

ЦИФРОВАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ЭКОСИСТЕМЫ – 2018

А.Н. Дмитриевский, Н.А. Еремин
ИПНГ РАН, e-mail: ermn@mail.ru

Введение

Цифровая модернизация нефтегазовых компаний за счет применения инновационных цифровых технологий позволит повысить эффективность нефтегазового производства [1–4]. Одним из ключевых элементов цифровой нефтегазовой экономики являются системы искусственного интеллекта (ИИ) [5–9]. В нефтегазовой отрасли после многолетнего кризиса перепроизводства наметилась тенденция к нарастанию кризиса предложения. Цены на нефть восстановились. Сегодня нефть марки Brent торгуется на уровне свыше 70 долл. США. Крупные нефтегазовые компании в целом справились с проблемами кризисного периода низких цен на нефть и газ за счет обеспечения высокой производительности, снижения себестоимости добычи, реструктуризации портфеля основных активов и строгой финансовой дисциплины.

В краткосрочной и среднесрочной перспективе увеличение поставок нефти и газа будет являться одной из насущных проблем нефтяного рынка. По мнению ведущих специалистов отрасли, в долгосрочной перспективе (до 2040 г.) нефть и газ продолжат играть важную роль в мировой экономике, спрос на углеводороды будет расти, цены – колебаться.

Нефтегазовые компании во всем мире наращивают масштабные инвестиции в системы искусственного интеллекта, которые в настоящее время становятся центральным элементом структуры нефтегазового рынка [5–9]. При этом долгосрочные воздействия систем искусственного интеллекта на цифровую нефтегазовую экономику могут быть более значительными и глубокими, чем это предполагалось ранее. Широкое распространение интеллектуальных технологий для более эффективного управления предложением и спросом требует формирования новых бизнес-моделей в нефтегазовых компаниях. Технология цифровых двойников или виртуальное моделирование основных активов способствует повышению эффективности диагностического технического обслуживания подземного и наземного (подводного) оборудования. Применение воздушных и подводных дронов для диагностики состояния наземного и подводного оборудования более эффективно и низкокзатратно по сравнению с традиционными

методами [2]. Анализ Больших ГеоДанных позволяет оптимизировать процессы и методы добычи [10, 11]. Наступает период, когда нефтегазовые компании должны внедрять цифровые технологии не только на новых, но и на всех действующих месторождениях нефти и газа.

Послекризисное состояние нефтегазовой отрасли

Можно полагать, что оправдываются прогнозы Международного энергетического агентства (МЭА), а также нефтегазовых компаний Total, Eni и Saudi Aramco о наступлении кризиса предложения. Вследствие того что инвестиции во многие крупные проекты, в том числе в цифровую модернизацию, в период экономического спада были отложены, в настоящий момент отмечается снижение потенциала отрасли. Для удовлетворения растущего спроса на углеводороды нефтяным компаниям потребуется нарастить добычу, и очевидно, что не все из них смогут отстоять свои позиции на рынке.

В условиях восстановления нефтегазовой отрасли стратегия развития нефтегазовых компаний начинает меняться. В краткосрочной перспективе компании будут продолжать поддерживать строгую финансовую дисциплину и уделять особое внимание повышению производительности за счет применения цифровых технологий. В долгосрочной перспективе цифровая модернизация нефтегазового производства позволит компаниям реструктурировать основную часть основных активов таким образом, чтобы они стали прибыльными при низких ценах безубыточности добычи углеводородов.

Затраты на геологоразведку недостаточны для открытия новых месторождений с целью выхода на прежний уровень добычи. Как правило, с момента утверждения проекта до начала добычи проходит приблизительно шесть лет. На большей части перспективных нефтегазоносных провинций геологоразведка уже проведена. В 2017 г. были открыты запасы в объеме лишь 3,5 млрд баррелей жидких углеводородов (сырой нефти, газового конденсата и широкой фракции легких углеводородов). Обвал цен на углеводороды в 2014–2017 гг. привел к снижению затрат на геологоразведку во всем мире на 60%: с 153 млрд долл. в 2014 г. до 58 млрд долл. в 2017 г. По мнению экспертов PwC, в ближайшее время объем затрат на геологоразведку будет восстанавливаться со среднегодовым темпом роста в 7%. В 2017 г. объем обнаруженных новых запасов нефти и газа оказался на самом низком уровне за весь период с начала 1950-х годов (рис. 1). Объем открытых запасов в 2017 г. сможет удовлетворить спрос на углеводородное сырье только на 10%.

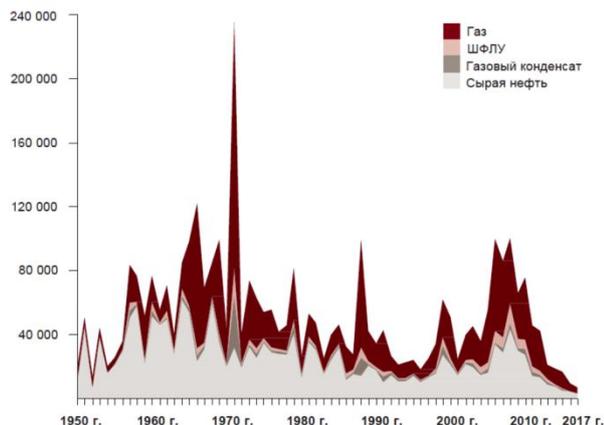


Рис. 1. Динамика прироста запасов нефти и газа (источник: Rystad Energy, PwC)

На действующих нефтяных месторождениях во всем мире добыча снижается, и темп сокращения объема добычи ускоряется примерно на 4% в год. По данным Управления по энергетической информации США (EIA), свободные мощности ОПЕК на конец 2017 г. составляли 2,1 млн баррелей в день; таким образом, они были почти в 2 раза ниже по сравнению с 4 млн баррелей в день в 2010 г. Падение добычи на старых месторождениях представляет собой серьезный вызов нефтегазовой отрасли. В ИПНГ РАН под руководством академика А.Н. Дмитриевского с 2015 г. эта проблема решается в рамках «Программы по возрождению старых нефтегазоносных регионов и месторождений на основе цифровой модернизации существующей производственной инфраструктуры».

Менеджер компании Exxon Mobil Corporation Роб Гарднер считает, что в следующие 25 лет произойдет смена ориентира нефтегазового рынка с развитых (с количеством населения 1,3 млрд человек) на развивающиеся (с населением 6,1 млрд человек) страны. На ночной карте земного шара (рис. 2) местоположение развитых стран представлено освещенными областями, а развивающихся стран – районами мало освещенными или вовсе неосвещенными. В развивающихся странах один миллиард человек не имеет электричества, а более двух миллиардов человек не используют современные инструменты для приготовления пищи или для отопления. Спрос на нефть и газ в западном мире будет оставаться почти неизменным в этот период времени. Высокоразвитые страны динамично продвигаются к низкоуглеродной экономике, что предполагает снижение интереса к нефтегазовому сектору. По некоторым прогнозам, количество населения со средним уровнем достатка достигнет пяти миллиардов человек к 2030 г.



Рис 2. Картина земного шара ночью

Часть нефтегазовых компаний, как Shell, занимается реструктуризацией своего портфеля в пользу активов, связанных с природным газом, и внедрением на них цифровых технологий добычи газа. В январе 2018 г. компания BP – один из лидеров в области цифровых нефтегазовых технологий – объявила о том, что будет утверждать только те новые проекты, которые являются прибыльными при цене на нефть менее 40 долл. США за баррель. МЭА характеризует текущий момент как «нефтяной рынок двух скоростей»: добыча американской сланцевой нефти динамично развивается, а добыча традиционной нефти падает. Добыча нефти в США за последние годы значительно выросла и превышает 10 млн баррелей в день. В то же время нарастают негативные тенденции для сохранения достигнутого пикового уровня добычи сланцевой нефти в США. Как следует из «Отчета о продуктивности бурения» EIA, добыча нефти из новых скважин на сланцевых месторождениях начала снижаться в связи с истощением ее запасов. По данным отчета МЭА «Перспективы развития мировой энергетики» (2017), «миру необходимо ежегодно изыскивать дополнительные объемы добычи на новых месторождениях в размере 2,5 млн баррелей в день только для того, чтобы удерживать добычу традиционных источников энергии на одном и том же уровне». Снижение числа проектов по вводу новых месторождений в разработку в период кризиса будет негативно влиять на нефтяной рынок в среднесрочной перспективе.

Цифровая модернизация

Цифровая модернизация производства – это процесс преобразования нефтегазового дела путем интеллектуализации, суперкомпьютеризации, оптикализации и

роботизации – счет смены его парадигмы развития, которая приводит к массовой и масштабной смене моделей нефтегазового бизнеса и производства, наилучшие из которых переносятся на всю нефтегазовую экосистему.

По оценке ИПНГ РАН [12], дальнейшее увеличение добычи углеводородов должно быть связано со значительным сокращением эксплуатационных затрат за счет цифровой модернизации. Системы искусственного интеллекта в кратко- и среднесрочной перспективе позволят существенно повысить эффективность и «интеллектуальность» нефтегазовых активов, стоимость которых во всем мире составляет, по данным специалистов S&P Capital IQ (2018), приблизительно 3,4 трлн долл. США, а также прирастить стоимость основных активов почти на 3 трлн долл. к 2021 г. (*McDermott B. Machines can't dream // Project Syndicate. 2018. Jan. 24*). По мнению специалистов Deloitte (2018), «развитие инноваций в сфере технологий, постепенное снижение стоимости цифровизации и растущие возможности взаимодействия цифровых устройств – все это открывает безграничные перспективы для предприятий нефтегазовой отрасли, вставших на путь цифровых преобразований».

Основные пути развития цифровых технологий [12–20] связаны с системами искусственного интеллекта (машинное обучение, углубленное машинное обучение), ботосферой (роботизация, боты, дроны) и виртуальной реальностью (дополненная реальность, цифровой двойник, смешанная реальность). На статьи по этим темам приходится соответственно более 35, 30 и 15% от всех 5000 публикаций, проанализированных специалистами Deloitte. Модели цифровой модернизации нефтегазового производства, используемые различными компаниями, близки между собой. Падение стоимости технологий добычи за счет цифровой модернизации делает нефть и газ более дешевыми для конечного пользователя. Можно выделить ряд основных направлений цифровой модернизации, в каждом из которых достигается конкретная бизнес-цель:

Интеллектуализация производства – это повышение эффективности нефтегазового производства за счет принятия наиболее оптимальных решений на основе всей имеющейся информации в режиме реального времени.

Суперкомпьютеризация – повышение скорости принятия управленческих и производственных решений на основе использования технологий цифрового двойника.

Роботизация – повышение коэффициента производительности труда в нефтегазовом производстве.

По оценке PwC, экономический эффект от внедрения цифровых технологий и нефтегазовой йоты (нефтегазового Интернета вещей) на трубопроводном транспорте в России составит 7 млрд руб. до 2025 г. Цифровая модернизация может обеспечить прирост эффективности капитальных вложений в мировой нефтегазовой отрасли на 1%, что в денежном выражении составит 35 млрд долл. к 2021 г. [От байтов к баррелям. Цифровая трансформация в сфере разведки и добычи нефти и газа, Deloitte, 2017.09.15]. Greg Leveille, технический директор ConocoPhillips, на Всемирном форуме потребителей АВВ (Customer World 2017) в Хьюстоне отметил значение двух больших технических революций в нефтегазовой отрасли – освоения нетрадиционных ресурсов нефти и природного газа и создания и использования технологии Больших геолого-промысловых данных. Предиктивная аналитика Больших ГеоДанных позволила снизить время на бурение скважины с 20 до 13 дней, что стало мощным инструментом повышения эффективности производства наряду с нетрадиционной добычей нефти. ConocoPhillips ожидает от предиктивной аналитики Больших ГеоДанных еще большего эффекта в будущем.

В прежние годы основные проекты по строительству систем сбора и подготовки продукции и проекты скважин были в основном индивидуальные. В настоящее время компания ConocoPhillips стремится масштабировать типовые решения для небольших и недорогих проектов с цифровой модернизацией быстрым возвратом инвестиций. ConocoPhillips организует тренировочные сессии по инновационным технологиям в атмосфере командных игр для инженеров. Очень важно научить инженеров навыкам комплексирования различных геолого-геофизических и промысловых измерений в процессе бурения с использованием методов состязания, применяемых в компьютерных играх. Например, команда буровиков внимательно изучает данные различных геофизических измерений в процессе бурения по конкретной пробуренной скважине, и буровики начинают конкурировать между собой в стремлении повысить эффективность буровых операций. Итогом командной работы буровиков становится усовершенствованная технология бурения скважины, которая затем масштабируется на бурение аналогичных скважин.

За последние десятилетия, благодаря внедрению передовых инновационных решений в нефтегазовой промышленности, возникли новые технологии. По мнению Trond Unneland (Chevron), также участвовавшего во Всемирном форуме потребителей АВВ, к этим достижениям относятся: глубоководные / подводные технологии добычи, управление разработкой месторождений в режиме реального времени, 4D-сейсмические исследования, горизонтальное бурение и горизонтальный гидроразрыв, анализ Больших ГеоДанных, мобильные вычисления, наука о данных (или даталогия), облачные вычисления, когнитивные вычисления и нефтегазовая йота (Petroleum Internet of Things). Даже небольшие инновации в области аналитики промышленных данных могут оказать большое воздействие на эффективность производства. Trond Unneland отметил: «Если раньше мы использовали для работы по сбору и анализу промышленных данных ученых, то теперь нам нужны собственные специалисты, как в области наук о Земле, так и в области компьютерных технологий обработки данных. Мы проводим подготовку студентов по такому гибриднему обучению в нашем Центре интерактивных полевых технологий в Университете Южной Калифорнии».

Нефтегазовые компании производят и используют много высокотехнологичных решений для оптимизации производственного цикла, но они слишком медленно тестируют и внедряют инновации, по сравнению с ИТ-компаниями из Силиконовой долины. Одна из основных причин этого заключается в высокой стоимости данных работ. Можно назвать только две компании, занимающиеся разработкой наиболее эффективных инновационных технологий: это компании-инноваторы Shell и BP. Остальные нефтегазовые компании – это компании-последователи, у которых затраты на цифровую модернизацию существенно ниже. Эти компании придерживаются стратегии внедрения только тех технологий, которые уже апробированы и проверены компаниями-инноваторами. Следует иметь в виду, что требуется определенный период адаптации и интеграции инновационных технологий в существующие сложные системы разработки на старых месторождениях, прежде чем они начнут приносить прибыль. Поэтому компании-последователи стремятся апробировать инновационные технологии на новых месторождениях.

Системы ИИ все больше используются четверкой аудиторских компаний – PwC, EY, KPMG, Deloitte, в том числе и для аудита нефтегазовых компаний. Многие данные, собранные в процессе аудита и подготовки налоговых отчетов, являются

неструктурированными и содержат человеческие ошибки. Системы ИИ, предварительно обученные на неструктурированных данных, способны быстро распознавать человеческие ошибки и оптимизировать часть аудиторского процесса. Рынок консультационных услуг – второе направление, в котором аудиторские компании стремятся внедрить системы ИИ. Используя собранные консалтинговые и консультационные данные, названные выше компании теперь обучают клиентов тому, как наиболее эффективно взаимодействовать с фирмами-клиентами, ищущими оптимальные бизнес-решения. Принятие окончательного заключения, которое опирается на решения методов ИИ, требует административного упорядочения и стратегического планирования на многих уровнях. Фирмы-аудиторы много работают, чтобы выявить эти стратегии для реализации и интеграции технологий ИИ на рабочем месте аудитора. Например, Deloitte стремится создавать карты основных производственных процессов для отслеживания эффективности бизнес-процессов организации.

Анализ машинного обучения в финансовом секторе позволяет предположить, что этот сектор станет одним из первых, где будет осуществлена так называемая «автоматизация работы белых воротничков (white-collar automation)», т.е. замена работников умственного труда роботизированными комплексами. По оценке компании EY, в 2020 г. около 5,1 миллиона «белых воротничков» лишатся работы в результате автоматизации их деятельности. PwC советует выбирать в первую очередь области деятельности работников умственного труда, которые являются оперативными или пояснительными по своему характеру, и изучать методы ИИ решения этих проблем в сравнении с традиционными. В каждой отрасли экономики существует обеспокоенность тем влиянием, которое технологии ИИ могут оказать на людей на рабочем месте. Как полагают некоторые эксперты, в случае полной автоматизации принятия бизнес-решений аудиторский бизнес станет наиболее уязвимым для массовых сбоев.

Компания Deloitte тесно сотрудничает с компанией IBM и использует ее ИИ-инструменты в своей деятельности (IBM Watson, IBM TRIRIGA, IBM Maximo). Компания разработала свою ИИ-инициативу – Deloitte Catalyst, которая представляет сеть стартапов, работающих совместно, для быстрого и эффективного продвижения ИИ-технологий в практические бизнес-решения. Компания EY разработала собственные ИИ-решения: Robotic Process Automation – для автоматизации рутинных задач, в частности аудиторских; и глобальную аудиторскую цифровую платформу EY Canvas. Компания

PwC создала совместно с компанией H2O.ai из Селиконовой долины ИИ-технологии под названием GL.ai для анализа документов и подготовки отчетов. Другим ИИ-инструментом этой компании является система обработки естественной речи Natural Language Processing, которая позволяет формировать ключевые идеи для клиентов компании путем анализа сложных договоров и протоколов заседаний Совета директоров. Компания PwC использовала технологии digital twin (цифровой двойник), future power (сила будущего) и gamifying strategy (геймификация) для выбора оптимальной стратегии поведения компаний на рынке на основе анализа более 200 000 сценариев выхода на рынок с инновационными технологиями. Весьма интересным инструментом мотивации персонала является геймификация – использование игровых элементов и принципов игры в неигровых контекстах для повышения продуктивности, улучшения взаимодействия и изменения поведения участников в работе команды специалистов при решении сложных производственных задач.

Заключение

Цифровая модернизация в настоящее время характеризуется развитием имеющихся цифровых технологий, которые обеспечиваются как данными, так и доступом к дешевым вычислительным системам, которых не хватало в прошлом; созданием технологических систем ИИ, которые нацелены на реальные приложения для реального мира и внедрение систем ИИ в производство с целью получения высокой прибыли. Развитие технологий цифровой модернизации связано с разработкой систем автоматического переноса полученных эффективных решений из одной области бизнеса в другие, созданием систем эффективного глубокого обучения для сокращения трудозатрат на обучение моделей за счет автоматизации и алгоритмизации процессов получения функциональных зависимостей и с разработкой систем для неструктурированного обучения с подкреплением и использованием методов общего искусственного интеллекта (AGI). Общий искусственный интеллект – это умение машины, которая могла бы успешно выполнять любую интеллектуальную задачу, которую может решить человек.

Следует учесть, что в предстоящий период цифровой модернизации нефтегазовой отрасли обострится кадровая проблема [21–24]. Во время экономического кризиса многие нефтяные компании были вынуждены сократить численность работников с целью минимизации расходов. Был сокращен также прием на работу выпускников университетов. Это привело к своеобразному демографическому кризису в компаниях.

В ситуации, когда большей части работников пожилого возраста предстоит выход на пенсию, нефтегазовые компании сталкиваются с дилеммой: либо произвести набор молодых специалистов, имеющих традиционные квалификации и специальности, и выйти на докризисный уровень численности персонала, либо остаться на текущем уровне численности персонала и произвести ротацию персонала, выходящего на пенсию, на специалистов, обладающих цифровыми квалификациями и специальностями. Нефтегазовые компании все острее ощущают недостаток специалистов в области цифровых технологий по обработке и анализу Больших ГеоДанных, программного обеспечения, оптикализации [25], суперкомпьютеризации, интеллектуализации и роботизации производственных процессов.

Статья подготовлена по результатам работ, выполненных в рамках Программы государственных академий наук на 2013–2020 годы. Раздел 9 «Науки о Земле»; направления фундаментальных исследований: 131. «Геология месторождений углеводородного сырья, фундаментальные проблемы геологии и геохимии нефти и газа, научные основы формирования сырьевой базы традиционных и нетрадиционных источников углеводородного сырья»; 132. «Комплексное освоение и сохранение недр Земли, инновационные процессы разработки месторождений полезных ископаемых и глубокой переработки минерального сырья», в рамках государственного задания по теме «Фундаментальный базис инновационных технологий нефтяной и газовой промышленности» (№ АААА-А16-116031750016-3).

ЛИТЕРАТУРА

1. Абукова Л.А., Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А. Цифровая модернизация нефтегазового комплекса России // Нефть. хоз-во. 2017. №11. С. 54–58.
2. Абукова Л.А., Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А., Черников А.Д. Цифровая модернизация нефтегазовой отрасли: состояние и тренды // Датчики и системы. 2017. №11. С. 13–19.
3. Еремин Н.А., Еремин Ал.Н., Еремин Ан.Н. Цифровая модернизация нефтегазового производства // Нефть. Газ. Новации. 2017. № 12. С. 13–16.
4. Еремин Н.А. Цифровые тренды в нефтегазовой отрасли // Нефть. Газ. Новации. 2017. № 12. С. 17–23.
5. Еремин Н.А. Моделирование месторождений углеводородов методами нечеткой логики. М.: Наука, 1994. 462 с.

6. *Дмитриевский А.Н., Мартынов В.Г., Абукова Л.А., Еремин Н.А.* Цифровизация и интеллектуализация нефтегазовых месторождений // Автоматизация и ИТ в нефтегазовой области. 2016. № 2(24). С. 13–19.
7. *Еремин Н.А., Дмитриевский А.Н., Тихомиров Л.И.* Настоящее и будущее интеллектуальных месторождений // Нефть. Газ. Новации. 2015. № 12. С. 44–49.
8. *Еремин Ал.Н., Еремин Н.А.* Современное состояние и перспективы развития интеллектуальных скважин // Нефть. Газ. Новации. 2015. № 12. С. 50–53.
9. *Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А.* Нефтегазовый комплекс РФ – 2030: цифровой, оптический, роботизированный // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. 2017. № 1. С. 10–12.
10. *Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А.* Большие геоданные в цифровой нефтегазовой экосистеме // Энергет. политика. 2018. № 2. С. 31–39.
11. *Еремин Н.А.* Работа с большими геолого-промысловыми данными в эпоху нефтегазового интернета вещей // Нефть. Газ. Новации. 2018. № 2. С. 70–72.
12. *Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А.* Инновационный потенциал умных нефтегазовых технологий // Геология, геофизика и разраб. нефт. и газовых месторождений. 2016. № 1. С. 4–9.
13. *Еремин Н.А., Сарданашвили О.Н.* Инновационный потенциал цифровых технологий [Электронный ресурс] // Актуальные проблемы нефти и газа: науч. сет. изд. 2017. Вып. 3(18). – Режим доступа: <http://www.oilgasjournal.ru> (Дата обращения 30.05.2018).
14. *Eremin Al.N., Eremin An.N., Eremin N.A.* Smart fields and wells. Almaty: Publ. Center of Kazakh-British Techn. Univ. JSC, 2013. 320 p.
15. *Еремин Н.А., Еремин А.Н., Еремин А.Н.* Управление разработкой интеллектуальных месторождений: учеб. пособие для вузов: в 2 кн. М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2012. Кн. 2. 210 с.
16. *Еремин Н.А.* Управление разработкой интеллектуальных месторождений: учеб. пособие для вузов: в 2 кн. М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2011. Кн. 1. 200 с.
17. *Еремин Н.А.* Современная разработка месторождений нефти и газа. Умная скважина. Интеллектуальный промысел. Виртуальная компания: учеб. пособие для вузов. М.: ООО «НедраБизнесцентр», 2008. 244 с.

18. *Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А.* Ресурсно-инновационная модель и решение актуальных проблем разработки месторождений нефти и газа // Нефть. Газ. Новации. 2012. № 10. С. 30–33.

19. *Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А.* Современная НТР и смена парадигмы освоения углеводородных ресурсов // Пробл. экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2015. № 6. С. 10–16.

20. *Столяров В.Е., Еремин Н.А., Еремин Ал.Н., Басниева И.К.* Цифровые газовые скважины: состояние и перспективы // Нефтепромысловое дело. 2018. № 7. С. 48–55.

21. *Абукова Л.А., Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А., Линьков Ю.В., Пустовой Т.В.* Цифровая модернизация образовательного процесса // Дистанцион. и виртуал. обучение. 2018. № 1. С. 22–31.

22. *Абукова Л.А., Борисенко Н.Ю., Мартынов В.Г., Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А.* Цифровая модернизация газового комплекса: научные исследования и кадровое обеспечение // Науч. журн. РГО. 2017. № 4. С. 3–12.

23. *Кожевников Н.А., Еремин Н.А., Пустовой Т.В.* О нефтегазовом сетевом университете // Пробл. экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2017. № 10. С. 41–47.

24. *Kozhevnikov N.A., Bekmukhametova Z. A., Eremin N.A.* The digital petroleum education // Herald of the Kazakh-British Techn. Univ. 2017. № 4. P. 28–36.

25. *Еремин Н.А., Еремин Ал.Н., Еремин Ал.Н.* Оптикализация нефтегазовых месторождений // Нефть. Газ. Новации. 2016. № 12. С. 40–44.