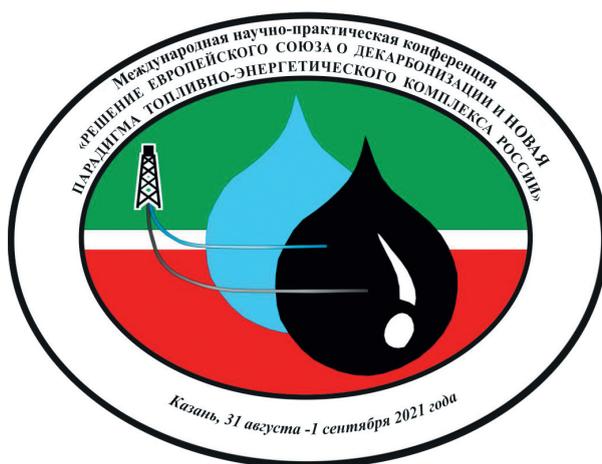


АППАРАТ ПРЕЗИДЕНТА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН,
МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН
ФГБУ «РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК»,
ГНБУ «АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН»,
ПАО «ТАТНЕФТЬ» ИМ. В.Д. ШАШИНА, ЗАО «НЕФТЕКОНСОРЦИУМ»,
ОАО «КАЗАНСКАЯ ЯРМАРКА», МВЦ «КАЗАНЬ-ЭКСПО»

РЕШЕНИЕ ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА О ДЕКАРБОНИЗАЦИИ И НОВАЯ ПАРАДИГМА РАЗВИТИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ

31 АВГУСТА – 1 СЕНТЯБРЯ 2021 ГОДА (AUGUST 31 – SEPTEMBER 1, 2021)

Материалы Международной
научно-практической конференции



Казань
Издательство «Ихлас»
2021

Научные редакторы:

Р.Х. Муслимов – доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик АН РТ
М.Х. Салахов – доктор физико-математических наук, профессор, академик, президент АН РТ

Редакционная коллегия:

Б.Н. Порфирьев – доктор экономических наук, академик РАН
Г.И. Шмаль – кандидат технических наук, профессор, академик АН РТ
Р.С. Хисамов – доктор геолого-минералогических наук
Н.У. Маганов
Д.К. Нургалиев – доктор геолого-минералогических наук
В.А. Крюков – доктор экономических наук, академик РАН
А.Э. Конторович – доктор геолого-минералогических наук, академик РАН
Т.В. Гилязова

Рецензенты:

И.Н. Плотникова – доктор геолого-минералогических наук

Техническое редактирование:

Г.В. Стинский – кандидат технических наук

Р47 **Решение Европейского союза о декарбонизации и новая парадигма развития топливно-энергетического комплекса России:** Материалы Международной научно-практической конференции. – Казань: Изд-во «Ихлас», 2021. – 408 с.

Сборник включает материалы докладов Международной научно-практической конференции «Решение Европейского союза о декарбонизации и новая парадигма развития топливно-энергетического комплекса России», проводимую в Казани с 31 августа по 1 сентября 2021 г.

Материалы докладов посвящены экологическим и экономическим аспектам декарбонизации нефтегазовой отрасли, инновационным технологиям в добыче нефти и газа, проблемам энергоэффективности и снижения углеродоемкости производственных процессов на всех стадиях освоения месторождений углеводородов. Цель достижения углеродной нейтральности нефтегазового сектора России предполагает проведение углубленных исследований по определению потенциальных возможностей территорий, по использованию нейтрализации и утилизации выбросов флюидов и жизнедеятельности человека. Это должно явиться научной базой определения путей и методов декарбонизации отраслей ТЭК с учетом обсуждаемой новой парадигмы развития нефтегазового сектора. В сборнике рассматриваются направления минимизации потерь России от трансграничного углеродного налога.

Сборник предназначен для широкого круга работников научно-исследовательских институтов, специалистов нефтяников и газовиков, а также преподавателей, аспирантов, магистров, бакалавров, студентов высших и средних учебных заведений соответствующих специальностей.

ЦИФРОВИЗАЦИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОЙ СТАДИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Н.А. Еремин^{1,2}, В.Е. Столяров^{1,3}

¹ФГБУН «Институт проблем нефти и газа РАН», ²РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина»,

³НТС ПАО «Газпром», г. Москва, *ermn@mail.ru*

Имеющаяся минерально-сырьевая база является естественным конкурентным преимуществом Российской Федерации, базовым источником доходов, обеспечивающим стартовые условия, возможности модернизации и инновационного развития в сжатые сроки.

Задачей топливно-энергетического комплекса (ТЭК) в условиях жесткой конкуренции и формирования нового распределения на мировых рынках энергоресурсов, принятых в Европе принципов углеродной нейтральности, является экономическое обеспечение эффективного бизнеса в области добычи и реализации углеводородного сырья с учетом обеспечения национальных приоритетов и развития на основе применения цифровых технологий и искусственного интеллекта.

Потребности в углеводородном сырье и топливе для мировой и российской промышленности, объем и динамика добычи, а также соответствующая ценовая политика позволяет планировать необходимость технического развития в перспективе не менее 2050 года, что обеспечивает необходимость доосвоения большинства нефтегазовых месторождений на заключительной стадии эксплуатации и применения оставшихся в недрах значительных запасов углеводородного сырья (нефти и газа). Эксплуатируемые в настоящее время месторождения ранее обеспечили лидирующие позиции России на нефтегазовом рынке и порядка 85 % объемов добычи, однако вследствие длительной эксплуатации (40 и более лет) уже находятся на заключительной стадии эксплуатации. Выработанные месторождения по технологиям следует относить к трудноизвлекаемым.

Цифровая нефтегазовая экономика развивается на основе современных достижений научно-технического прогресса, таких как цифровизация, интеллектуализация, роботизация производства и это обеспечивает возможность трансформации бизнеса с использованием элементов модели управления «Индустрия 4.0». Развитие национальных технологий требует кардинального пересмотра существующих практик и приоритетов, формирования новых подходов в среднесрочной и долгосрочной перспективе развития, создания современной нормативно-методологической базы документов, охватывающей все стадии жизненного цикла разработки и внедрения эффективного оборудования и технологий на основе снижения влияния человеческого фактора и компетенций персонала, внедрения цифровых производственных процессов в нефтегазодобыче и переработке [1].

Особенностью цифровизации является изменение механизма хозяйственных отношений, когда значительно сокращается структура организации работ и правил между субъектами, меняются условия ведения хозяйственной деятельности, появляются и применяются новые информационно-коммуникационные технологии, а также наукоемкие сервисы, что требует разработки научно-технического сопровождения для всего экономического цикла развития инноваций.

Для опережающего технологического развития особенно важно развитие кадров, технологий и информации, получаемой непосредственно с объектов. Основой предложения по применению «безлюдных» или «цифровых» месторождений является создание интегрированного технологического комплекса, обеспечивающего динамическую оптимизацию и повышение качества управления на базе автоматического применения реальных параметров геолого-геофизической информации от цифровых нефтегазовых скважин, непрерывного анализа эффективности управляющих воздействий с учетом эффективности моделирования и технологических особенностей месторождения [2].

Упрощенная архитектура цифрового газового месторождения включает в себя модель подземных и надземных технологических объектов (скважин, коллекторов и инфраструктуры добычи – дожимные компрессорные станции (ДКС), установки подготовки газа (УКПГ, УППГ), систему контроля газовых операций в режиме реального времени; интегрированную модель газового производства; центр интегрированного управления производством; оптоволоконную систему сбора и передачи больших объемов геолого-промысловой операции; банк больших геолого-промысловых и технологических данных с объектов подземной и надземной инфраструктуры. Базовым трендом для цифровых технологий является повторяющийся коррекционный цикл управления: Измерение – Коррекция – Контроль – Прогноз – Воздействие – Контроль.

Основой управления цифровыми объектами нефтегазодобычи является широкое применение информационных технологий, риск-ориентированных алгоритмов предиктивного управления оборудованием и процессами при минимальном участии человека в производстве. Основным эффектом от создания цифровой автоматизированной скважины (в перспективе «интеллектуальной») будет получен за счет рациональной эксплуатации системы «пласт-забой-устье скважины-межпромысловый коллектор» как единого технологического комплекса, что позволяет на основе оперативной информации и упреждающего регулирования не допустить поступления воды и механических примесей на забой газовой скважины, а также исключит условия разрушения и выноса частиц породы на поверхность. Цифровая газовая экономика становится значимым и эффективным элементом инновационного развития и обязательной составляющей повышения конкурентоспособности производственно-экономического сектора промышленности, в том числе и для нефтегазовой отрасли [3].

С учетом новых технологий целью цифровой трансформации является трансформация информации для нефтегазового месторождения, имеющего геолого-технологические и экологические ограничения (на заключительной стадии эксплуатации) в виртуальное цифровое пространство для виртуального моделирования изменений состояния под воздействием различных факторов и возможных управляющих воздействий, определение и реализация оптимальных решений для достижения проектных режимов.

В рамках цифровизации предусмотрено развитие ИТ-обеспечения основных бизнес-процессов управления бизнеса; внедрение интегрированного моделирования; создание цифровых моделей производственных объектов, таких как, «цифровых двойников» скважин, нефтегазового пласта, установок подготовки газа, газоперекачивающего агрегата для дожимного комплекса, что позволяет создавать виртуальные модели сложных технических объектов с возможностью проведения прогнозного анализа поведения системы во времени с учетом ее фактического состояния.

Реализация этих планов позволит сформировать актуальное представление о производственно-технологическом комплексе как группе технологически сопряженных производственных объектов; адекватно оценить производственный потенциал, выявить «узкие места» технологической инфраструктуры. Цифровизация производства имеет главной целью создание новых бизнес-процессов и рост капитализации компаний на фондовых рынках России и за рубежом за счет максимально эффективного использования имеющихся и создаваемых производственных активов для выработки и освоения остаточных ресурсов на ранее освоенных гигантских месторождениях с учетом возможностей и энергии пластов.

Цифровая трансформация позволяет повысить интеллектуальные возможности управляющей промыслом диспетчерской системы не только на основе тех данных, которые в ней уже находятся, а исходя из всей доступной ей информации – как исторически накопленной и прогнозной, так и контекстной, которая изначально не содержится в системе и формируется на основании анализа из разных источников (геолого-технологической, дроны, обследования, состояние активов).

При решении задач обеспечения рентабельности широко применяются технологии, построенные на основе динамических моделей; прогнозирования с высокой достоверностью и сходимостью результатов; информационного обеспечения технологий в реальном времени, машинного обучения в поиск закономерностей процессов, как ранее показавшие свою эффективность, так и на основе перспективных образцов технологий и оборудования.

Предлагаемая модель месторождения создается на основании наилучших имеющихся отечественных и мировых практик и нормативно-технической базы, а также компетенций и наработок в этой области отечественного научно-производственного сектора.

Применение безлюдных технологий нефтегазодобычи на промысле позволяет создать и эффективно эксплуатировать реальную во времени модель месторождения, определить и своевременно корректировать основные показатели разработки, снизить риски по оценке запасов и технологическому режиму эксплуатации промысла, а также:

- Рационально использовать пластовое давление и запасы; оптимизировать работу оборудования добычного комплекса и скважин; снизить издержки производства;
- Адаптировать систему управления режимами (СУР) месторождения в реальном масштабе времени, обеспечив соответствие модели рисков и режимов реальным характеристикам всех промысловых объектов;
- Обеспечить автоматизированную подстройку, адекватность геолого-технологической модели фактическим показателям нефтегазодобычи;
- Организовать автоматизированный расчет баланса по скважинам и управление режимами скважин (насосным парком), промыслами и месторождению в целом;
- Выполнить учет ресурсов и планирование работ, автоматизированное оформление отчетных форм с учетом принятых целевых показателей бизнес-модели нефтегазодобычи;
- Организовать плановые и регламентные работы по ремонту и обслуживанию оборудования с учетом фактического состояния и прогноза эксплуатации активов;
- Оптимизировать распределение нагрузки по скважинам, агрегатам и установкам; обеспечить выполнение проектных показателей с минимальными издержками и максимальным уровнем безопасности на основании критериев;
- Обеспечить эффективную эксплуатацию, технологическую и экологическую безопасность добычи на всем жизненном цикле месторождения.

Приведенные решения особенно эффективны в регионах со сложными природно-климатическими условиями или неразвитой инфраструктурой и позволяют обеспечить продление сроков рентабельной эксплуатации на стадии падающей добычи и усложненных условиях добычи. В рамках концепции использования углеводородных ресурсов разработаны комплексные подходы к созданию основ реализации цикла «цифрового» месторождения на основе применения информационно-коммуникационных решений.

Цифровая экономика уже сегодня становится значимым и эффективным элементом инновационного развития и обязательной составляющей повышения конкурентоспособности производственно-экономического сектора промышленности, в том числе и нефтегазовой отрасли. В режиме реального времени на большинстве месторождений обеспечен контроль и дистанционное управление основным объемом скважинного фонда газодобывающих

скважин с применением трёх основных классов автоматизированных систем: энергозависимых, энергонезависимых и на основе локальных систем.

Цифровизация позволяет оптимизировать работу автономных скважин и групп скважин; предотвратить разрушение призабойной зоны; обеспечить мониторинг работы скважин; выявлять гидро-песко-проявление; замерять забойные и устьевые параметры скважин; увеличивать дебит скважин; обеспечивать мониторинг и анализ состояния межпромысловых коллекторов и шлейфов.

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 количественных моделей в квазиреальном и реальном режимах времени. 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.

В настоящее время в ПАО «Газпром» опробированы различные элементы цифровых газовых технологий на Ямбургском, Муравленковском, Астраханском, Бованенковском, Заполярном месторождениях. Внедрены системы управления стабилизацией расхода газа для УКПГ-1С, 2С и 3С сеноманской залежи Заполярного месторождения; управления производительностью и качеством продукции на Песцовой площади Уренгойского месторождения и Харвутинской площади Ямбургского месторождения, а также реализовано управление группой газоперекачивающих агрегатов на дожимной компрессорной станции с использованием роботизированных элементов на Бованенковском месторождении.

Введены в эксплуатацию энергонезависимые системы телеметрии и телемеханики, электрохимической защиты Уренгойского и Ямбургского месторождений. На Астраханском нефтегазоконденсатном месторождении (НГКМ) внедрены базовые элементы интеллектуализации газового производства, которые позволили обеспечить надежную работу скважин и оборудования в заданных технологических режимах, обеспечить диагностику оборудования, что позволило реализовать комплексные алгоритмы удаленного управления. На Чаяндинском «интеллектуальном» НГКМ предусмотрена интеграция как автоматизированного, так и автоматического управления объектами технологической цепочки куст газовых скважин – газосборная сеть – установка предварительной подготовки газа – межпромысловые коллектора – установка комплексной подготовки газа – центральная дожимная компрессорная станция – магистральный газопровод в режиме реального времени.

Центр управления автоматизированным технологическим комплексом Чаяндинского месторождения на базе использования программно-аппаратной платформы и высокоскоростных каналов связи обеспечивает решение таких задач, как моделирование и мониторинг эксплуатации технологических объектов и оборудования; информационное взаимодействие всех элементов месторождения.

В ООО «Газпром добыча Ноябрьск» внедрена и развивается информационно-управляющая система распределенного управления группой малогабаритных компрессорных установок Западно-Таркосалинского промысла, прошла опытно-промышленную апробацию энергонезависимая система газодинамических исследований пластов Комсомольского газового предприятия с применением акустического метода передачи данных. Создан и успешно применяется моделирующий центр Предприятия, в базе данных которого постоянно обновляется более 10 000 параметров, формируется порядка 300 автоматизированных отчетов и не менее 1500 диспетчерских форм.

Основой замкнутого цикла управления Бованенковского месторождения предполагается применение единой информационно-геолого-технологической модели, которая включает в себя геологические и фильтрационные расчеты; анализ состояния системы сбора газа и конденсата, установок подготовки газа. Эта технология предназначена для решения задач моделирования и визуализации геолого-геофизической информации; обновления моделей месторождения для обеспечения динамической оптимизации производственных процессов и подготовки управленческих решений. Единый центр управления газовым промыслом позволяет обеспечить добычу газа на уровне 120 млрд м³ в год для нескольких дожимных компрессорных станций (ДКС) и промыслов с десятками ГПА и сотнями скважин различной производительности, обеспечивая автоматизированный режим управления и регулирования [4].

Необходимыми условиями обеспечения эффективной эксплуатации на цифровых месторождениях являются: адекватность информационной модели интегрированного месторождения (в части надземной и подземной технологий); наличие модели добычи (геологической модели), а также применение комплексных алгоритмов управления (аппарата управления) для всего технологического комплекса добычи с учетом применения критериев эффективности бизнес-процессов добычи, оптимальности реализации процессов управления.

В качестве основных элементов цифрового нефтегазового месторождения должны быть применены на начальном этапе элементы управления с рядом апробированных на объектах технологий: искусственного интеллекта для внедрения элементов прогнозирования, сценарного моделирования и проактивного управления; цифровые двойники для построения информационных моделей нефтегазовых объектов; корпоративные хранилища данных для мониторинга режимов работы и состоянии производственных объектов; промышленного интернета, элементов виртуальной и дополненной реальности для организации эффективного сбора данных и получения информации для управления объектами месторождений; применения структур «больших данных» для специальной

обработки массивов структурированных и неструктурированных онлайн-данных; единого информационного ресурса для обеспечения использования всеми элементами целевой архитектуры задействованными в управлении и эксплуатации технологическими и производственными процессами (включая диспетчерское управление) [5].

Реализация цифровых технологий позволяет: рационально использовать пластическое давление; оптимизировать работу оборудования и эксплуатацию скважин; снижать издержки производства и повысить уровень технологической и экологической безопасности. Технологии будут востребованы для месторождений, находящихся на начальной, активной и заключительной стадии эксплуатации. Приоритетными направлениями являются при этом также задачи существенного сокращения временных затрат от момента постановки задачи до ее реализации (план и объем добычи), обеспечение оптимального использования при внедрении и эксплуатации финансовых и иных ресурсов, ускоренное применение и тиражирование (масштабирование) положительных результатов или лучших доказавших свою эффективность практик на объектах. В случае ограниченных финансовых ресурсов приоритетными направлениями является поэтапное внедрение технологий цифровизации нефтегазодобычи и элементов цифровизации управления, что обеспечивает существенное сокращение временных и финансовых затрат и возврат вложений в короткие сроки.

С учетом технологических преимуществ рекомендуется обеспечить первоначально трансформацию нефтегазовых скважин с применением волоконно-оптических технологий и создания на этой основе интеллектуальных скважин и месторождений, что в условиях недостаточного финансирования обеспечит в процессе эксплуатации увеличение извлекаемых запасов газонефтедобычи не менее 10%, уменьшение времени простоев скважин порядка 50 % от начального уровня и сокращение операционных затрат около 10–25%.

Литература

1. Дмитриевский А.Н., Тихомиров Л.И. Настоящее и будущее интеллектуальных месторождений // Нефть Газ Новации. 2015. № 12. С. 44–49.
2. СТО Газпром 2–2.1-1043-2016. Автоматизированный газовый промысел. Технические требования к технологическому оборудованию и объемам автоматизации при проектировании и обустройстве на принципах малочеловеческих технологий. ООО «Газпромэкспо». 2016. 203 с.
3. Столяров В.Е., Еремин Н.А., Еремин А.Н., Басниева И.К. Цифровые газовые скважины: состояние и перспективы // «Нефтепромысловое дело». № 7. 2018. С. 48–55. DOI: 10.30713/0207-2351-2018-7-48-55;
4. Мельников И. В., Бобриков Н.М., Столяров В.Е. и др. Создание инновационных систем управления, направленных на повышение эффективности работы оборудования дожимных компрессорных станций // Газовая промышленность. № 3 (781). 2019. С. 18–22.
5. Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А., Столяров В.Е. К вопросу цифровизации процессов газодобычи // Известия Тульского ГУ. Науки о Земле. Выпуск 2, 2019. С. 136–152.

НОВАЯ ПАРАДИГМА НЕФТЕГАЗОВЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ – ОБЛАЧНАЯ

Н.А. Ерёмин^{1,2}, С.А. Ступников^{3,4}, О.К. Чащина-Семенова¹, А.Д. Черников¹

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Российской академии наук (ИПНГ РАН), г. Москва, ermn@mail.ru ;

²Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина» (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина), г. Москва.

³Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем информатики Российской академии наук (ИПИ РАН), г. Москва;

⁴Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», г. Москва.

Аннотация

В статье представлена эволюция парадигм нефтегазовых вычислений с использованием высокопроизводительных вычислительных систем.

Разработанные в ходе выполнения прикладных научных исследований новые научно-технические решения обеспечивают снижение уровня аварийности строительства нефтяных и газовых скважин за счет внедрения в производственный процесс программного облачного сервиса по онлайн обработке больших массивов реальных геолого-геофизических данных. Создан программный компонент «Нейросетевые расчеты», предназначенный для нейросетевых расчетов на облачных высокопроизводительных ресурсах с использованием открытых нейросетевых библиотек.

В статье описывается использование облачных высокопроизводительных ресурсов для проведения нейросетевых расчетов с использованием открытых нейросетевых библиотек в задаче предупреждения осложнений и аварийных ситуаций при строительстве скважин.

ISBN 978-5-907039-53-7



Научное издание

РЕШЕНИЕ ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА О ДЕКАРБОНИЗАЦИИ
И НОВАЯ ПАРАДИГМА РАЗВИТИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ

Материалы Международной научно-практической конференции

Редактор *М.Г. Гараева*
Корректор *Ф.К. Маликова*
Технический редактор *А.А. Низамиев*

Подписано в печать 20.08.2021. Формат 60×84 ¹/₈. Бумага мелованная.
Гарнитура «Таймс». Объем 51,0 п.л.
Тираж 50 экз. + 600 в электронных носителях. Заказ К-17.

ООО «Ихлас»
420066, Казань, ул. Декабристов, 2