

СОВРЕМЕННАЯ ПРАКТИКА ЦИФРОВИЗАЦИИ НЕФТЕПРОМЫСЛОВ В АО «ЭМБАМУНАЙГАЗ»



А.Е. ВОРОБЬЕВ*,
проректор по науке и инновациям,
доктор технических наук,
профессор

Атырауский университет нефти и газа, им. Сафи Утебаева
Республика Казахстан, 060027, г. Атырау, ул. Баймұханова, 45а

Представлена современная практика цифровизации нефтепромыслов Казахстана (АО «Эмбаунайгаз»). Показано, что цифровизация промышленного производства была обусловлена четвертой индустриальной революцией. Описаны условия и особенности цифровизации нефтепромысла на месторождении Уз. Дана экономическая эффективность по цифровизации нефтепромысла Уз и нефтяной промышленности Казахстана в целом.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Уз. цифровизация, нефтяная отрасль, месторождение.

МҰНАЙ КӘСІПШІЛЕРІН ЦИФРЛАНДЫРУДЫҢ ҚАЗІРГІ ЗАМАНҒЫ ПРАКТИКАСЫ АҚ «ЕМБІМҰНАЙГАЗ»

А.Е. ВОРОБЬЕВ, АМГУ-нің ғылым және инновациялар жөніндегі проректоры, техника ғылымдарының докторы, профессор

Сафи Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті,
Қазақстан Республикасы, 060027, Атырау қ. Баймұқанов көш., 45а

Қазақстанның («Ембімұнайгаз»АҚ) Мұнай кәсіпшілерін цифрландырудың қазіргі заманғы тәжірибесі ұсынылған. Өнеркәсіптік өндірісті цифрландыру төртінші индустриялық революциямен шартталған. Уз кен орнындағы мұнай кәсіпшілігін цифрландырудың шарттары

*Автор для переписки. E-mail: fogel_al@mail.ru

мен ерекшеліктері сипатталған. Жалпы Қазақстанның мұнай өнеркәсібі мен Уаз мұнай кәсіпшілігін цифрландыру бойынша экономикалық тиімділік берілді.

НЕГІЗГІ СӨЗДЕР: Уаз, цифрландыру, мұнай саласы, кен орны.

THE CURRENT PRACTICE OF DIGITIZATION OF THE OIL FIELDS IN JSC «EMBAMUNAIGAS»

A.Y. VOROBIEV, Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-Principal Science and Innovation

Atyrau Oil and Gas University named Safi Utebaev
45A, M. Baimukhanov street, Atyrau city, 060027, Republic of Kazakhstan

Modern practice of digitalization of oil fields of Kazakhstan (JSC Embamunaygaz) is presented. It is shown that digitalization of industrial production was caused by the fourth industrial revolution. Conditions and features of digitalization of an oil field on the field Uaz are described. The cost efficiency on digitalization of an oil field Uaz and oil industry of Kazakhstan in general is given.

KEY WORDS: digitalization, oil industry, field Uaz.

С 2011 года в профессиональный оборот был введен термин «четвертая индустриальная («цифровая») революция», под которой понимается повсеместный переход от аналоговых технологий к «цифровым» (обязанный коренным изменениям, связанным с распространением во всех сферах деятельности информационно-коммуникационных технологий), на полностью автоматизированное «цифровое» производство, управляемое «интеллектуальными» системами в режиме реального времени, находящимся в постоянном взаимодействии с внешней средой, выходящее за границы одного предприятия, с реальной перспективой объединения промышленных предприятий в существующую глобальную промышленную сеть производства, вещей и услуг.

В соответствии с этим мейнстримом в настоящее время на дальнейшее развитие нефтяной отрасли способны оказать существенное влияние ряд следующих драйверов [1–4]:

- самоуправляемые роботы;
- аддитивное производство;
- дополненная реальность;
- когнитивные технологии;
- компьютерная имитация оборудования, материалов и технологий;
- горизонтальная и вертикальная системная интеграции;
- промышленный «Интернет вещей»;
- «туманные» вычисления;
- «большие данные» и аналитика;
- информационная безопасность.

Технология «цифровое» месторождение успешно и уже довольно длительное время эффективно используется крупнейшими добывающими компаниями мира (таблица 1).

Таблица 1 – Нефтяные компании, связанные с «цифровой» революцией [5]

Нефтяные компании	Сервисные компании	Организации / Власть
Statoil	GE	OG21
DetNorske (AkerBP)	FMC	NOROG
Petoro	Kværner	OD
TOTAL	CGG	PTIL
Lundin	DNV-GL	OED
ConocoPhillips	Technip	
Shell	IKM	
ExxonMobil	Halliburton	
Centrica	Schlumberger	
BP (AkerBP)	Teekay	
ENI	Odfjell Drilling	
Maersk Oil	Siemens	
VNG	Reinertsen	
ENGIE	Aker Solutions	
Hess	BakerHughes	
Wintershall		
DEA Group		
Repsol		
OMV		
OKEA		
Petrobras		

Министерство энергетики Казахстана в своих стратегических планах также запланировало разработку специальных национальных стандартов для тиражирования таких важных и инновационных технологических решений, как цифровое (интеллектуальное) месторождение, цифровая электростанция, а также концепция Smart Grid. Для реализации этих приоритетных планов в государственную программу «Цифровой Казахстан» министерством энергетики РК были включены восемь специальных мероприятий, из них три проекта являются «проектами-ледоколами». Кроме того, в рабочем процессе находятся еще семь проектов, не вошедших в периметр заявленной программы, но также обладающих определенной важностью и ценностью для нефтяной отрасли.

Так, в рамках программы трансформации Фонда АО «Самрук-Казына» (старт которой был дан Президентом РК в октябре 2014 г.), направленной на кардинальное преобразование, совершенствование и внедрение передовых инновационных производственных практик и технологий управления промышленным производством, компания АО «НК «КазМунайГаз» приняла решение внедрить на своих дочерних подразделениях технологию «цифрового месторождения / цифрового нефтепромысла» [6].

Дочернее предприятие АО «Эмбаунайгаз» в 2017 г. выполнило поставленный для этой компании план по добыче, преодолев планку в 2,84 млн тонн нефти. Однако в настоящее время первоочередной насущной проблемой для этой компании является имеющееся значительное истощение ранее разведанных и длительное время разрабатываемых нефтяных запасов [6]. Так, из 43 месторождений нефти, состоящих на балансе этой компании, девять нефтяных месторождений (в связи со значительной выработанностью и запасов) находятся в консервации, а большая часть остальных месторождений работает с высокой степенью обводненности извлекаемой продукции.

Необходимо отметить, что именно развитие технологий удаленного управления «интеллектуальными» скважинами [9], с одной стороны, и экономическая целесообразность автоматического их выведения на интегральный по разрабатываемому нефтяному месторождению оптимальный режим (что естественно невозможно осуществить без постоянного использования математического моделирования с привлечением обширных данных геологии, и всей предшествующей истории разработки объекта), привело к появлению идеологии «цифрового месторождение / цифровой нефтепромысел» [1].

«Цифровой» нефтепромысел – это термин подразумевающий эволюцию и объединение нескольких инновационных технологий разведки, добычи и транспортировки нефти (включая специальное программное обеспечение, содержащее набор приложений, которые позволяют описывать поведение месторождения на компьютере с визуализацией этого процесса), а также цифрового управления скважинами, группой скважин и нефтепромыслом в целом, обеспечиваемое имеющимися коммуникационными технологиями.

Таким образом, «цифровой» нефтепромысел представляет собой инновационную технологию, которая обладает возможностью передавать всю получаемую специальную информацию с кустовой площадки на пункт управления в реальном времени [7]. Она включает в себя оптимальный максимум измерений различных технико-технологических параметров и жесткий контроль, которые позволяют должным образом оптимизировать работу всех нефтепромысловых объектов: скважин, коллекторов, накопителей, нефтепроводов и других наземных объектов, а также получение необходимых данных для последующего формирования специальных математических моделей. Впоследствии, на основе этих разрозненных моделей, разрабатывают обобщающую оптимальную конфигурацию интегрированной системы добычи нефти на нефтепромысле в целом.

Реализация технологии «цифрового» нефтепромысла в первую очередь означает весьма широкое применение информационных технологий, используемых с целью содействия разведке месторождений и добыче нефти. В ее основе лежит 100% автоматизация (рисунки 1) всех технологических процессов (за счет внедрения передовых IT-решений), а также реорганизация сопутствующих бизнес-процессов.

Все ранее разрозненные участки нефтепромысла далее целенаправленно консолидируются в общую систему автоматического контроля и управления – «цифровой» нефтепромысел [8].



Рисунок 1 – Основные объекты автоматизации нефтепромысла [9]

Основные элементы «оцифровки» на нефтепромысле:

- скважины;
- системы (нефтяные и нагнетательные) сбора и транспортировки, первично оборудованные датчиками контроля и управления имеющимися процессами;
 - узлы учета, оборудованные датчиками контроля;
 - площадные объекты подготовки нефти и воды, оборудованные приборами контроля и управления процессами;
 - центр сбора и обработки технико-технологической информации с последующей выдачей управляющих команд, основанных на интегрированной математической модели.

Поэтому технология «цифрового» нефтепромысла предполагает установку (рисунок 2) на всех узлах добычи, сбора, первичной переработки и транспортировки нефти регистрирующего оборудования (специальных датчиков), которое будет снимать значения технологических параметров и передавать их в онлайн-режиме в диспетчерскую АО «Эмбаунайгаз», где оператор сможет оперативно принять наиболее оптимальное технологическое решение [6].

Параллельно вся собранная на нефтепромыслах технико-технологическая информация поступает в Центр визуализации производственных процессов АО «Эмбаунайгаз», где она также анализируется специалистами, и на основе проделанного ими анализа осуществляется долгосрочное планирование технологических режимов отбора нефти по отдельной скважине или нефтепромыслу в целом.

- Перечень контролируемых при этом параметров нефтепромысла включает [9]:
 - в резервуарных парках – мониторинг уровня нефти, а также сигнализация о предельных значениях давления, температуры и загазованности;

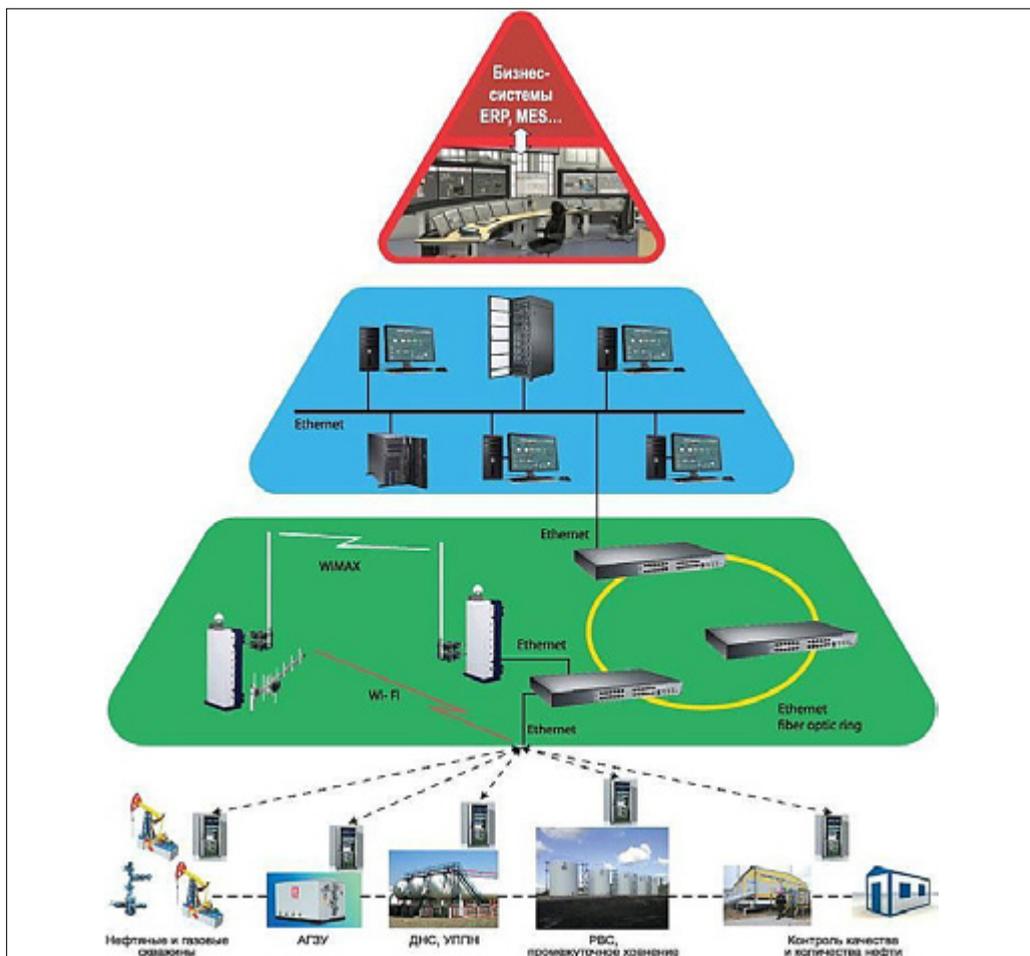


Рисунок 2 – Схема аппаратного обеспечения «цифрового» нефтепромысла [8]

- в АГЗУ – мониторинг производительности добычной скважины, а также параметров обводненности добываемой нефти и пожарной сигнализации;
- в насосных станциях – контроль состояния работы насосов (возможный перегрев, вибромониторинг) и аварийных блокировок;
- в печах подогрева нефти – мониторинг уровня величины температуры печи, состояния газовых клапанов, контроль наличия пламени;
- в нагнетательных скважинах – мониторинг давления и производительности;
- в станциях управления штанговыми глубинными насосами – динамометрирование, а также управление частотным преобразователем, мониторинг давления и учет электрических параметров работы двигателей и насосов.

Так, компания Well Aware, Welder Exploration & Production, Inc. разработала особое приложение, облегчающее мониторинг уровней нефти и воды с помощью датчиков, установленных в сборных резервуарах. Крепление датчиков на разных технологических узлах позволяет осуществлять такой мониторинг дистанционно.

При использовании этой технологии рост объемов добычи нефти обеспечивается за счет оптимизации действующего технологического режима. При этом одновременно происходит и оптимизация работы технологического оборудования. Это, а также централизованное управление и дистанционный мониторинг нефтепромысла, в общей совокупности обеспечивают определенное снижение капитальных и эксплуатационных затрат. При этом повышается технологическая безопасность и, одновременно, уменьшаются возможные производственные риски.

В результате использования собранных на нефтепромысле технико-технологических данных в режиме реального времени нефтяные «цифровые» компании могут достичь следующих целей [9]:

- расширение сырьевой базы предприятия;
- увеличение объемов и показателей извлечения добычи нефти;
- уменьшение числа всех типов аварийных инцидентов (включая выбросы и утечки);
- повышение производительности предприятий и безопасности персонала;
- совершенствование операционной деятельности в области добычи, транспортировки и переработки нефти на различных буровых и нефтеперерабатывающих предприятиях (как в стационарных, так и полевых условиях).

Возникающий при этом сценарий существенно отличается от всех предыдущих значительным снижением себестоимости получаемой продукции, т. к. «цифровые» технологии позволяют оптимизировать большинство бизнес-показателей, что увеличивает способность предприятия конкурировать на более низких ценовых уровнях [9].

Так, использование беспроводных решений при освоении нефтегазовых месторождений в среднем обеспечивает 50% экономии финансовых затрат и до 80% времени при практическом внедрении технологических решений [10]. В частности, на сланцевом месторождении Игл-Форт, путем расширения коммуникативной корпоративной сети с помощью беспроводных технологий, удалось снизить текущие затраты на 60% [11]. Здесь новая сеть обеспечивает не только передачу собранных автоматизированной системой управления технологическим процессом (Supervisory Control And Data Acquisition, SCADA) данных, но также реализует голосовую связь через Интернет-протоколы.

Еще более сложные коммуникативные корпоративные сети были установлены фирмой Honeywell для нефтеперерабатывающей компании Saudi Aramco Mobil Refining Company (SAMREF) в Янбу (Саудовская Аравия) [11].

Здесь Honeywell установила корпоративную беспроводную сеть, которая обрабатывает трафик для мониторинга технологического процесса нефтедобычи и одновременно осуществляет видеонаблюдение всего объекта.

Эта система опирается на беспроводные точки доступа, оснащенные тремя типами средств радиосвязи [11]:

- с традиционными радиопередатчиками;
- с устройствами Wi-Fi;
- в виде высокоскоростных коммуникаций, с целью передачи внутриобъектовых потоков данных.

Так, кроме доступа к оперативной информации, данная коммуникативная корпоративная сеть позволяет SAMREF соблюдать необходимые правила безопасности и осуществлять охрану объектов путем предоставления в режиме реального времени видео с камер, расположенных вокруг территории нефтепромысла, а также установленных на верхней части автомобиля, который руководитель аварийно-спасательных работ использует для патрулирования территории объекта [11]. И персонал диспетчерской, и руководитель аварийно-спасательных работ имеют круглосуточный доступ к видеоканалам. Когда происходят нарушения безопасности или охраняемого периметра объекта, руководитель аварийно-спасательных работ, чтобы уменьшить время реакции на соответствующее событие, использует данные видеонаблюдения.

Важным элементом цифровизации нефтепромысла служит его визуализация, представляющая формат наглядного представления информации о текущем состоянии объекта путем интеграции различных наборов данных в «цифровой» нефтепромысел. Визуализация в наглядной форме отображает основные инженерные процессы, а также различные показатели (техничко-технологические, промышленные, экономические и т. д.).

В результате данные визуализации могут быть представлены инженерам, операторам, менеджерам по контролю и управлению процессом разработки месторождения на любом уровне компании или другим пользователям корпоративной системы в наглядной форме [12].

По предварительным прогнозам, благодаря проекту «Цифровое месторождение», дополнительная добыча нефти на нефтяном месторождении Уз (НГДУ «Кайнармунайгаз» в Кызылкогинском районе РК) составит около 3% [6], продолжительность работы по восстановлению режима добычных скважин сократится на 15–20%, а более щадящий режим эксплуатации подземного оборудования позволит уменьшить количество плановых текущих ремонтов с 20 до 15 в год.

Кроме этого с начала внедрения данного технологического проекта на нефтяном месторождении Уз было оптимизировано потребление энергоресурсов: так, значение потребления электроэнергии было снижено на 35%. При этом, за счет увеличения коэффициента эксплуатации действующего фонда добычных скважин, была обеспечена дополнительная добыча 1360 т нефти и, соответственно, сокращено количество подземных ремонтов. Кроме этого был упорядочен учет объемов добываемой нефти по каждой отдельной добычной скважине. Все это позволяет окупить вкладываемые инвестиции в течение 2–3 лет с момента внедрения технологии «Цифровое месторождение».

В настоящее время концепция «Цифровое месторождение» тиражируется на других нефтяных месторождениях АО «НК«КазМунайГаз». В частности, в 2017 г. компания АО «Эмбаунайгаз» реализовала подобный проект на Прорвинской группе месторождений (Актобе, Досмухамбетовское, Прорва Западная, С. Нуржанов и др.), в 2018 году на нефтяных месторождениях Макат Восточный (НГДУ «Доссормунайгаз») и Жанаталап (НГДУ «Жайыкмунайгаз»).

Инвестиции на внедрение проекта «Цифровое месторождение» на 17 нефтяных месторождениях АО «НК «КазМунайГаз» до 2022 г. составят порядка 25 млрд тенге, а получаемый экономический эффект оценивается в 56 млрд тенге.

Кроме цифровизации нефтепромысла, весьма важна его интеллектуализация. Термин «интеллектуальный» нефтепромысел базируется на понятии «интеллектуального» управления объектом, которое основывается на способах целенаправленного управления, использующих различные подходы искусственного интеллекта, а именно, генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети, машинное обучение, эволюционные вычисления и т. д. [13].

Целью интеллектуализации технологических и производственных процессов нефтедобычи является наиболее полное использование всех потенциальных возможностей, заложенных в применяемой технологии и управлении нефтепромыслом, прежде всего [14], в:

- наиболее полном извлечении нефти из продуктивных пластов (с предварительно установленными для них технико-экономическими показателями);
- повышении производительности нефтепромыслового оборудования;
- оптимизации численности обслуживающего персонала;
- сокращении потерь всех видов ресурсов;
- улучшении качества подготовки нефти, газа и воды, позволяющее получить существенный экономический эффект (по сравнению с базовыми вариантами автоматизированного технологического комплекса или неавтоматизированным производством).

Если для нефтепромыслов компании АО «Эмбаунайгаз» интеллектуальные системы находятся еще в стадии разработки, то в мире под влиянием этой концепции к настоящему времени интеллектуальные производства уже созданы и функционируют на многих объектах:

- нефтяное месторождение «Agbami» (Нигерия), получена возможность снизить капитальные вложения в строительство нефтепроводов и систем сбора нефти на \$50 млн;
- газовое месторождение «Tommy Lakes» (Канада), здесь увеличена прибыль на \$5 млн и уменьшено (с 11 до 4) число скважин, запланированных для бурения;
- нефтяное месторождение «Snorre B» (Норвегия), здесь увеличена добыча на 8%;
- другие нефтяные месторождения, где была повышена эффективность и качество диагностики параметров эксплуатируемых скважин, что привело к снижению на 7% производственных затрат и на 25% – капитальных расходов (по оценке компании Schlumberger);
- другие нефтяные промыслы, где снижены операционные расходы на 2–8% (по оценкам специалистов компании Chevron).

В Казахстане разрабатывают общую для нефтяной отрасли информационную систему учета добываемой нефти. Реализация этого проекта (стоимость порядка 3 млрд тенге) позволит осуществлять объективный учет добываемой нефти, начиная от добычной скважины и до конечного потребителя. Экономический эффект этого проекта составит до 23 млрд тенге.

Проект информационной системы учета нефти по отрасли в целом также является проектом-«ледоколом». Это будет полная цифровизация и автоматизация сбора, обработки, хранения и использования производственной информации обо

всех объемах добычи нефти и ее подготовки в товарный вид, а также переработки в автомобильное топливо и продажи. В частности, в соответствии с этой программой на постоянной основе осуществляется анализ и мониторинг передаваемых данных с КПУ по следующим параметрам: объем, температура, плотность, уровень и масса отдельных видов нефтепродуктов.

Этот проект уже продемонстрировал свою высокую эффективность автоматизации процесса получения и передачи производственных данных, обеспечения их должной прозрачности, а также генерирования отчетов в ИС КГД МФ РК. Таким образом, такая республиканская информационная система для нефтяной отрасли в целом позволяет в режиме реального времени получать все необходимые данные с каждого отдельного узла данного операционного процесса.

Ранее учет нефтепродуктов велся путем ручного замера, что зачастую влекло за собой отсутствие необходимой прозрачности в деятельности налогоплательщиков – юридических лиц и некоторую необъективность в объеме поставляемых нефтепродуктов на АЗС.

Поэтому рассматриваемая республиканская информационная система будет направлена на борьбу с теневым оборотом нефти и повысит в связи с этим собираемость налогов.

Для реализации этих планов компания АО «Национальные информационные технологии» разработала и представила проект «E-sara» – информационную систему учета нефтепродуктов по их отдельным видам. К этой системе уже подключены три крупных нефтеперерабатывающих завода, 17 нефтеперерабатывающих заводов малой мощности, 1784 автозаправочных станции – всего 320 юридических лиц.

В целях предотвращения возможных поломок автомобилей по причине заправкой некачественным топливом, а также для уменьшения влияния на окружающую среду и пресечения возможных спекуляций при реализации нефтепродуктов, в рамках развития СУНП АО «НИТ» планируется создание социально-значимого инструмента, который обеспечит население точной и объективной информацией по октановому числу топлива, реализуемого АЗС.

Возвращаясь к АО «Эмбамунайгаз», отметим: в 2018 г. была разработана Программа внедрения проекта «Интеллектуальное месторождение» на добывающих активах Общества, в рамках которой в период 2017–2023 гг. запланировано тиражировать концепцию на следующих месторождениях компании: в 2017 г. – на четырех месторождениях Прорвинской группы: С. Нуржанов; Прорва Западная, Досмухамбетовское и Актобе (НГДУ «Жылыоймунайгаз»), в 2018 г. – на двух месторождениях: Жанаталап (НГДУ «Жайыкмунайгаз») и Макат Восточный (НГДУ «Доссормунайгаз»), в 2019–2020 гг. – на месторождении Молдабек Восточный (НГДУ «Кайнармунайгаз»), в 2021 г. – на месторождении Камышитовое Юго-Западное (НГДУ «Жайыкмунайгаз»), в 2022–2023 гг. – на двух месторождениях Камышитовое Юго-Восточное и Забурунье (НГДУ «Жайыкмунайгаз») [15].

Предполагается, что общий экономический эффект от цифровизации топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан оценивается в размере 143 млрд тенге. 🌐

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Воробьев А.Е., Абишев А.А. Технология «умных скважин» // Вестник АИНГ. – 2016. – № 3. – С. 3–11. [Vorobiev A. E., Abishev A. A. Technology of «smart wells» // Bulletin of the AIS. – 2016. – № 3. – P. 3–11.]
- 2 Воробьев А.Е., Воробьев К.А., Тчаро Х. Цифровизация нефтяной промышленности. М.: – Спутник, 2018. – 327 с. [Vorobiev A. E., Vorob'ev K. A., H. Tcharo the Digitalization of the petroleum industry. M.: – A Satellite, In 2018. – 327 c.]
- 3 Воробьев А.Е., Тчаро Х. Цифровизация нефтяной отрасли Казахстана // Проблемы недропользования. – 2018. – № 1. – С. 66–75. [Vorobiev A. E., H. Tcharo Digitalization of the oil industry of Kazakhstan // Problems of subsoil use. – 2018. – № 1. – P. 66–75.]
- 4 Воробьев А.Е., Тчаро Х., Воробьев К.А. Цифровизация нефтяной промышленности: «интеллектуальный» нефтепромысел // Вестник Евразийской науки. – 2018. – № 3. – Т. 10. Идентификационный номер статьи в журнале: 77NZVN318. [Vorobiev A. E., Tcharo H., Vorobiev K. A. the Digitalization of the petroleum industry: a «smart» oilfield // Bulletin of the Eurasian science. – 2018. – № 3. – Vol. 10. Identification number of the article in the journal: 77NZVN318.]
- 5 Better Resource Utilization in the 21st century // NTNU Strategy for Oil and Gas. – http://www.ipt.ntnu.no/BRU21_Report.pdf.
- 6 КМГ внедряет технологию интеллектуальных месторождений // <https://profit.kz/news/27959/KMG-vnedryaet-tehnologiu-intellektualnih-mestorozhdenij>. [KMG is implementing smart fields // <https://profit.kz/news/27959/KMG-vnedryaet-tehnologiu-intellektualnih-mestorozhdenij>.]
- 7 «Умные» скважины (Smart wells) // <http://heriot-watt.ru/t1800.html>.
- 8 Применение средств интеллектуальной автоматизации в технологических операциях по добыче нефти и газа. Модель интеллектуального месторождения // Автоматизация и ИТ в нефтегазовой области. – 2015. – № 2. – С. 25. [The Use of intelligent automation in technological operations for oil and gas production. Intellectual field model // Automation and IT in the oil and gas field. – 2015. – № 2. – С. 25.]
- 9 Умное месторождение // <http://1c-atorya.dugoba.ru/smart-field>.
- 10 Кочнев А.А. Концепция «интеллектуального» месторождения // MASTER`S JOURNAL. – 2015. – № 2. – С. 165–171. [Kochnev A. A. Concept of «intellectual» field // master`S JOURNAL. – 2015. – № 2. – P. 165–171.]
- 11 Беспроводные технологии в «цифровом» нефтегазовом промысле // <http://controleng.ru/besprovodny-e-tehnologii/tsifrovoe-mestorozhdenie>. [Wireless technologies in the «digital» oil and gas field // <http://controleng.ru/besprovodny-e-tehnologii/tsifrovoe-mestorozhdenie>]
- 12 Petroleum Experts. Цифровое Месторождение. Управление разработки в режиме реального времени // <http://itps.com/uploads/files/Petex%20DOF%20Brochure%20RUS.pdf>. [Petroleum Experts. Digital Field. Management development in real time // <http://itps.com/uploads/files/Petex%20DOF%20Brochure%20RUS.pdf>.]
- 13 Демарчук В.В. Перспективы и направления реализации проектов «интеллектуальных» месторождений нефти и газа // Молодой ученый. – 2014. – № 19. – С. 284–289. [Demarchuk V. Perspectives for the implementation of «intelligent» oil and gas fields // the Young scientist. – 2014. – № 19. – P. 284–289.]
- 14 Автоматизация объектов нефтегазодобычи // <http://www.interface.ru/fset.asp?Url=/mrp3/st011.htm>. [Automation of oil and gas production facilities // <http://www.interface.ru/fset.asp?Url=/mrp3/st011.htm>.]
- 15 Габдуллин А.Г. Нефтяная Эмба сегодня // Нефть и Газ. – 2019. – № 3. – С. 134–139. [Gabdullin, A. G. Oil Emba today // Oil and Gas. – 2019. – № 3. – P. 134–139.]