных технологий добычи [1].

Цифровизация позволяет оптимизировать работу автономных скважин и групп скважин; предотвратить разрушение призабойной зоны; обеспечить мониторинг работы; выявлять гидро-песко-проявление; замерять и регулировать забойные и устьевые параметры скважин; увеличивать дебит скважин; обеспечивать мониторинг и анализ состояния межпромысловых коллекторов и шлейфов. Система поддержки принятия решений становится важным инструментом для расчёта прогнозных задач, обеспечения стратегического и тактического планирования при моделировании геологических и технологических процессов добычи и транспорта в реальном масштабе времени.

По оценке специалистов Института проблем нефти и газа РАН (ИПНГ РАН) затраты на цифровизацию газового месторождения (скважин) для извлечения остаточных запасов составят не более \$1-2 на 1000 куб. газа, при этом коренным образом (в десятки раз) меняются объемы оперативной и расчетной оперативной информации по уровням управления. При этом будет обеспечена возможность создания шкалы рисков, планов, текущей и отчетной документации для всего жизненного цикла оборудования и появится возможность применения больших объемов информации по всему технологическому процессу строительства и эксплуатации; реализуются возможности автоматизации компетенций на основании применения алгоритмов предиктивного выявления аварийных ситуаций и управления скважинным оборудованием и формирование базы данных в длительной перспективе работы [2].

Цифровой модернизацией газовой отрасли обусловлена возможность существенно снизить себестоимость добычи за счет применения новых технологий при уже имеющейся инфраструктуре месторождений и наличия штата компетентных специалистов на месторождениях, т.е. фактически применение технологий является эволюционным элементом развития «автоматизация-информатизация-цифровизация» и позволит продлить эксплуатацию месторождения на 10-15 лет.

Стратегия применения интеллектуализации объектов способствует эффективности добычи и коммерциализации инновационных решений с учетом интересов всех участников эксплуатации месторождения. Поэтапный переход на ресурсно-инновационную модель развития нефтегазодобывающей отрасли имеет своей целью максимизацию прибыли при широком тиражировании наилучших технологий в отрасли.

В настоящее время имеется полная проработка большинства технологических вопросов по созданию эффективного цифрового месторождения в виде отдельных компонент, имеются опытные наработки по эффективному управлению разработкой месторождений и цифровых геотехнологических моделей скважин и месторождений с элементами интеллектуального управления на отечественной базе.

Созданы и апробированы эффективные комплексы алгоритмов и программ, которые могут практически полностью реализовать системы автоматизированного проектирования и управления, обеспечить технологическую и экологическую безопасность и эффективность добычи, в том числе и для трудноизвлекаемых запасов месторождений с падающей добычей. Концепция цифровизации газодобычи приведена на рисунке 2.

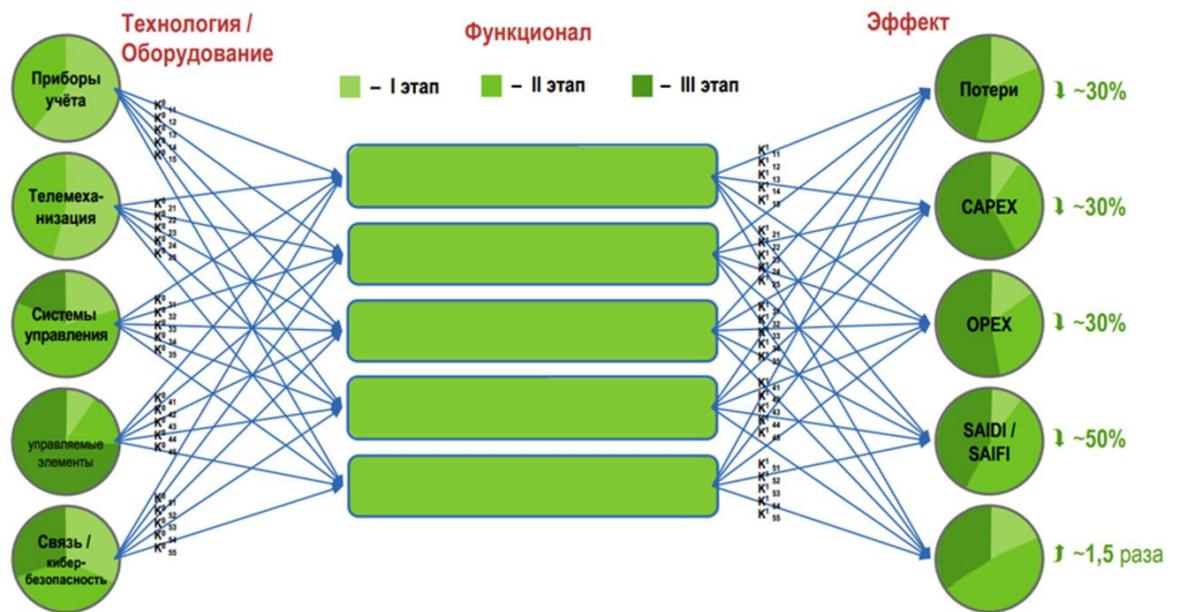


Рис. 2. Концепция цифровизации газодобычи

Решение задачи эффективности требует фокусировки внимания на ключевых факторах, влияющих на операционную деятельность компаний, важнейшим из которых является обеспечение безаварийного цифрового газового производства на основе внедрения автоматизации производственных процессов на базе систем искусственного интеллекта. Искусственный интеллект и машинное обучение, или вычислительный интеллект, являются наукой и техникой, направленной на создание интеллектуальных инструментов, устройств, комплексов и систем безаварийного производства.

По оценке ИПНГ РАН доля добычи нефти при применении традиционных технологий составляет порядка 29%, цифровых (оснащенных локальной автоматикой) около 38%, а у интеллектуальных месторождений этот показатель достигает 47%. Основой трансформации технологий является интеграция отдельных апробированных на объектах решений в единый технологический комплекс приближенный к объекту эксплуатации, обеспечивающий динамическую оптимизацию и повышение качества управления на базе реальных параметров и геолого-геофизической информации по всей технологической цепочке добычи от цифровых скважин до подготовки продукта к транспорту; анализа эффективности управляющих воздействий и моделирования технологических особенностей месторождения в реальном времени на основе рискованных оценок производства [3].

Применение методов искусственного интеллекта для решения проблем безаварийного цифрового производства в газовой отрасли становится все более

востребованным и приемлемым с экономической точки зрения. Нефтегазовая скважина является при этом основным технологическим объектом и механизмом, определяющим рост эффективности добычи для всех стадий жизненного цикла месторождения.

В упрощенном виде архитектура перспективного цифрового месторождения включает в себя подземные и надземные технологические объекты (скважины и инфраструктура добычи), систему контроля добычных операций в режиме реального времени; интегрированную модель газового производства; центр интегрированного управления; оптоволоконную систему сбора и передачи больших объемов геолого-промысловой информации на основе применения энергонезависимых и беспроводных решений по управлению скважинами с применением нейронных сетей, банка геолого-промысловых данных месторождения, а также систем связи (промышленный интернет, космические и беспроводные каналы связи) и систем безопасности для технологических объектов и инфраструктуры.

С учетом этого, формируется новое понятие создаваемого в процессе модернизации «цифрового месторождения», как объекта добычи с элементами искусственного интеллекта на основе машинных алгоритмов и роботизированных систем управления, возможностью обеспечения дистанционного контроля, управления объектами и процессами. Искусственный интеллект уже нашел широкое применение в упрощении процедур принятия управленческих решений и предполагает использование сетевых инструментов и алгоритмов с заданной точностью и критериями оценки ситуации и особенно эффективен на самой начальной стадии жизненного цикла – строительства. Это обеспечивает создание и эксплуатацию единой информационной базы при как для отдельных интеллектуальных скважин, так и нефтегазового месторождения.

Оптимизация процессов и итоговая эффективность месторождения объективно определяются возможностью оперативного регулирования между месторождениями и отборами по конкретным кустам газовых скважин (КГС) и даже отдельным скважинам на месторождениях Общества, а также возможностью проведения оперативных измерений для точной реализации заданий по добыче в рамках проектных показателей обустройства промысла. При обустройстве месторождений усиленно внедряются технологии горизонтального бурения, гидроразрыва пластов и трехмерной диссипативной сейсмометрии, что также приводит к изменению информационного массива данных характеризующего состояние скважинного фонда.

Основной эффект от создания автоматизированной цифровой скважины (в перспективе "интеллектуальной") может быть получен за счет рациональной эксплуатации системы «пласт – забой - устье скважины - межпромысловый коллектор» как единого технологического комплекса, что позволит на основе оперативной информации и упреждающего регулирования не допустить поступления воды и механических примесей на забой скважины, а также исключит условия разрушения и выноса частиц породы на поверхность.

Как показали исследования, точное знание состояния призабойной зоны позволяет без дополнительных затрат увеличить производительность по целому ряду скважин в условиях геолого-технологических ограничений на 30-40 %. С учетом этого, для новых месторождений предусматривается возможность обеспечения работы месторождений в

ручном/дистанционном/автоматическом режимах и в перспективе широком применении интеллектуального управления.

Основой управления цифровыми объектами газодобычи ("цифровыми месторождениями") является широкое применение информационных технологий, риск-ориентированных алгоритмов и процессов с минимальным участием человека в производстве. Задача создания систем искусственного интеллекта требует существенного изменения имеющихся практик и серьезной формализации знаний экспертов и профессионалов в специфических направлениях не только добычи, информационных технологий, технологической и экологической безопасности, но и перехода на эксплуатацию производственных активов по их фактическому состоянию.

Необходимо отметить, что применяемое при этом интерактивное геологическое моделирование должно базироваться на высокотехнологичных программных комплексах на основе оперативных данных, получаемых с разведывательных и добывающих скважин на всем протяжении жизненного цикла газового производства. Решающее значение в повышении эффективности геолого-геофизических работ приобретает возможность быстрой и качественной обработки больших массивов геолого-геофизической информации на основе применения современных высокопроизводительных вычислительных информационных технологий, что обеспечивает возможность подготовки рекомендаций и выработки управляющих решений на основе использования количественных моделей в квазиреальном и реальном режимах времени с максимальным приближением к объекту в реальном масштабе времени.

Повышение точности и скорости технологических расчетов в процессе бурения с привлечением широкого спектра информации по соседним скважинам является наиболее важной и перспективной задачей, решение которой существенно влияет на безаварийную работу на скважине, экономит ресурсы, возможность работы в сложных геологических условиях и использование простаивающего фонда скважин, обеспечивает рост коэффициента извлечения углеводородов.

Реализация цифровых технологий позволяет: рационально использовать пластовое давление; оптимизировать работу оборудования и эксплуатацию скважин; снижать издержки и повысить уровень технологической и экологической безопасности.

Создание системы высокоавтоматизированной системы мониторинга и предупреждения аварийных ситуаций при строительстве потребовало решить несколько групп ключевых задач для определения структуры, методов и средств реализации. Наиболее важными из них являются:

÷ Определение и классификация причин типичных аварийных ситуаций, условия и цели предлагаемых для реализации алгоритмов предсказания и предотвращения ситуаций. Наличия информации и архива ретроспективных данных строительства и эксплуатации аналогичных скважин для анализа и выработки решений. Наличие оперативных геологических и технических данных бурения и возможность их применения в нейросетевой моделях и машинном обучении для типовых моделей, применяемых на промысле;

÷ Разработка методов решения и программная реализация основных видов аварий; применения технологий облачных вычислений для обеспечения точности и времени прогноза в краткосрочной, среднесрочной и долговременной перспективе;

÷ Возможность реализации (адаптации) системы защиты информации по технологии блокчейн во избежание внешнего вмешательства и искажения данных и информации, а также обеспечения непрерывности и последовательности расчетов;

÷ Проведение тестирования разработанного программно-технического комплекса, адаптации результатов сходимости на основании реальных геолого-технологических данных, получаемых с информационных комплексов, включая ГТИ и др. проектно-компонованные информационные системы, установленные на буровой и скважине.

Построение и реализация алгоритмов моделирования аварий и осложнений обеспечивается за счет нахождения оптимальной конфигурации сети для выполнения достоверного прогноза на базе модели искусственной нейронной сети. При внедрении алгоритмов машинного обучения, применяемые технологии искусственных нейронных сетей используют множество взаимосвязей между ячейками вычислений - искусственными нейронами, между которыми образуется нейронная сеть.

Обучение моделей производится итеративно, что дает возможность проводить обучение на наборах данных произвольного размера с последующим усложнением. Основой такого подхода является преимущество глубокого обучения с разделением на следующие категории: простота, масштабируемость, гибкость настройки и готовность к многократному использованию. Принятая за основу концепция легко адаптируема к различным технологическим процессам и показывает высокую эффективность при работе в нестандартных ситуациях, а также наличии цифровых моделей объектов аналогов.

По оценкам экспертов, интеллектуальные высокотехнологичные скважины позволяют обеспечить эффективное управление добычей и быструю экономическую отдачу от инвестиций, что позволяет снизить стоимость освоения на 3–5 % и эксплуатационные затраты не менее чем на 20 %.

Предлагаемые технологии позволяют оптимизировать стоимость строительства скважин, обеспечить повышение уровня добычи продукции (нефть и газ) за счет интегрального применения технологий Индустрии 4.0, в том числе для шельфовых проектов.

Интеграция предиктивной аналитики (на основе современных компьютерных технологий) с результатами опыта строительства объектов месторождения, возможностями инструментов искусственного интеллекта позволяют обеспечить улучшение мониторинга динамического процесса бурения и эксплуатации, организации процесса безаварийной производственной деятельности в газовой отрасли.

В рамках созданной системы по предсказанию основных видов осложнений в процессе бурения, при проведении работ Соглашению с Министерством науки и высшего образования РФ о выделении субсидии (грант) от 22.11.2019 № 075-15-2019-1688, был разработан и апробирован ряд современных методов интеллектуального анализа данных (Data Driven methods), в том числе на основе технологий машинного обучения и нейронных сетей Data Driven моделей, продемонстрировавших свою эффективность на доступных небольших объемах симуляционных и реальных данных бурения скважин.

Применение подобного подхода позволяет создавать реальные 3D-модели продуктивных пластов месторождения, определить и своевременно корректировать основные показатели разработки, снизить риски по оценке запасов и технологическому режиму эксплуатации. Разработанные 3D-модели продуктивных пластов используются в

составе подсистемы геологического моделирования автоматизированный систем управления (АСУ) разработкой месторождения и служат для решения следующих задач:

÷ автоматизированного расчета текущих запасов углеводородного сырья в продуктивных пластах и прогнозах выработки месторождения при текущем уровне отбора;

÷ расчета оптимальных показателей разработки месторождения с использованием 3D-модели;

÷ автоматизированного расчета, текущего и прогнозируемого материального баланса, и количества ингибиторов по месторождению;

÷ расчета и передачи корректирующих уставок в систему поддержки принятия решений (СППР) месторождения и вышестоящую СППР ИАСУ ТП газовых промыслов и месторождений на уровне добычного предприятия.

Безаварийное цифровое газовое производство развивается на солидном инструментальном базисе, включая волоконно-оптические технологии, системы управления и сбора информации о состоянии пласта и скважин, систем поддержки принятия решений на основе постоянно действующих геолого-технологических моделей месторождений с применением технологий искусственного интеллекта и промышленного блокчейна, высокоскоростных каналов обмена данными с использованием спутниковых ведомственных группировок, а также беспроводных и широкополосных каналов связи для кустовых площадок скважин.

Строительство высокотехнологичных скважин с применением моделей «цифрового двойника» и применением интеллектуальной системы управления добычей позволяет обеспечить процесс эффективного управления и быструю экономическую отдачу от инвестиций. Повышение точности и скорости технологических расчетов и управления технологическими объектами возможно оптимизировать с учетом использования типовых алгоритмов на основании ранее полученных данных по соседним скважинам.

Реализация такого подхода позволяет: оптимизировать стоимость эксплуатации оборудования бурового комплекса и скважинного фонда, сократить общее время и простой оборудования при строительстве и эксплуатации; избежать или минимизировать типовые аварийные ситуации. За счет качественного контроля и выполнения мероприятий согласно проектной разработке возможно также увеличить срок эксплуатации объектов и обеспечить эффективность добычи. Важным элементом является проведение геолого-технологических исследований, которые проводятся в процессе строительства скважины в реальном масштабе времени в режиме накопления информационной среды и передается в виде баз данных на стадию эксплуатации в рамках единой цифровой среды месторождения.

Базовым трендом для используемых цифровых технологий становится повторяющийся коррекционный цикл управления: Измерение – Коррекция – Контроль – Прогноз – Воздействие-Контроль. При этом важно техническими средствами обеспечить возможность оперативных измерений, анализа и оперативного регулирования между месторождениями и отборами по кустам скважин, а также отдельным скважинам.

Сегодня фактически происходит второй этап доосвоения основных крупнейших газовых месторождений Уренгойского, Ямбургского, Медвежьего, Заполярного за счет

применения инновационных решений с оптимальным участием в технологическом процессе персонала и возрастающими требованиями по промышленной и экологической безопасности объектов, имеющих опасный производственный характер.

За это время эксплуатации существенно изменились экономические и политические условия освоения труднодоступных углеводородных запасов, перестали финансироваться долговременные стратегические программы государственной поддержки освоения территорий Сибири и Дальнего Востока.

Эти задачи решаются в основном только за счет самих предприятий и, соответственно, обязательной составляющей становятся первоочередные инвестиции в инфраструктуру промышленного строительства и жизнеобеспечения объектов.

При разработке инвестиционного замысла уже необходимо предусматривать в экономической оценке строительство, электростанций, мостов и аэропортов, железных и автомобильных дорог, вахтовых поселков. Можно ожидать, что с учетом экономической составляющей новых бизнес-процессов что свыше 10% от общего количества эксплуатируемых нефтегазовых месторождений будут охвачены цифровыми технологиями нефтегазового производства к 2023-2025 году.

С учетом применения современных технологий и научных разработок при этом возрастают вложения в перспективные технологии; необходимо создание специализированных центров по разработке и внедрению проектных моделей (цифровых двойников) программно-технических комплексов; необходима разработка Концепций развития Предприятий с целью обеспечения единой технической политики в краткосрочной и долговременной перспективе; принятие типовых проектных подходов, с возможностью широкого тиражирования. Для своевременного перехода на такие технологии во всех ведущих мировых добывающих компаниях сегодня созданы специализированные научные центры.

Автоматизация технологических процессов является при этом необходимым базисом и проводится в соответствии с требованиями к составу контролируемых параметров и оценки рисков режимов работы, оперативного мониторинга текущего технического состояния производственных объектов, сценариям и алгоритмам автоматического регулирования и реагирования, а также другой необходимой оперативной информации, характеризующих технологические процессы и сценарные риски развития штатных и нештатных ситуаций для всех стадий жизненного цикла объекта управления.

Исходя из проекта развития отрасли и конкретных добывающих компаний, для обеспечения экономической эффективности и возможности сохранения и увеличения объемов добычи должны будут развивать технические решения, реализованные на основе: единых цифровых платформ, включающих такие элементы, как DSS (система поддержки принятия решений), PLM (управление жизненным циклом продукта), MES (система управления производственными процессами), ERP (планирование ресурсов предприятия), MDM (управление основными данными), CRM (управление взаимоотношениями с клиентами), ERM (управление рисками предприятия), а также развивать "продвинутую бизнес-аналитику"; модель постоянной оптимизации бизнеса; предсказательную и предписывающую аналитику; машинное обучение в операционные и управленческие

процессы; модель "цифрового двойника" (виртуальную модель) технологических и бизнес процессов, а также других продуктов.

Глобальной задачей, требующей решения в области цифровых технологий, является создание междисциплинарной проектно-исследовательской среды, т. е. интеграции и взаимодействия фундаментальной и прикладной наук, студентов и преподавателей, производителей и научных сотрудников для решения конкретных отраслевых проблем.

Развитие технологий и компетенций в целом приведет к исключению человека из цепочек управления, замене его искусственным интеллектом, а также обеспечит создание дополнительной прибыли при организации эффективных нефтегазовых процессов, охватывающих полный технологический цикл, включающих подземный технологический комплекс (пласт, скважина), надземную инфраструктуру (подготовка углеводородного сырья к транспорту) и интеграцию процессов на основе комплексных алгоритмов управления и эксплуатации активов на основе фактического состояния и компетенций.

Анализ возможных появляющихся негативных последствий и новых проблем, которые возникнут при широком внедрении технологий цифровой экономики, еще не проведены. Создание цифровой нефтегазовой отрасли в России позволит решить не только важнейшие проблемы отрасли, но и создать задел для будущего эффективного развития прикладных производств и технологий Российской Федерации.

Особенностью современного этапа научно-технического прогресса являются инновации в области обработки данных часто и являются результатом лавинообразно развивающихся информационных технологий и телекоммуникаций. Бизнес, движущей силой которого являются данные, становится общей практикой, а управление данными становится основой цифровой трансформации всей экономики.

В нефтегазовой промышленности работа с большими данными возросла за счет внедрения технологий сенсоризации и цифровизации производственных активов, оптикализации передачи информации, интеллектуализации принятия решений, суперкомпьютеризации моделирования цифровых двойников, роботизации операций.

Цель создания цифрового двойника - перенесение газового месторождения в цифровое пространство, моделирование изменения его состояния под воздействием различных факторов и возможных управляющих воздействий, определение и реализация оптимальных управляющих решений для достижения максимальных проектных режимов. В России не производятся системы «цифрового двойника» газового производства и не изготавливаются в промышленном масштабе высокочувствительные оптоволоконные сенсоры для газовой отрасли, а закупаются зарубежные по завышенным ценам.

Для разработки и создания производственной линейки унифицированного интеллектуального месторождения – «цифрового двойника» полного инновационного цикла необходимо проведение различных НИОКР на основе современных цифровых и инновационных технологий газоизвлечения, включая проведение фундаментальных и прикладных научных исследований в областях цифровой разведки, разработки, эксплуатации, промыслового транспорта, интеллектуализации, роботизации, оптикализации и квантовизации систем управления извлечением газа для месторождений на поздней стадии добычи в режиме реального времени. Создание системы интеллектуального управления операциями по добыче нефти и газа, предусматривает

непрерывную оптимизацию интегральной модели месторождения и модели управления с использованием активов по фактическому состоянию оборудования и ресурсов

Для перспективных нефтегазовых месторождений уже сегодня целесообразно изменить критерии и приводить показатели интеллектуализации отрасли в виде характеристик (индикаторов), в том числе [4]:

÷ Количество роботизированных комплексов, в т. числе используемых для обследования технического состояния объектов транспорта и добычи, подводных и воздушных дронов;

÷ Площадные (донные) оптоволоконные антенны для постоянного мониторинга площадных характеристик, геологических и технологических состояний месторождений;

÷ Скважинные оптоволоконные распределенные тензометрические и термобарные системы, систем контроля состояния трубопроводов и оборудования, безопасности;

÷ Фонд скважин, контролируемый в режиме реального времени на основе интеллектуальных систем управления; оптоволоконные сенсоры; цифровые трубопроводы;

÷ Количество мобильных операторов, работающих с применением технологий виртуальной и дополненной реальности и промышленного интернета;

÷ Количество интегрированных интеллектуальных моделей месторождений и действующих цифровых двойников месторождений, скважин и объектов управления;

÷ Количество центров интегрированных операций на интеллектуальных месторождениях и др. применяемых интеллектуальных показателей.

Приоритетными в этой оценке развития становятся также достигаемые экономические показатели эффективности и капитализации:

÷ Прирост капитализации за счет цифровизации (млрд. руб.);

÷ Снижение капитальных затрат на добычу тонны нефти за счет цифровизации (руб./т.);

÷ Снижение эксплуатационных затрат на добычу за счет цифровизации (руб./т.).

Пример оснащения цифрового оператора месторождения и перечень решаемых задач приведен на рисунке 3.

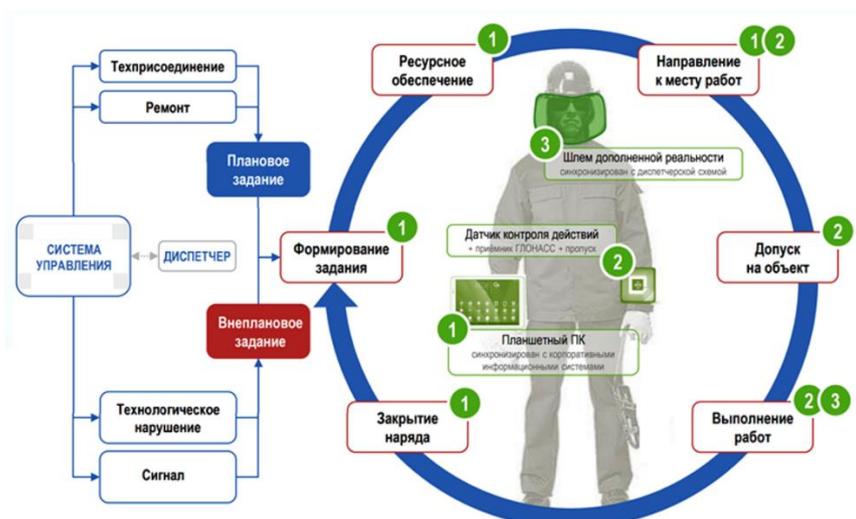


Рис 3. Оснащение цифрового оператора месторождения

Цифровая модернизация позволяет повысить интеллектуальные возможности не только на основе тех данных, которые в ней уже находятся, но и на основе всей доступной информации, т.е. как исторически накопленной и прогнозной, так и контекстной, которая изначально не содержится в системе и формируется на основании анализа из разных источников [5].

С учетом имеющихся проблем и задач в отрасли сегодня необходимо выработать подходы и решения с целью:

÷ Создания отечественных «умных» технологий и оборудования для извлечения трудно-извлекаемых запасов углеводородов на стадии падающей добычи;

÷ Принятия стратегии заинтересованности применения технологий, обеспечивающих высокие показатели КИН (коэффициент извлечения нефти, газа), КИР (коэффициент использования ресурсов) на завершающей стадии эксплуатации;

÷ Внедрения методик эксплуатации объектов «повторного использования» с развитой инфраструктурой за счет современных технологических и интеллектуальных решений;

÷ Создания технологий и современного оборудования для разведки, строительства и эксплуатации месторождений в сложных природно-климатических условиях и новых регионах с неосвоенной инфраструктурой, включая шельфовые месторождения;

÷ Создание и широкое применение технологического оборудования, систем управления, на принципах возобновляемых и независимых источников энергообеспечения, малолюдных технологий, космических систем связи и роботизированных систем.

На основе фактической геолого-технологических информации с применением технологий искусственного интеллекта, промышленного интернета и индустриального блокчейна необходимо обеспечить внедрение модели удаленного мониторинга и контроля эксплуатации в рамках отраслевых центров бурения и управления.

Обладая значительными финансовыми и организационными возможностями предприятия нефтегазовой отрасли, могут в сжатые сроки обеспечить внедрение лучших мировых информационных и управленческих практик.

Приоритетными при этом являются задачи обеспечения рентабельности с учетом геолого-технологических ограничений; возможность сокращения финансовых затрат за счет применения типовых решений; обеспечение требуемого качества, технологической и экологической безопасности для эксплуатации объектов в длительной перспективе.

Решающее значение в успешном проведении работ по информационному обустройству приобретает возможность получения критически важной информации с объектов строительства и эксплуатации, способность быстрой и качественной обработки больших массивов информации на основе высокопроизводительных распределенных информационных технологий, что обеспечивает возможность предупреждения аварийных ситуаций на основе количественных цифровых моделей в квазиреальном и реальном режимах времени, а также снижение влияния человеческого фактора и интеллектуальное управление. Достижением стратегической цели в этом процессе является построение новой бизнес-модели производства с учетом массового внедрения экономически

целесообразных технологий эксплуатации для нефтегазодобывающих Обществ, которые позволяют:

÷ Обеспечить переход к интеллектуальным технологиям, роботизированным системам, материалам и способам конструирования, а также создания систем обработки больших цифровых объемов данных, методов машинного обучения и искусственного интеллекта;

÷ Получить результаты и значимый экономический эффект в области предупреждения и снижения уровня аварийности в процессе эксплуатации, оптимизации стоимости строительства, повышения уровня добычи продукта за счет интегрального применения технологий Индустрии 4.0: промышленного интернета вещей; анализа больших данных; искусственного интеллекта; индустриального блокчейна;

÷ Достигнуть экологической и технологической безопасности на всех этапах строительства и эксплуатации промыслов и месторождений;

÷ Мультиплексировать экономическую заинтересованность государства и интересы нефтегазодобычных обществ, что обеспечивает технологическую независимость, ускоренное развитие экономики и промышленности в масштабах страны.

Практическим примером подхода по внедрению интеллектуальных технологий на основе отечественного опыта и создания импортонезависимых решений и современных знаний является проводимая ИПНГ РАН работа в рамках Федеральной Целевой Программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы» по теме: «Разработка высокопроизводительной автоматизированной системы предотвращения осложнений и аварийных ситуаций в процессе строительства нефтяных и газовых скважин на основе постоянно действующих геолого-технологических моделей месторождений с применением технологии искусственного интеллекта и индустриального блокчейна для снижения рисков проведения геолого-разведочных работ, в т.ч. на шельфовых проектах» по Соглашению с Министерством науки и высшего образования РФ о выделении субсидии в виде гранта от 22 ноября 2019 г. № 075-15-2019-1688, уникальный идентификатор проекта RFMEFI60419X0217.

Предлагаемый при реализации задачи подход обеспечивает условия для реструктуризации не только нефтегазовой отрасли, но и страны в целом, обеспечивает возможность применения инновационной стратегии развития экономики России на долгосрочную перспективу [6].

С учетом опыта эксплуатации объектов, реализованных на принципах удаленного управления (малолюдных технологий), перспективных направлений развития объектов добычи необходимо также разработать «Концепцию создания интеллектуальных месторождений», в соответствии с рекомендациями СТО Газпром 2-2.1-1043-2016. «Автоматизированный газовый промысел», продолжить работы по оборудованию скважин системами технологического контроля оборудования и режимов эксплуатации; оснастить скважинный фонд малобюджетными системами контроля оборудования на базе оптоволоконных систем мониторинга состояния нефтегазового фонда скважин и движения потоков на месторождениях с учетом геолого-технологических ограничений, создания высокоскоростных беспроводных и космических каналов связи для создания

отраслевых банков информации и возможности организации экспертного удаленного мониторинга строительства и эксплуатации. Важным является также разработка типовых решений, показавших свою экономическую эффективность, разработка и внедрение современной нормативно-технической базы, разрешающей применение современных технологий в нефтегазовой отрасли.

Это в сжатые сроки обеспечит возможность, что цифровая и технологическая модернизация добычи нефти и газа увеличит годовую добычу нефти в 2025 году на 25-30 миллионов тонн нефти и на 20-25 миллиардов кубометров газа; позволит освоить и подтвердить объем запасов легкой нефти и сухого газа порядка 3 - 8%.

В 2019 г. в России насчитывалось 17-19 тыс. скважин с элементами цифровизации, с учетом тенденций развития новых технологий к 2030 г. общее количество цифровых месторождений в РФ составит не менее 500, а к 2025 г. количество цифровых скважин увеличится до 50 тыс. единиц. Безаварийное цифровое газовое производство обеспечивает увеличение извлекаемых запасов нефтегазодобычи при эксплуатации не менее 10 %, уменьшение времени простоев скважин порядка 50 % от начального уровня и сокращение операционных затрат около 10–25 %.

#### **Литература:**

1. Dmitrievskiy A.N., Eremin N.A., Stolyarov V.E. Digital transformation of gas production. // Scopus IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 700 (2019) 012052. Dirac house, Bristol, England, BS1 6BE: 2019., P. 1–6, DOI:10.1088/1757-899X/700/1/012052;

2. Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А., Столяров В.Е. К вопросу цифровизации процессов газодобычи // Известия Тульского ГУ. Науки о Земле., Вып. 2., 2019.-136-152 с.

3. Столяров В.Е., Еремин Н.А., Еремин А.Н., Басниева И.К. Цифровые газовые скважины: состояние и перспективы // «Нефтепромышленное дело», DOI: 10.30713/0207-2351-2018-7-48-55, №7, 2018.-48-55 с.;

4. Еремин Н. А., Королев М. А., Степанян А. А., Столяров В.Е. Особенности цифровой трансформации активов при реализации инвестиционных нефтегазовых проектов // «Газовая промышленность», №4 /783/ 2019.-116-127 С.;

5. Еремин Н.А., Черников А.Д., Сарданашвили О.Н., Столяров В.Е. Интеллектуальное бурение при обустройстве цифровых месторождений // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности., 5(562) (2020)., С.26-36. DOI: 10.33285/0132-2222-2020-5(562)-26-36;

6. Еремин Н.А., Архипов А.И., Черников А.Д., Сарданашвили О.Н., Столяров В.Е. Создание высокопроизводительной автоматизированной системы предотвращения осложнений и аварийных ситуаций в процессе строительства нефтяных и газовых скважин // Neftegaz.RU, www.neftegaz.ru, Neftegaz.RU [4]-2020, УДК 622.24; 622.279.23., С. 38-50.