

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2018, №2, Том 10 / 2018, No 2, Vol 10 <https://esj.today/issue-2-2018.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/88NZVN218.pdf>

Статья поступила в редакцию 17.04.2018; опубликована 13.06.2018

Ссылка для цитирования этой статьи:

Тчаро Хоноре, Воробьев А.Е., Воробьев К.А. Цифровизация нефтяной промышленности: базовые подходы и обоснование «интеллектуальных» технологий // Вестник Евразийской науки, 2018 №2, <https://esj.today/PDF/88NZVN218.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Tcharo Honore, Vorobev A.E., Vorobyev K.A. (2018). Digitalization of the oil industry: basic approaches and rationale for "intelligent" technologies. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 2(10). Available at: <https://esj.today/PDF/88NZVN218.pdf> (in Russian)

УДК 55

Тчаро Хоноре

Университет Абомей-Калави, город Того, Республика Бенин
Руководитель группы международных научных проектов

Воробьев Александр Егорович

НАО «Атырауский университет нефти и газа», Атырау, Казахстан
Проректор по научной деятельности инновациям
Доктор технических наук, профессор
E-mail: fogel_al@mail.ru
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7324-428X>
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=127898
Researcher ID: <http://www.researcherid.com/rid/C-1918-2016>
SCOPUS: <http://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=7201693273>

Воробьев Кирилл Александрович

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия
Бакалавр
E-mail: k.vorobyev98@mail.ru
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5792-3979>
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=887256
SCOPUS: <http://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57193517186>

Цифровизация нефтяной промышленности: базовые подходы и обоснование «интеллектуальных» технологий

Аннотация. Большинство нефтяных месторождений охватывает тысячи квадратных километров, а часть из них находятся в трудных местных условиях (жара, мерзлота, пустыня, глубокие воды) или обладает трудноизвлекаемыми запасами. Из-за этих факторов и ряда других проблем, связанных с обеспечением технологической безопасности, имеются сложности при освоении нефтяных месторождений (при постоянном увеличении спроса на нефть и газ). Поэтому нефтяным предприятиям, как никогда, необходима оцифрованная инфраструктура высокой надежности, которая обеспечивала бы повышенную производительность и безопасность и контролировала бы многочисленные используемые в нефтегазовом деле устройства по всему месторождению.

Именно поэтому в последние годы нефтяные компании во всем мире все больше управляют своими нефтяными месторождениями за счет использования «интеллектуальных» технологий. Они зарекомендовали себя мощным инструментом обеспечения безопасности

осуществляемых при разработке нефтяных операций и увеличения производительности труда, а также экономической эффективности. Используемые технологии предусматривают улучшение всех стадий рабочего процесса за счет оперативного получения производственных данных, связанное с передовой аналитикой («Интернет вещей»), что облегчает более полное и эффективное освоение нефтяного месторождения.

Имеющий опыт внедрения «интеллектуальных» технологий уже показывает высокую эффективность и весьма надежные результаты (как по отношению к самим процессам нефтедобычи, так и по отношению к снижению затрат в отдельных операциях).

Ключевые слова: цифровая промышленность; интеллектуальные технологии; Интернет вещей; роботизация; виртуальная реальность; искусственный интеллект; большие данные; кибербезопасность; цифровые двойники; месторождения нефти; экономика

Введение

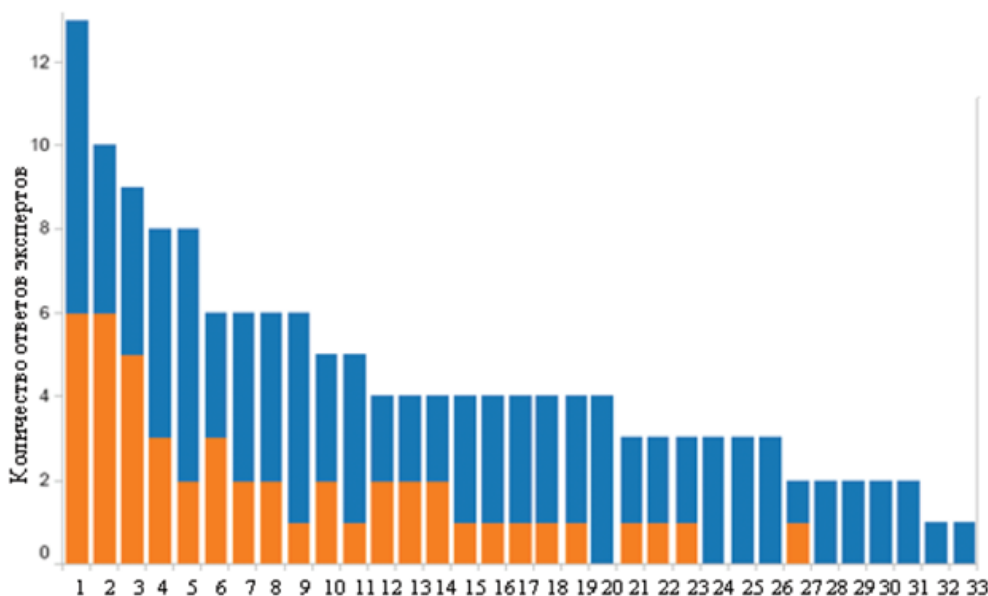
С учетом постоянного роста мирового спроса на энергоресурсы и необходимости эксплуатации нефтяных месторождений с трудноизвлекаемыми запасами, а также находящихся на заключительной стадии разработки, нефтяные компании нуждаются в все более эффективных технологиях добычи нефти, основанных на кардинально новых подходах и принципах.

Становление «интеллектуальных» технологий

Термин «новые производственные технологии» или «передовые производственные технологии» включает в себе технологии и технологические процессы, а также машины, аппараты, оборудование и приборы, основанные на микроэлектронике или управляемые с помощью компьютера и используемые при проектировании, производстве, обработке или доставке произведенной продукции [2, 5].

При этом новыми технологиями в России или за рубежом считаются технологии, не имеющие, соответственно, национальных или зарубежных аналогов. А принципиально новыми считаются технологии, созданные впервые, также не имеющие национальных или зарубежных аналогов, но кроме этого – обладающие качественно новыми характеристиками, отвечающими всем существующим требованиям современного уровня или превосходящими его [2]. Они базируются на крупных пионерных или (и) высокорезультативных изобретениях.

Имеющиеся оценки экспертов США в области наиболее значимых новых производственных технологий представлены на рис. 1.



1 – технологии измерения и точного зондирования; 2 – нанопроизводство; 3 – информационные технологии; 4 – наноматериалы; 5 – энергоэффективное производство; 6 – системы технического зрения, 7 – непрерывный контроль производственных процессов; 8 – гибкая электроника; 9 – управление технологическими процессами; 10 – адаптивное управление; 11 – нанесение покрытий; 12 – керамическое производство; 13 – технологии переработки отходов; 14 – моделирующая и испытательная инфраструктура; 15 – биопроизводство; 16 – биотопливо; 17 – геномика материалов; 18 – оптоэлектроника; 19 – прецизионная обработка; 20 – легкие материалы; 21 – аддитивное производство; 22 – промышленная робототехника; 23 – медицинские приборы и клиническая медицина на базе нанотехнологий; 24 – конструкционная керамика; 25 – композиционная сборка; 26 – высокотемпературная обработка; 27 – мобильная робототехника; 28 – проводящие струйные технологии; 29 – высокоскоростное смешивание; 30 – техническое реагирование; 31 – технологии сепарации; 32 – технологии струйной обработки металлов; 33 – высокоэффективная производственная рекуперация теплоты

Рисунок 1. Значимость новых производственных технологий (эксперты США)

Именно передовые производственные технологии определяют дальнейшее развитие и появления новых рынков, а также являются основной движущей силой “цифровой” революции [1, 6, 7]. К этим технологиям относят «интеллектуальную/умную» технологию.

Термин «интеллектуальная» технология был введен американским социологом, профессором Гарвардского университета Д. Беллом. Под данным термином Белл понимал новый технологический уклад, в котором главная роль отводилась электронным системам обработки, хранения и передачи информации, а также ее преобразованию в цифровую форму.

В общем случае, в процессе эксплуатации «интеллектуальных» технологий на производстве должны быть охвачены следующие элементы [13]:

- контуры управления (от оперативного и регулярного до стратегического и ситуационного управления);
- сферы управления (финансовыми, трудовыми, производственными и материально-техническими ресурсами, а также клиентами, поставщиками и т. п.);
- бизнес-процессы предприятия (основные, обеспечивающие, управленческие, инвестиционные и т. д.);
- функциональные подсистемы корпоративной системы менеджмента;
- уровни управления (корпорации, дочерние предприятия, структурные подразделения);

- цели управления (снижение производственных, финансовых, экологических и других издержек и рисков, повышение надежности и эффективности работы производственной системы, совершенствование системы менеджмента качества и т. д.);
- профессиональные роли сотрудников и рабочие места.

При этом «интеллектуальные» технологии позволяют эффективно преобразовывать формируемые в высшей школе научные знания в основную производительную силу [6].

Развитие информационных «интеллектуальных» технологий подразделяется на следующие этапы [13]:

1. 70-е гг. XX в. – были разработаны первые автоматизированные средства поддержки процессов принятия решений и управления (базирующиеся на концепции Белла).
2. 80-е гг. XX в. – появились первые экспертные системы, которые использовались в качестве инструмента принятия адекватных решений, основанные на знаниях.
3. 90-е гг. XX в. – были сделаны первые шаги к созданию интегрированных моделей представления знаний, сочетающих в себе поисковый, вычислительный, логический и образный интеллекты.
4. 2000-е гг. XX в. – выход фирмы «IBM» на рынок с разработанной системой интеграции информации инновационного предприятия (Enterprise Information Integration).

Так, к основным технологическим трендам современной промышленной революции (получившей название Индустрия 4.0) в настоящее время относят (рис. 2) [15]:

- «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 оборудования, материалов и технологий;
- дополненную реальность;
- «интеллектуальные» датчики;
- 3D-печать.



Рисунок 2. Основные инновационные методы и технологии современной нефтяной отрасли

Переход к «Интернету вещей»

Так, возникновение в 1982 г. всемирной сети Интернет привело к созданию особого, виртуального мира, включающего в себя различные мессенджеры, банковские транзакции, сферу покупок (в виде интернет-магазинов), сферу досуга (в виде социальных сетей и компьютерных игр) и т. д. [17]. Все это обусловило появление нового современного мира жизнедеятельности людей – комбинированного (включающего в себя реальный и виртуальный миры) и формирующего принципиально новую, “цифровую”, модель развития всей мировой экономики [1, 6, 11].

В частности, появление первой Интернет-вещи произошло в 1990 г., когда Джон Ромки представил миру уникальный тостер, который можно было запустить из глобальной сети.

В настоящее время «Интернет вещей» (англ. Internet of Things, IoT) представляет собой практическую реализацию концепции электронной сети физических предметов, для обеспечения эффективного взаимодействия их друг с другом или с внешней средой, оснащённых встроенными электронными устройствами, исключающую из части действий и операций необходимость обязательного прямого участия человека и в результате способную кардинально перестроить все экономические и общественные процессы.

Впервые эта концепция и сам термин были сформулированы руководителем исследовательской группы Auto-ID при Массачусетском технологическом институте К. Эштоном в 1999 г. [20].

Однако, по мнению аналитиков корпорации Cisco настоящим рождением «Интернета вещей» считают период 2008-2009 гг., т. к. именно в этом промежутке времени рост количества подключенных к глобальной сети устройств впервые превысило общую численность населения Земли (рис. 3), тем самым «Интернет людей» стал «Интернетом вещей».

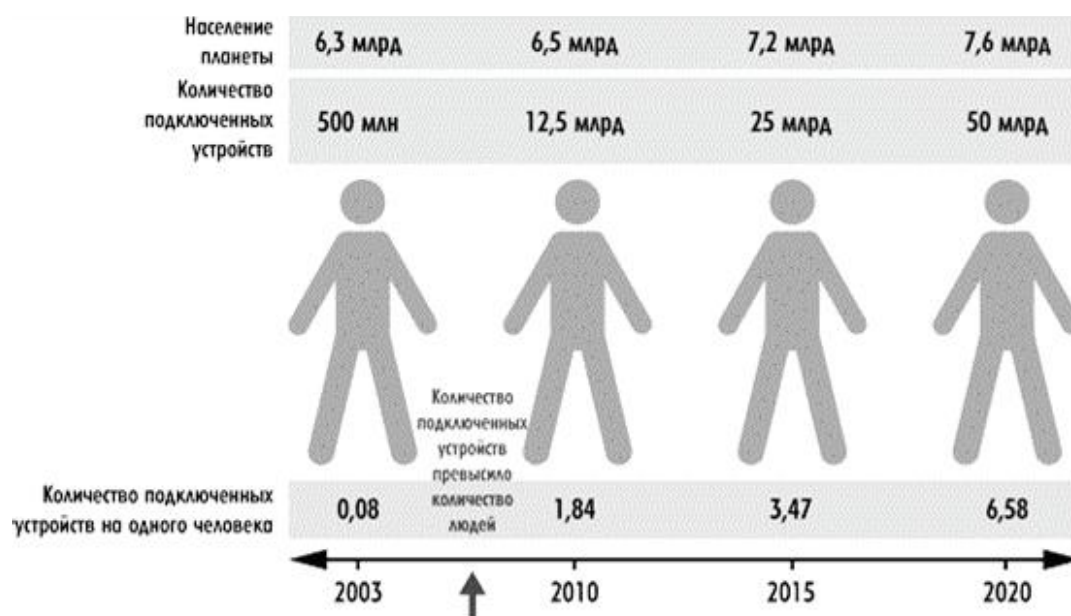


Рисунок 3. Тенденции роста населения Земли и количества подключенных устройств [20]

В настоящее время к «Интернету вещей» уже подключено свыше 20 млрд разнообразных устройств [20]: на каждого жителя Земли приходится по 3 подключенных электронных устройства. Чаще всего это смартфон, ноутбук и “умная” вещь: smart-часы, фитнес-трекер, подключенный телевизор или “умная” система безопасности.

В результате такого подключения и соединения в мире уже насчитывается более 2 млрд связей между 200 млн различных приборов и ожидается, что к 2022 г. число таких связей составит 18 миллиардов.

Третье десятилетие двухтысячных годов, по имеющимся прогнозам, покажет дальнейший довольно устойчивый рост числа профессиональных устройств, соединенных между собой (рис. 4).



Рисунок 4. Число соединенных устройств по основным отраслям экономики в мире в 2019 г., млн шт. [20]

Реальный Интернет Вещей (IoT) состоит из 3-х сегментов, каждый развивающийся своим путем [20]:

1. Межмашинные коммуникации (M2M).
2. “Умные” системы (к повсеместному распространению которых первым шагом являются периферийные устройства, связывающиеся по Bluetooth).
3. Ситуативный Интернет-вещей – сегмент, состоящий из привычных, но более усовершенствованных бытовых вещей.

В настоящее время существуют некоторые общие тенденции развития технологии M2M [20]:

1. Удаленные узлы становятся все более «интеллектуальными» (в ближайшее время большинство устройств будут оснащены существенно более широким функционалом).
2. Миниатюризация M2M-систем, открывающая значительные возможности для применения этих технологий там, где они были немислимы ранее.
3. Высокая надежность, эксплуатационная готовность и стабильность изделий (многие системы уже функционируют без участия человека и имеют мобильный характер или располагаются в труднодоступных областях, где полевое обслуживание является достаточно затратным или труднореализуемым).
4. Высокая скорость передачи данных в обоих направлениях (в M2M-системах данные часто генерируются на мобильном устройстве, а затем выгружаются с него).

Необходимость использования «цифровых» технологий

Нефтегазовые компании прилагают значительные усилия для повышения операционной эффективности и оптимизации производства добычи нефти и газа [18]. При этом разносторонняя производственная информация становится основным базовым ресурсом управления функционированием современных производственных систем, а уровень используемых информационных технологий в существенной мере определяет возможное значение конкурентоспособности нефтепромысла, нефтепровода или НПЗ и др. производств.

С 2011 г. в профессиональный обиход был введен термин четвертой индустриальной («цифровой») революции, под которой понимается переход на полностью автоматизированное «цифровое» производство, обладающее «интеллектуальными» системами управления в режиме реального времени, находящихся в постоянном взаимодействии с внешней средой, и выходящее за границы одного предприятия, с дальнейшей перспективой объединения предприятий в глобальную промышленную сеть производства, вещей и услуг [20].

Основные движущие силы происходящей «цифровой» революции (рис. 5) – это повсеместное распространение элементов и устройств вычислительной техники, прежде всего: персональных компьютеров [5], всеобъемлющего проникновения Интернета, а также массового применения разнообразных персональных портативных коммуникационных устройств.

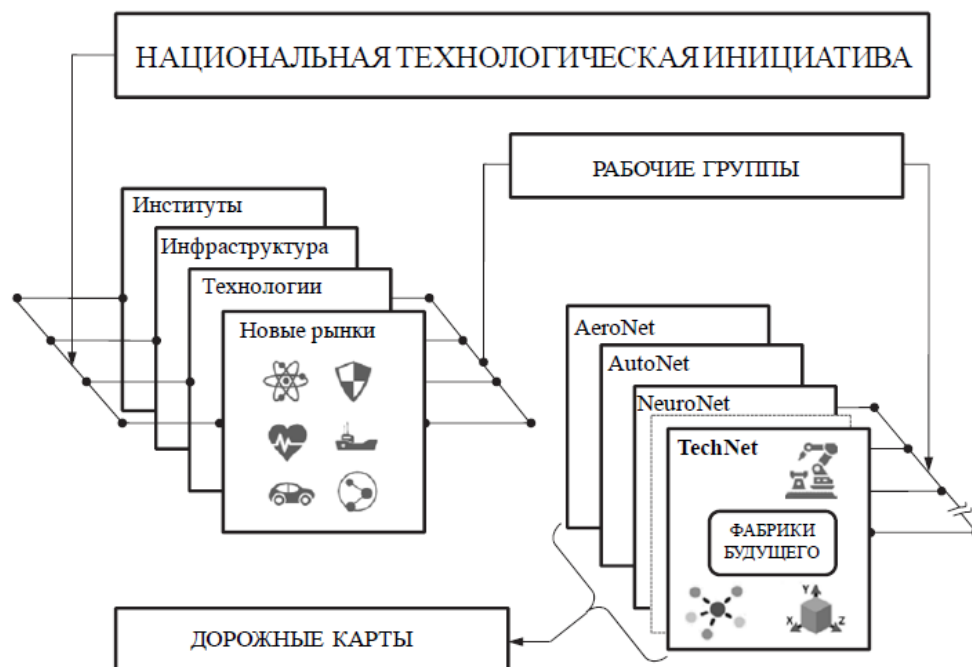


Рисунок 5. Обобщенная структура реализации «цифровой» революции [16]

Результатом «цифровой» революции является повсеместный переход к «цифровой» экономике (Digital Economic), практические принципы которой заключены в концепции, получившей название «Индустрия 4.0» [16].

Таким образом, современное «цифровое» общество появилось в результате широкого развития мобильных сервисов, Интернета и «цифрового» телевидения, которые, в свою очередь, стали результатом достижений в сфере полупроводников, телекоммуникаций, дисплеев и других разновидностей информационных технологий.

Предыдущая промышленная революция (Индустрия 3.0) была основана на автоматизации лишь отдельных производственных процессов [4, 8], в то время как Индустрия 4.0 уже базируется на сквозной «цифровизации» всех имеющихся физических активов предприятия и их интеграции в единую «цифровую» экосистему [15].

При этом, концепция Индустрии 4.0 предусматривает «цифровизацию» и интеграцию всех процессов жизненного цикла производимых продуктов [15]: начиная от процесса разработки и заканчивая процессами их логистики и сервиса. В соответствии с концепцией Индустрии 4.0 каждый выпускаемый продукт должен иметь свой «цифровой» образ, т. е. вся информация о нем – чертежи и технология производства, правила эксплуатации, техобслуживания и утилизации – должна быть «оцифрована» и доступна для считывания устройствами и людьми [15].

Необходимо отметить, что данные обо всех протекающих процессах, этапах производства, деталях, сборочных узлах и получаемых на производстве продуктах должны быть доступны авторизованным пользователям в режиме реального времени в рамках единой «цифровой» сети [4, 8].

В частности, Индустрия 4.0 предполагает обязательный обмен данными между всеми участниками, которые задействованы в производственной цепочке [15]: специалистами предприятия, оборудованием, ERP-системами, роботами, продуктами и т. д.

Для этого такие производственные системы объединяют аппаратную часть, технологическое оборудование и логистические системы. При этом весьма важным моментом

является непрерывный обмен производственной информацией между всеми соответствующими элементами киберфизической системы, посредством технологии «Интернет вещей» [16].

Кроме этого, необходимо отметить, что в обеспечении «цифровых» нефтегазовых технологий обычно задействованы весьма большие массивы различных нефтегазовых данных (BigOilData – BOD). Так, в мире ежедневно генерируется 2,5 эксабайт (10^{18} байт) новых данных [14]. Доля же нефтегазовых данных в них достигает 10 %. При чем 4/5 этой информации (сейсмическая, геофизическая, промысловая, финансовая, отчетная и др.) зачастую находится в неструктурированном виде.

В результате наиболее эффективной технологией для обработки и хранения информации стал «Облачный» сервис (англ. cloud storage) – такая модель онлайн-хранилища, в котором обширные производственные данные хранятся на многочисленных распределенных в сети серверах, предоставляемых в пользование клиентам. Эти данные хранятся и обрабатываются в так называемом «облаке», которое представляет собой один большой виртуальный сервер. Физически же такие серверы могут располагаться даже на разных континентах.

Такая среда взаимодействия обеспечивает мгновенный обмен собранной производственной информацией между авторизованными участниками производства, что оказывает прямое влияние на качество принятия профессиональных решений, а значит, гарантирует отсутствие простоев и значительное уменьшение количества аварий [Воробьев].

В частности, технология виртуального облака стала основной для нефтяных и газовых компаний [24]: она используется, главным образом, для снижения сложившихся затрат в ИТ-инфраструктуре, но теперь еще стало и важным стимулом для более быстрого разблокирования потенциальных ценностей, которые могут предоставить более широкие «цифровые» решения.

В итоге, в нефтегазовых компаниях, оперативно обладающих точными данными, качество и скорость принятия производственных решений улучшается на 24 % ежегодно.

«Интеллектуальные» технологии нефтяной промышленности

В результате крупные нефтяные компании по всему миру переходят к применению «цифровых» технологий [19]: Shell и Total используют роботов, Chevron и Shell – дроны, Statoil – 3D-визуализацию, Chevron при помощи видеоаналитики выявляет возникновение протечек на нефтепроводах, а в BP реализуется масштабный проект, связанный с применением на морских добывающих платформах промышленного Интернета вещей.

Кроме этого, практически все игроки глобальной нефтегазовой отрасли уже используют в промышленных нефтяных технологиях искусственный интеллект и возможности виртуальной и дополненной реальности (рис. 6). В 2018 г. компания BP присоединилась к Enterprise Ethereum Alliance, деятельность которого направлена (в том числе и на распространение смарт-контрактов в корпорациях). Даже такая технология, как blockchain, не осталась без внимания в нефтяной отрасли [19].



Рисунок 6. Практическое внедрение цифровых технологий крупными нефтяными компаниями [23]

В различных нефтяных компаниях имеются свои названия специальных проектов, которые можно отнести к категории «умное/интеллектуальное» производства [31]:

1. "умные" скважины – Smart Wells (Schlumberger);
2. "умные" операции – Smart Operations (Petro);
3. "интегрированные" операции – Integrated Operations (Statoil, OLF);
4. "электронное" управление – eOperations (North Hydro);
5. "управление в режиме реального времени" – Real Time Operations (Halliburton);
6. "правильное" направление – eDrift (OD);
7. "интегрированная модель управления активами" – Integrated Asset Operation Model (IAOM), ADCO;
8. "умное" месторождение – Smart Field (Shell);
9. "интеллектуальное" месторождение – i-field (Chevron);
10. "месторождение будущего" – Field of the future (BP);
11. "цифровое" нефтяное месторождение будущего – Digital oil field of the future DOFF (CERA);

12. оптимизация "интеллектуального" месторождения и удаленное управление – Intelligent Field Optimisation and Remote Management/INFORM (Cap Gemini) и другие.

Все эти системы довольно сходны между собой по своим основным целям и локальным задачам [5]: они призваны с высокой степенью достоверности моделировать различные сценарии развития ситуации на нефтегазовом производстве и предоставлять возможность выбора наиболее оптимальных решений (в том числе и по более эффективному использованию высококвалифицированных специалистов компании).

Кроме того, существуют различные варианты названий данного подхода (как на русском, так и на английском языке) (табл. 1).

Таблица 1

Варианты названий технологии “цифрового” месторождения [10]

Название на английском языке	Название	Где используют
Digital Oilfield (DOF)	“Цифровое” месторождение	Marathon, Baker Hughes, Petrobras, SPE, Газпромнефть
Digital Oilfield of the Future (DOFF)	“Цифровое” месторождение будущего	CERA
Field of the future	Месторождение будущего	BP
Smart Operations	“Умные” операции	Petoro
Smart Field	“Умное” месторождение	Shell
Field Monitoring	Контроль над месторождением	Total
iField (Integrated Field)	Интегрированное месторождение	Chevron, Saudi Aramco, Accenture
Intelligent Oilfield (IOF)	“Интеллектуальное” месторождение	Invensys, Emerson, Лукойл
Digital Energy	“Цифровая” энергия	Schlumberger
Integrated Operations (IO)	Интегрированные операции	Statoil, Baker Hughes, Eni, SPE, CERA
Operations Excellence (OE)	Совершенствование операций	ConocoPhillips

Все эти технологии обеспечивают «интеллектуализацию» процесса добычи, транспортировки и переработки нефти. Поэтому, при рассмотрении таких инновационных технологий необходимо учитывать, что в переводе с латинского "интеллект" означает "познание, понимание или рассудок".

Присутствие интеллекта в любой сложной системе, будь она биологическая (человек) или даже инженерная (скважина, нефтепромысел, нефтепроводы и т. д.), предполагает возможность и наличие самостоятельного регулирования и оптимизации множественных внутренних параметров ее работы по отношению к разнообразным и постоянно изменяющимся условиям или проявлениям воздействий внешней среды [5].

Отсюда вытекает потребность во внедрении на предприятиях нефтяной отрасли так называемых «интеллектуальных» технологий. Они необходимы в первую очередь для того, чтобы максимизировать продуктивность использования растущего фонда скважин, сократить эксплуатационные расходы, а также ускорить добычу и увеличивать её объемы [13].

При этом под «интеллектуальной» технологией на нефтепромысле понимают систему автоматического управления операциями по добыче нефти и газа, которая предусматривает непрерывность оптимизации интегральной модели месторождения, а также модели эффективного управления добычей [13].

Наиболее перспективные «интеллектуальные» нефтегазовые технологии – это робототехника для бурения, наблюдения и обслуживания, низкотемпературная обработка

пласта, подводная добыча нефти, автоматизированные (беспилотные) платформы и беспроводные системы (рис. 7) [21].



Рисунок 7. Основные элементы «цифровизации» морской нефтедобычи

Эффект от нефтяных «интеллектуальных» технологий

Использование производственных данных в режиме реального времени позволяет нефтегазовым «цифровым» компаниям достичь следующих целей (табл. 2) [22]:

- расширения сырьевой базы предприятия (рис. 8);
- увеличения показателей извлечения и объемов добычи нефти;
- уменьшения числа всех типов аварийных инцидентов (включая утечки и выбросы);
- повышения производительности предприятий и безопасности персонала;
- совершенствования операционной деятельности в области добычи, транспортировки и переработки нефти и газа, а также на различных буровых и нефтеперерабатывающих предприятиях (как в стационарных, так и полевых условиях).

К основным показателям, определяющим экономическую целесообразность всех затрат, приходящих на разработку нефтяных месторождений, а также на дальнейшее внедрение и последующую эксплуатацию на нефтепромыслах «интеллектуальных» технологий относят [2]:

- годовой экономический эффект;
- прирост прибыли;

- срок окупаемости капитальных вложений.

Таблица 2

Преимущества «интеллектуальных» технологий [9]

Показатели	Технологии управления месторождения		
	Традиционная – автоматизированная (активное управление)	Цифровая (реактивное управление)	Интеллектуальная (проактивное управление)
Прирост добычи нефти, %	1,0	4,0	10,0
Прирост запасов нефти, млрд т	5,0	10,0	15,0
Прирост КИН, %	1,0	5,0	10,0
Удельные затраты на автоматизацию, % от выручки или т	0,5-1,0	1,0-2,0	2,0-4,0
Снижение удельной себестоимости добычи нефти, %	2,0	5,0	15,0
Рост производительности труда, %	1,0	5,0	10,0

При этом необходимо отметить, что повсеместное внедрение «интеллектуальных» технологий, по оценкам экспертных организаций, позволит увеличить общемировую нефтеотдачу с 30 до 50 % [19].

Так, по оценке нефтяной компании SaudiAramco только внедрение пластовых нанороботов на нефтяных месторождениях, находящихся на поздних стадиях разработки, позволит увеличить коэффициент извлечения нефти до 60-70 %.

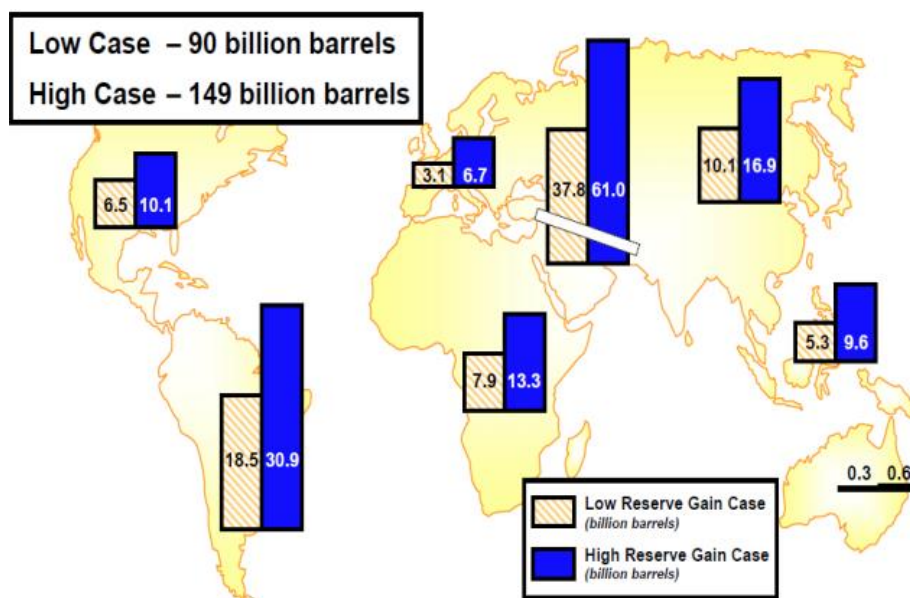


Рисунок 8. Прирост запасов по регионам мира от внедрения «интеллектуальных» технологий (источник HIS Inc.)

По оценкам CERA, при учете и использовании всех перечисленных возможностей, нефтяные компании могут достичь улучшения освоения месторождений на примерно 2-7 %, сокращения имеющихся затрат на нефтеизвлечение – около 25 %, а также повышение темпов роста производительности нефтегазовых операций – на 2-4 % [12].

Экономическая эффективность при использовании «интеллектуальной» нефтегазодобычи может быть достигнута путем увеличения текущей добычи нефти и газа, которая в своей очередь может быть достигнута при [2]:

- уменьшении числа простоев фонда нефтедобывающих скважин;

- сокращении потерь нефти, газа и воды (на основе оптимизации режимов сепарации, обезвоживания, обессоливания и раннего обнаружения порывов системы нефтегазосборных сетей);
- полной оптимизации процесса нефтедобычи.

В частности, в результате реализации концепции «интеллектуальной» технологии операторам Калифорнийского участка, при выполнении обхода или нахождении в своих автомобилях, возможно просмотреть на планшетах текущие данные об операциях или получить сигналы о различных ситуациях, требующих немедленного реагирования [3]. С помощью данного комплекса мер, работники могут избегать многочисленные дневные посещения каждой скважины и сосредоточить больше внимание на нуждающихся в обслуживании скважинах. На таких участках часто потребовалось около 10 операторов, выполняющих объезд объектов по определенному маршруту по несколько раз в день.

По сообщению одного из нефтепромышленников, установка сети промышленного Интернета способствовала снижению простоев сотрудников на примерно 25 %, что оценивается в 400 000 \$ ежегодной экономии для компании [3].

Расширение сети с использованием беспроводных технологий на месторождении сланцевой нефти Игл-Форт, позволило сократить затраты на примерно 60 % [3]. Кроме передачи данных в рамках автоматизированной системы управления технологическим процессом (Supervisory Control And Data Acquisition, SCADA) новая построенная сеть обеспечивает поддержки голосовой связи через Интернет-протоколы.

Нефтеперерабатывающая компания Saudi Aramco Mobil Refining Company (SAMREF) установила на свой объект более сложные сети от производителя Honeywell [3]. Эта работа была успешно выполнена на нефтеперерабатывающем комплексе в Янбу (Саудовская Аравия). Компания SAMREF является совместным предприятием нефтяной компании из Саудовской Аравии (Saudi Arabian Oil Company) и нефтепереработчиком Mobil Yanbu Refining Company, дочерней компании Exxon Mobil. Производства нефтеперерабатывающего комплекса SAMREF составляет, на все различные нефтепродукты (в том числе – бензин, мазут, сжиженный газ, топлива для реактивных двигателей и другие энергетические продукты), около 400 тыс. барр./день).

Установленная фирмой Honeywell беспроводная сеть позволяет обрабатывать трафики для мониторинга технологического процесса и одновременно осуществлять полное видеонаблюдение объекта.

Заключение

Основа четвертой индустриальной («цифровой») революции – процессы цифровизации экономики приводят к радикальным изменениям целых отраслей [19].

Так, из-за распространения Интернет-телефонии, различных видов мессенджеров, а также виртуальных операторов, телекоммуникационные компании начали полное реформации применяющихся принципов построения своих бизнес-моделей. А с появлением беспилотных и электронных автомобилей, а также ряда сервисов каршеринга, принципиально изменяет имеющийся, традиционный облик транспортной отрасли.

Все эти инновации, наравне с развитием добычи сланцевых ресурсов, с все более широким применением возобновляемых источников энергии, а также деятельностью различных стартапов (например, предлагающих заправку автомобиля вне АЗС) затронули и нефтегазовый сектор.

Нужно только суметь правильно использовать эти пока неограниченные возможности. И с технической стороны нефтегазовая отрасль РФ уже вполне готова для осуществления ее масштабной цифровизации [19]: в ней накоплен значительный объем производственных данных и созданы необходимые вычислительные мощности для их обработки; стоимость внедрения инноваций постоянно снижается, а опыт их успешного практического применения расширяется.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абишев А.А., Воробьев А.Е., Тчаро Х. Перспективы цифровизации нефтяной отрасли Казахстана // Вестник АУНГ (Казахстан) N 1 (45). 2018. С. 37-46.
2. Бахтурин Г.И., Логунов А.Б., Миронов Н.А. Новые производственные технологии: взгляд экспертов научно-технической сферы // Инноватика и экспертиза. Выпуск 3 (18). 2016.
3. Беспроводные технологии в «цифровом» нефтегазовом промысле // <http://controleng.ru/besprovodny-e-tehnologii/tsifrovoe-mestorozhdenie>.
4. Воробьев А.Е., Ляшенко В.И. Автоматизированная система обработки и анализа изображений и сигналов управления горными работами // Материалы XI Международной конференции «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр», 18-21 сент. 2012 г. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2012. – Т. II. – 164 с.
5. Воробьев А.Е., Ляшенко В.И. Компьютерное моделирование и цифровая обработка анализа изображений и сигналов управления горными работами // Материалы 11-ой международной конференции: Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр. М., РУДН. 2012. С. 295-296.
6. Воробьев А.Е. Программа развития науки и инноваций в Атырауском университете нефти и газа. Lambert Academic Publishing. Mauritius. 2017. 130 с.
7. Воробьев А.Е., Тчаро Х. Цифровизация нефтяной отрасли Казахстана // Проблемы недропользования. 2018. № 1 (16). С. 66-75.
8. Воробьев А.Е., Янкевский А.В., Нуршина А.Р. Автоматизация производственных процессов на горнодобывающих предприятиях с использованием спутниковых технологий // Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр. М., РУДН. 2011. С. 262-264.
9. Гулулян А.Г. Оценка экономической эффективности использования технологий цифровых месторождений при принятии управленческих решений в нефтегазовом производстве // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук. М., 2017. 25 с.
10. Демченко С.А., Казарова А.В. Внедрение технологии цифрового месторождения как новый виток в развитии и применении информационных технологий в нефтегазовой отрасли // С. 118-122.
11. Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А. Современная НТР и смена парадигмы освоения углеводородных ресурсов // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом, №2 (24). 2016. С. 13-19.

12. Еремин Н.А., Абукова Л.А., Дмитриевский А.Н. Цифровая модернизация газового комплекса // Актуальные вопросы разработки и внедрения малолюдных (удаленных) технологий добычи и подготовки газа на месторождениях ПАО «Газпром». Доклады заседания секции «Добыча газа и газового конденсата». Научно-технического совета ПАО «Газпром». 2017. С. 9-20.
13. Жданюк А.Б., Череповицын А.Е. Оценка возможности применения интеллектуальных технологий нефтегазовыми компаниями // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием. Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли. Ч. 1. – СПб.: Изд-во Политехи, ун-та, 2017. С. 33-35.
14. Иванова Н., Онищенко И. Информационная революция в нефтяном бизнесе // Мировая экономика и международные отношения N 11. 2008. С. 52-60.
15. Индустрия 4.0: практические аспекты реализации в российских условиях // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 1 (21). – С. 75-84.
16. Левенцов В.А., Радаев А.Е., Николаевский Н.Н. Аспекты концепции «Индустрия 4.0» в части проектирования производственных процессов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. Том 10, № 1, 2017. С. 19-30.
17. Маймина Э.В. Пузыня Т.А. Особенности и тенденции развития цифровой экономики // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. С. 37-43. 2017.
18. Маколов В.А., Геращенко Ю.А. Контроль дебита нефтяных скважин: варианты и решения // International scientific conference / www.naukaip.ru. С. 225-228.
19. Нефтяная отрасль: цифровая реальность // Журнал "Стандарт". 18.12.2017 // <http://www.comnews.ru/node/110654>.
20. Рудская Е.Н., Гурьева К.Н. Интернет Вещей: новый этап коммерциализации достижений технологической революции // «Молодой учёный». № 25 (129). 2016. С. 365-371.
21. BRU21. Better Resource Utilization in the 21st century // NTNU Strategy for Oil and Gas. http://www.ipt.ntnu.no/BRU21_Report.pdf.
22. New Realities in Oil and Gas: Data Management and Analytics // White paper Cisco public, 2017.
23. Reinhard Geissbauer, Stefan Schrauf, Philipp Bertram, Farboud Cheraghi. Digital Factories 2020 Shaping the future of manufacturing // www.pwc.de, 2017.
24. www.accenture.com.

Tcharo Honore

University of Abomey-Calavi, Togo, Republic of Benin

Vorobev Aleksander Egorovich

Atyrausky university of oil and gas, Atyrau, Kazakhstan
E-mail: fogel_al@mail.ru

Vorobyev Kirill Aleksandrovich

Russian university of people's friendship, Moscow, Russia
E-mail: k.vorobyev98@mail.ru

Digitalization of the oil industry: basic approaches and rationale for "intelligent" technologies

Abstract. Most oil fields covers thousands of square kilometers, and some of them are often in difficult location conditions (heat, permafrost, desert, deep waters). Due to these conditions and a number of other problems related to security, there is a decrease in the oil recovery rate under a constant increase in oil and gas demand. Therefore, oil companies, as never before, need a digitized high-reliability infrastructure that would provide increased productivity and safety and control the numerous oil and gas devices used throughout the field.

That is why in recent years, oil companies around the world are increasingly managing their oil fields through the use of "intelligent" technologies. They have proved to be a powerful tool for ensuring the safety of oil operations and increasing labor productivity, as well as economic feasibility. The used processes and technologies provide for the improvement of all stages of the workflow by obtaining data related to advanced analytics ("Internet of Things"), which provides a more complete development of the oil field.

Ongoing experience of introducing "smart" technologies already shows efficiency and very reliable results both in relation to the oil production processes themselves, and in relation to cost reduction of each operations.

Keywords: digital industry; intellectual technologies; Internet of things; robotization; virtual reality; artificial intelligence; big data; cybersecurity; digital twins; oil fields; economics