HEDTEIA3

- ЕЖЕМЕСЯЧНОЕ-ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИЗДАНИЕ. СОВМЕСТНЫЙ ПРОЕКТ НАЦИОНАЛЬНОГО НЕФТЕГАЗОВОГО ФОРУМА И ВЫСТАВКИ «НЕФТЕГАЗ»



РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ: ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, РОБОТИЗАЦИЯ, КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ И ОПЕРАЦИОННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ



Уважаемые коллеги!

От имени Министерства энергетики Российской Федерации приветствую вас на международной выставке «Нефтегаз-2019», которая уже пятый год подряд проводится совместно с Национальным нефтегазовым форумом.

Объединение выставки и форума привело к созданию крупнейшей отраслевой демонстрационно-коммуникационной площадки. По отзывам участников, такой формат делового общения является наиболее эффективным.

Выставка «Нефтегаз», проводимая в 19-й раз, давно зарекомендовала себя как масштабное и авторитетное международное мероприятие, знакомящее с передовым оборудованием и инновационными технологиями для нефтегазового комплекса. Это, безусловно, заметное и значимое событие для представителей нефтегазовой индустрии и смежных отраслей.

В рамках деловой программы Национального нефтегазового форума ежегодно проводятся мероприятия, фокусирующие внимание на актуальнейших вопросах технологического и инновационного развития топливно-энергетического комплекса страны.

Уверен, что ведущие игроки рынка, авторитетные эксперты, участники выставки «Нефтегаз-2019» и Национального нефтегазового форума выскажут важные рекомендации, которые будут иметь практическое значение. Безусловно, проведение очередного совместного мероприятия будет способствовать дальнейшей консолидации нефтегазового сообщества.

Желаю плодотворного общения и успешной результативной работы!

Ku

П.Ю. Сорокин



РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ: ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, РОБОТИЗАЦИЯ, КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ И ОПЕРАЦИОННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Мир находится на том этапе развития, когда технологии за кратчайшие сроки кардинально меняют привычный уклад жизни человека и ход событий в различных отраслях экономики и промышленности. Четвертая промышленная революция стремительно набирает обороты, в том числе за счет цифровых технологий, роботизации производственных процессов, активного внедрения киберсистем, развития интернета вещей. В списке стран с развитой цифровой экономикой лидируют США, Сингапур, Южная Корея и Германия. В России революция еще не произошла, мы только стоим на пороге этих масштабных трансформаций. Однако за пять лет объем произведенных цифровых продуктов в России вырос в пять раз, до 4,35 трлн рублей. Дальнейшая цифровизация отечественной экономики сможет увеличить ВВП страны с 4,1 до 8,9 трлн рублей к 2025 году.

такие традиционные и консервативные отрасли, как нефтегазовая, могут не сразу принять все необходимые изменения. Однако все эти новые технологии чрезвычайно важны для дальнейшего развития сектора ТЭК и выхода его на новый уровень. По мнению специалистов, только они позволят обеспечить снижение производственных издержек и аварийности, повысить эффективность геологоразведки, капиталовложений в добычные проекты, повышение нефтеотдачи.

на фоне ухудшения структуры запасов углеводородов и сокращения количества новых открытых месторождений в России поддержание нынешнего уровня добычи и повышение производительности зрелых месторождений связаны именно с внедрением информационных технологий, автоматизацией процессов, интеллектуальным управлением, анализом и учетом. Высокие темпы добычи приводят к тому, что в недрах России с каждым годом остается все меньше «легкой» нефти. Поэтому на данный момент российские нефтегазовые компании уже обратились к трудноизвлекаемым

запасам, к необходимости их подробным образом изучать и разрабатывать. С ними связано будущее российского нефтяного сектора. ТРИЗ — это запасы, заключенные в геологических пластах, разработка которых затруднена, невозможна или нерентабельна с помощью существующих технологий. Уже на первых этапах освоения ТРИЗ у нефтяных гигантов было понимание необходимости внедрения новых методов, технологий и логистических решений для добычи этой нефти.

отически это означает автоматизацию всех процессов в ходе разработка месторождений. Фактически это означает автоматизацию всех процессов в ходе разработки и эксплуатации месторождений. Глубокая автоматизация системы принятия решений — подбор геолого-технических мероприятий на скважинах, решений по оптимизации системы заводнения, замена решений вопросов специалистами вручную на использование мощной автоматизации, которая осуществляется с помощью современных статистических инструментов (алгоритмов машинного обучения). Как считают эксперты, средний коэффициент извлечения нефти (КИН), который сейчас находится на уровне примерно 30%, может быть увеличен до 50–60% за счет уже имеющихся только отечественных, но не широко распространенных технологий. Например, благодаря роботизированной разработке месторождений рост добычи на зрелых месторождениях может составить до 70%. Используя эту технологию, компании не будут тратить бюджет на дополнительные геологоразведочные работы.

опластов достаточно полная, то в межскважинном пространстве достоверной информации о фильтрационно-емкостных характеристиках пластов, распределении насыщенностей и давлений практически нет. В результате оценить реальный потенциал добычи из пластов сложно. Для того, чтобы снизить эти неопределенности, используются методы интеллектуального анализа данных. Применяя методы искусственного интеллекта для решения этой задачи, можно с незначительными затратами и рисками сократить стоимость строительства скважин с сохранением или увеличением добычи.

технология Smart Field позволяет управлять процессом добычи таким образом, чтобы, с одной стороны, увеличить производство нефти или газа, а с другой — оптимизировать затраты на потребляемые энергоресурсы. Кроме того, благодаря интеллектуальным системам можно управлять нефтяным пластом и контролировать процесс добычи, обеспечивая как можно более долгую жизнь месторождения. Несомненно, должна остаться в прошлом практика, когда ради выполнения плана по добыче компании идут на любые меры, даже на те, которые наносят непоправимый урон месторождению. По мнению экспертов из компании SAP, переход к цифровому месторождению позволит нефтекомпаниям найти баланс, когда фактические показатели добычи и мероприятий на месторождении максимально близки к плановым, а издержки минимальны.

роме увеличения операционной эффективности, по оценкам экспертов, технологии умных скважин и цифровых месторождений позволят снизить себестоимость эксплуатации месторождений примерно на 20%. Внедряя инструменты цифровизации, российские компании смогут создать условия для получения дополнительной прибыли, объединяя виртуальную реальность и материальный мир благодаря глубоким знаниям в области энергетики и владению соответствующими технологиями.

азвитие квантовых технологий идет неразрывно с современными трендами, такими как интернет вещей, искусственный интеллект, big data. Предсказанный законом Мура экспоненциальный рост вычислительных мощностей позволит производить расчеты из миллиарда значений за секунды. Особенность российской квантовой сети — применение одновременно двух методов шифрования данных, что позволяет внедрять ее в уже существующие каналы коммуникаций. Квантовая сеть в настоящий момент является самым безопасным способом передачи данных. В ее основе лежит принцип квантового распределения ключей. Ключ генерируется и передается посредством фотонов, приведенных в квантовое состояние. Скопировать данный ключ нельзя. При попытке взлома фотоны, согласно законам квантовой физики, меняют свое состояние, внося ошибки в передаваемые данные. Уровень ошибок, выходящий за допустимые пределы, свидетельствует о попытке взлома. В таком случае подбирается и отправляется новый ключ — до тех пор, пока при передаче не будет достигнут допустимый уровень ошибок.

русловиях создания новой цифровой экономики за счет полной прозрачности систем и процессов будет обеспечена максимальная безопасность действий. Однако нельзя забывать об основах кибербезопасности, так как цифровые технологии также подвержены значительным рискам, а в некоторой степени даже большим, чем аналоговые. Целью преступников будущего, которые вынуждены будут почти полностью переориентироваться на хакерские технологии, станут цифровые системы, в том числе в нефтегазовой отрасли.

о мнению экспертов из «Лаборатории Касперского», ПО может быть заражено с помощью целевых кибератак, которые ориентируются на взлом конкретной цели с использованием программных уязвимостей. Как отмечают в «Лаборатории Касперского», в 2017 году хакеры уже организовали несколько подобных атак — например, компания FireEye сообщила об атаке, кото-

рая вызывала сбой в работе системы противоаварийной защиты предприятия. Этот инцидент не привел к серьезным последствиям, но он продемонстрировал способность киберпреступников нанести физический ущерб и прервать выполнение критически важных технологических процессов предприятия. Для совершения атаки было использовано новое вредоносное ПО TRITON, созданное специально для нарушения работы системы противоаварийной защиты Triconex Safety Instrumented System (SIS) от Schneider Electric. Подобные системы широко распространены в нефтегазовой отрасли и ядерной энергетике и используются для мониторинга потенциально опасных условий и предотвращения аварий.

ругой распространенной причиной аварий на нефтегазовых предприятиях является человеческий фактор. Нарушить стабильность функционирования производственной сети сегодня могут не только целевые кибератаки, но и отказ технологических узлов или ошибка оператора, а также сбои в ПО или случайное заражение рабочих станций вредоносными программами. По данным Kaspersky Lab ICS CERT, в первом полугодии 2018 года в России почти 45% компьютеров АСУ были атакованы вредоносными программами.

роблема кибербезопасности в России стоит особенно остро во многом из-за слабой нормативно-правовой базы. Синхронизация обновлений в законодательстве с развитием технологий сегодня, конечно, слабо налажена, просто потому что темпы непривычны для нашей российской системы: новые технологии и гаджеты появляются чуть ли не каждый день. Доктрина информационной безопасности РФ была создана 18 лет назад — очевидно, что она устарела и требует серьезной доработки. Фактически в Стратегии национальной безопасности страны до 2020 года повестке кибербезопасности даже не нашлось места. Не урегулированы и нормативно не закреплены проблемы оперативной реакции на инциденты в информационных сетях, использование интернета в криминальных целях, проблемы внутренней безопасности предприятий и организаций, которые связаны с утечками информации, и так далее..

тем не менее не так давно председатель Государственной думы Вячеслав Володин сообщил, что Госдума займется проработкой законов, регулирующих отношения между человеком и роботом. Россия планирует стать одной из первых стран, которая примет законы из области робототехники.

Среди столпов цифровой экономики обязательно должны присутствовать нормативное регулирование, инфраструктура, кибербезопасность. Немаловажно образование, то есть подготовка профессионалов для цифровой экономики, и формирование партнерств для создания сквозных технологических платформ.

еобходимо помнить, что цифровизация и переход на современные методы управления дают большие преимущества, в том числе и для топ-менеджмента, который получает абсолютно объективную и прозрачную информацию о состоянии процессов в компании. Совсем скоро можно будет на смартфоне отследить, в каком состоянии находится актив, и принять решение по его дальнейшей работе.

ля максимально эффективного управления всеми процессами в нефтегазовой отрасли важно обеспечить контролируемость, прозрачность всех процессов. Интеллектуальные технологии позволяют решить эту задачу, поставляя в режиме реального времени огромный объем данных. Анализ данных дает возможность принимать оперативные и точные управленческие решения, обеспечивать эффективное планирование геолого-технических мероприятий и ремонтно-профилактического обслуживания оборудования. Управление большим количеством скважин может быть организовано централизованно и дистанционно.

о данным группы компаний «Ростелеком», основные технологические тренды в ближайшем будущем в ТЭК это Smart Grid (умные сети электроснабжения), интернет вещей, роботизация, энергоэффективность, использование 3D-Printing на производстве, использование беспилотных летательных аппаратов для мониторинга и контроля за состоянием ЛЭП и трубопроводов. Используя новые технологии и комплексный подход, можно существенно снизить человеческий фактор при работе с месторождением и другими активами нефтегазовой отрасли. Российские компании уже начали понемногу внедрять данные технологии, и наличие отдельных успешных проектов показывает, что отечественные технологии не стоят на месте. Это такие компании, как «Роснефть», «Газпром нефть», ЛУКОЙЛ, «Татнефть».

ЕҮ подход: как сделать цифровые сервисы востребованными для сотрудников?

Задачи, которые решает ЕҮ

РАЗРАБОТКА

Как разработать цифровой сервис/систему для сотрудников или клиентов, чтобы он «попадал в яблочко»: был понятен, удобен и решал их проблему?

АКТИВАЦИЯ

Как активировать существующий сервис/систему: сделать его «живым», вовлечь пользователей?

ВОВЛЕЧЕНИЕ

Как увеличить знание о цифровом сервисе/системе и его преимуществах среди сотрудников или клиентов?

Каковы результаты?

ВОСТРЕБОВАННЫЕ ЦИФРОВЫЕ СЕРВИСЫ





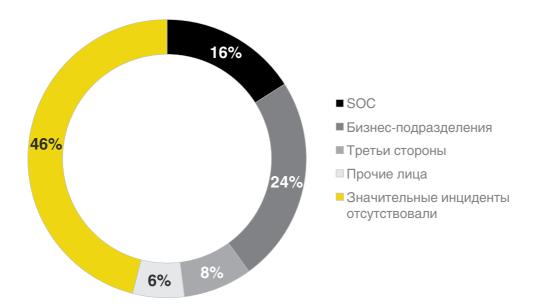
Эффективная работа сотрудников



Удовлетворенные клиенты



Результаты международного исследования ЕҮ по вопросам информационной безопасности за 2018* год указывают, что большая часть инцидентов ИБ выявляется бизнес-подразделениями





17% респондентов раскрывают информацию о всех нарушениях кибербезопасности в своих отчетах



46% респондентов не сталкивались с инцидентами кибербезопасности



76% респондентов увеличили бюджет на кибербезопасность после выявленного инцидента

*Источник: EY Global Information Security Survey 2018-2019 [www.ey.com/giss]



Индустрия 4.0: Управление рисками и обеспечение контроля при цифровой трансформации



АЛЕКСЕЙ ПЕТУХОВ Руководитель Kaspersky Industrial CyberSecurity в России



информационная защита: ПОЧЕМУ БЕЗ НЕЕ НЕ ОБОЙТИСЬ СОВРЕМЕННЫМ НЕФТЕГАЗОВЫМ ПРЕДПРИЯТИЯМ

Киберпреступники уже давно осознали «привлекательность» крупных промышленных объектов, в том числе нефтегазовых, и проводят атаки на них. С вступлением в силу федерального закона №187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» вопрос о том, нуждаются ли в информационной защите автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) отпал окончательно. Разберемся на примерах, от чего же важно защищаться предприятиям нефтегазовой отрасли.

ЦЕЛЕВЫЕ АТАКИ

К сожалению, массовые атаки прошлого года показали, что технологические сети могут быть крайне уязвимыми. Более того, ущерб от активности вредоносного ПО в технологической сети может превышать вред, наносимый этим же ПО в корпоративной сети, а «тушить пожар» в промышленной сети гораздо труднее и зачастую дороже, что не могли не взять на заметку злоумышленники. Более того, на черном рынке в последние годы существенно вырос спрос на эксплойты нулевого дня для систем АСУ ТП. Несмотря на все это, многие руководители на промышленных объектах уверены в том, что их АСУ ТП изолирована, и не предпринимают скорейших мер защиты и предотвращения вторжений, а ужесточают меры физического контроля.

Так, в 2017 году компания FireEye сообщила об атаке, которая вызывала сбой в работе системы противоаварийной защиты предприятия. Этот инцидент не привел к серьезным последствиям, при этом он продемонстрировал способность киберпреступников нанести физический ущерб и прервать выполнение критически важных технологических процессов предприятия. Для совершения атаки было использовано новое вредоносное ПО TRITON, созданное специально для нарушения работы системы противоаварийной защиты Triconex Safety Instrumented System (SIS) от Schneider Electric. Подобные системы широко распространены в нефтегазовой отрасли и ядерной энергетике и используются для мониторинга потенциально опасных условий и предотвращения аварий.

Злоумышленники получили удаленный доступ к рабочей станции Triconex SIS под управлением Windows и под видом легитимного приложения для проверки логов установили вредоносное ПО для перепрограммирования контроллеров SIS. В процессе перепрограммирования некоторые контроллеры перешли в безопасный режим, что вызвало автоматическое завершение технологического процесса.

Летом этого года была раскрыта атака, которой подверглись более 400 промышленных компаний, часть из которых относилась к нефтегазовому сектору. Злоумышленники рассылали по электронной почте письма, имеющие вид рабочей переписки на тему оплаты услуг, проведения платежей, сверки документов и других финансовых вопросов. Вредоносные вложения либо упакованы в архивы, либо вообще отсутствовали (во втором случае пользователя провоцировали перейти по ссылке на сторонний сайт и скачать зловредный объект оттуда). При этом киберпреступники обращались к каждому сотруднику по фамилии, имени и отчеству, формировали индивидуальные письма и учитывали специфику атакуемых организаций. Используемая мошенниками вредоносная программа устанавливала в системе модифицированное ПО для удаленного администрирования, и таким образом злоумышленники получали контроль над системами, причем в ходе атак они прибегают к различным техникам, позволяющим скрыть заражение. Далее киберпреступники находили и изучали документы о проводимых закупках и ПО для осуществления бухгалтерских операций. Полученная информация помогала им в совершении финансовых операций. В частности, злоумышленники подменяли реквизиты платежных поручений, по которым должна производиться оплата выставленных счетов, и средства уходили сторонним получателям.

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР

Другой распространенной причиной аварий на нефтегазовых предприятиях является человеческий фактор. Нарушить стабильность функционирования производственной сети сегодня могут не только целевые кибератаки, но и отказ технологических узлов или ошибка оператора, а также сбои в ПО или случайное заражение рабочих станций вредоносными программами.

Аварии возникают из-за ошибок операторов. Например, известен случай, когда после ремонта огромной установки оператор ошибся задвижкой и вместо инертного газа подал в систему с высокой температурой кислород. К сожалению, пожар заметили, только когда стемнело и этот объект стал светиться в темноте. Оператор нечаянно ввел неправильный параметр, а система защиты, которая могла бы предупредить об аварии или отключить объект, не была установлена.

СЛУЧАЙНЫЕ ЗАРАЖЕНИЯ ВРЕДОНОСНЫМ ПО

Описанные выше атаки довольно сложны и занимают меньше 10% от общего количества кибератак. Больше же всего промышленные предприятия атакуются обычным неспециализированным вредоносным ПО. По данным Kaspersky Lab ICS CERT, в первом полугодии 2018 в России почти 45% компьютеров АСУ были атакованы вредоносными программами.

Например, ранее, в 2017 году, серверы компании «Роснефть» подверглись мощной хакерской атаке. Вирус-вымогатель сообщал о том, что файлы на компьютере зашифрованы, требовал перевести по указанному адресу эквивалент \$300 в биткоинах и взамен обещал восстановление работоспособности. На экранах пользователей вредоносное ПО представлялось как WannaCry. Компания перешла на резервную систему управления производственными процессами, что позволило избежать серьезных последствий — добыча и подготовка нефти не были остановлены.

Основными источниками заражения компьютеров в технологической инфраструктуре организаций продолжают оставаться интернет, съемные носители и электронная почта (см. «Основные источники угроз, заблокированных на компьютерах АСУ»).

Основные источники угроз, заблокированных на компьютерах АСУ (процент атакованных компьютеров АСУ по полугодиям)



Необходимо понимать, что злоумышленники уже анализируют все имеющиеся слабые звенья в управлении технологическими процессами на нефтегазовых предприятиях, в том числе слабости персонала, возможности получить удаленный доступ. Они ищут способы использовать их в своих интересах и разрабатывают сценарии, которые уже реализуются на практике. Поэтому важной задачей предприятий является анализ и устранение слабости до того, как их опередят киберпреступники, которые могут нанести огромный, иногда фатальный, материальный или физический ущерб.



ДМИТРИЙ ПИЛИПЕНКО Заместитель генерального директора SAP CIS



ЦИФРОВОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ. ВЗГЛЯД КОМПАНИИ SAP

▲егодня нефтегазовые компании продолжают искать способы уменьшить расходы и при этом Сохранить объем добычи. Переход к цифровому месторождению позволяет найти баланс, к которому они так стремятся, где фактические показатели добычи и мероприятий на месторождении максимально близки к плановым, а издержки минимальны. Проекты с использованием передовых технологий, таких как интернет вещей, машинное обучение, искусственный интеллект, Data Science, нацелены на то, чтобы увеличить добычу, свести к минимуму издержки и трудозатраты, а также максимально сократить влияние на окружающую среду. Одна из международных консалтинговых компаний оценила сокращение себестоимости добычи на цифровом месторождении в 7-10% за счет оптимизации работ и снижения недоборов.

онцепция «цифровое месторождение» предполагает современные подходы к управлению. Например, создание мультидисциплинарных групп — объединение экспертов смежных областей в одну команду — существенно ускоряет принятие комплексных решений. А управление по исключениям сокращает трудозатраты, позволяет адресно решать задачи и работать с большим количеством скважин одному специалисту, так как он концентрируется только на тех объектах, где есть риск отклонений от нормы и проблемных ситуаций. Для этого используются системы мониторинга скважин в реальном времени.

ще один плюс умного месторождения — возможность почти в реальном времени организовать оперативную сводку производства. Руководитель может получить информацию о любой активности на месторождении с интересующей его детализацией. Например, найти скважины с внеплановыми недоборами и выяснить, почему это произошло: сменился режим работы оборудования, произошла авария или что-то еще. Для этого на всех ключевых объектах месторождения должны быть установлены датчики, данные с которых оперативно передаются в единую информационную систему. Доступ к такой системе менеджмент может получить как с рабочего компьютера, так и с планшета, например. Для поддержки принятия управленческих решений нужны хорошие каналы связи и соответствующие программные продукты. Другими словами, важна сквозная двусторонняя связь производства с лицами, которые принимают решения.

НЕФТЕГАЗ-2019

Умногих компаний есть свое видение технической реализации интеллектуального месторождения. По нашей версии, версии SAP, это экспертно-аналитическая система, которая оперативно собирает и анализирует информацию, а также дает рекомендации по оптимизации нефтегазодобывающего производства. Она включает следующие функции:

- визуализацию текущих показателей работы оборудования по объектам месторождения, в т.ч. данные АСУТП и т.д.;
- оперативный доступ к нормативно-справочной информации о подрядчиках и оборудовании;
- экспертную систему поддержки принятия решений для геологов, разработчиков, технологов и других технических специалистов;
- автоматизированное планирование всех видов мероприятий на производстве;
- интегрированное моделирование состояния актива с возможностью оперативного расчета влияния операционной деятельности на профиль добычи.

опыт международных нефтегазовых компаний по внедрению цифровых месторождений насчитывает 10–15 лет. Shell, например, анализирует работу пластов, скважин, коллекторов, трубопроводов и других наземных объектов, используя данные с датчиков систем телеметрии. Это обеспечивает компании рост добычи. В реальном времени собранные параметры сравнивают с данными моделей скважин, трубопроводов, показателями добычи и закачки, характеристиками наземных промысловых объектов. Это позволяет оперативно получить комплексную картину про-исходящего на промысле и выявить отклонения. Этот же подход применяется и на российских месторождениях Shell.

России и странах СНГ подобные проекты начали реализовывать несколько позже, но тоже вполне успешно. В SOCAR умное месторождение реализовано с помощью единой методологии и системы планирования, мобильных устройств для персонала и системы отчетности для руководителей. Специалисты по добыче каждый день формируют задания для операторов по обходу скважин. Персонал фиксирует фактический объем добычи, технологические режимы и другие параметры работы скважин на мобильных устройствах. Там же отмечают момент и условия остановки скважины. А параметры добытой нефти регистрируют лаборанты на рабочих местах. Эти данные в режиме реального времени поступают в систему планирования. При таком подходе руководство компании получает оперативную отчетность по фонду скважин и основным КРІ добычи. С переходом на интегрированное планирование время расчета баланса нефти и газа в SOCAR сократилось до двух дней.

одна из крупных российских нефтегазовых компаний в 2016 году сообщила, что в рамках пилотных проектов по умному месторождению на нескольких активах план добычи, режимов и мероприятий стал формироваться быстрее в 120 раз. Также за счет использования систем контроля и управления активом, объединенных центром интегрированных операций, более чем на 7% сократились недоборы в результате совмещения мероприятий. При этом в 90 раз меньше времени требуется на контроль исполнения плана, в 30 раз меньше — на анализ работы скважины.





ДЕНИС ОРЛОВ Старший научный сотрудник, Сколтех



СНИЖЕНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ ПРИ РАЗВЕДКЕ И РАЗРАБОТКЕ **МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА** МЕТОДАМИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

КОРОТЕЕВ ДМИТРИЙ, ОРЛОВ ДЕНИС, АНТИПОВА КСЕНИЯ, ИСМАИЛОВА ЛЕЙЛА. МЕШАЛКИН ЮРИЙ, МУРАВЛЕВА ЕКАТЕРИНА

Сектор upstream нефтегазовой отрасли является одним из наиболее рискованных с точки зрения принятия капиталоемких решений по проведению разведочных работ и выбору системы разработки того или иного месторождения. Это связано с высоким уровнем неопределенности результатов интерпретации геологической информации, что, в свою очередь, обусловлено физическими ограничениями технологий разведки. Другими словами, если в прискважинной зоне информация о структуре и особенностях углеводородных пластов достаточно полна, то в межскважинном пространстве достоверной информации о фильтрационно-емкостных характеристиках пластов, распределении насыщенностей и давлений практически нет. В результате оценить реальный потенциал добычи из пластов сложно.

ля снижения уровня неопределенностей на всех этапах разведки, разработки и добычи углеводородов перспективной, но и уже активно внедряемой, технологией является интеллектуальный анализ данных — подраздел цифровых технологий, включающий в себя совокупность методов выявления в данных знаний и закономерностей, которые неизвестны априори и нетривиальны, практически полезны и доступны для интерпретации, необходимы для принятия решений. Нефтегазодобыча — одна из отраслей, производственные процессы которых генерируют большое количество данных различного формата: векторы, временные ряды, таблицы, текст, 2D и 3D изображения.

НЕФТЕГАЗ-2019

Это позволяет рассчитывать на высокую эффективность цифровых технологий при внедрении в нефтегазовую отрасль. В настоящий момент большинство операций с данными в отрасли проводятся в ручном или полуручном режиме: одним или группой специалистов с привлечением программных продуктов для визуализации и выполнения простых математических операций. Такой подход не позволяет анализировать все доступные данные, не обеспечивает оперативность интерпретации, субъективен. Цифровые технологии, основанные на методах искусственного интеллекта, помогают преодолевать отмеченные сложности.

ефтегазовая отрасль известна своей консервативностью. Однако начиная с 2014 года на Западе и примерно с 2015 года в России у нефтяников и газовиков появляется интерес к технологиям Data Mining, Machine Learning и Big Data. Алгоритмы, использующие методы машинного обучения и анализа данных, не являются абсолютно новыми для нефтедобывающей отрасли. Так, в работе [1] описана процедура реконструкции трехмерной геологической модели из данных различной природы: результаты интерпретации геофизических исследований скважины, интерпретированные двумерные срезы сейсмических исследований, геологическая информация с поверхности. Работа [2] иллюстрирует возможности методов машинного обучения для классификации скважин в сланцевых пластах по продуктивности. В [3] описан опыт применения искусственных нейронных сетей для построения трехмерных карт пористости и проницаемости по сейсмическим атрибутам и данным каротажа. [4] описывает использование комбинации подходов анализа главных компонент и статистики Хоттелингса для создания системы мониторинга работоспособности фонда электрических центробежных насосов. Система, описанная авторами, позволяет сокращать операционные затраты на необязательное техническое обслуживание насосов и минимизировать риски незапланированных остановок скважин. В работе [5] алгоритмы машинного обучения применяются для оптимизации бурения. Авторы добились существенного ускорения разбуривания актива.

настоящий момент проблемами «цифровой трансформации» бизнеса уже занимается несколько крупных компаний. Так компания ПАО «Газпром нефть» развивает технологии машинного обучения с 2017 года и уже добилась ощутимых результатов [6]. Разработка алгоритмов машинного обучения в компании ведется в рамках реализации направления Технологической стратегии «Газпром нефти» — Электронной разработки активов (ЭРА). Это стратегия развития ІТ-проектов «Газпром нефти» в сфере разведки и добычи, которая охватывает все основные направления деятельности: геологоразведка, геология, бурение, разработка, добыча, обустройство месторождений.

2018 году активно перестраивать свои бизнес-процессы в соответствии с требованиями «цифровой» экономики начала компания ЛУКОЙЛ [7]. Эффект от внедрения цифровых технологий только на примере компании «ЛУКОЙЛ-Пермь» позволил добиться снижения эксплуатационных затрат на 10–15% и увеличения на 15% энергоэффективности работы глубинного насосного оборудования.

оманда Digital Petroleum Сколковского института науки и технологий работает над созданием практически полезных цифровых инструментов для оптимизации технологических процессов нефтегазодобычи, позволяющих решать локальные и глобальные задачи при продвижении нефтегазовой отрасли в направлении максимальной цифровизации производственных процессов. Среди основных направлений деятельности команды можно выделить (см. «Основные направления деятельности Digital Petroleum»):

- Разработку рекомендательных систем по оценке активов, позволяющих проводить оценку потенциала месторождения по широкому набору признаков в условиях высокой геологической неопределенности:
- Автоматизацию геомоделирования автоматическую увязку сейсмических изображений
 с ГИС и построение карт транспортных и емкостных свойств. Автоматизация геомоделирования позволяет проводить реконструкцию структуры месторождения при наличии неполного
 комплекса данных, проводить оценку потенциала месторождения по широкому набору признаков;
- Разработку рекомендательных систем по выбору и коррекции схемы разработки месторождения. Интерактивное управление системой разработки в реальном времени, с учетом истории добычи на основе реальных данных, — ключ к минимизации рисков при принятии капиталоемких решений в условиях геологических неопределенностей;
- Разработку рекомендательных систем по компоновке, траектории бурения и оптимальным режимам. Многокритериальная оптимизация затрат позволяет сокращать сроки и стоимости строительства скважин при сохранении или увеличении добычи;
- Разработку рекомендательных систем по геолого-технологическим мероприятия (ГТМ).
 Прогнозные модели на основе исторических данных ГТМ, базы данных по химическому воздействию и обобщающие инженерно-физические соотношения позволяют создавать системы для снижения рисков при принятии решений по организации кампаний ГТМ.

Рис. 1. Основные направления деятельности Digital Petroleum

Digital Petroleum



Рекомендательные системы по оценке активов



Автоматизация геомоделирования



Рекомендательные системы по выбору и коррекции схемы разработки месторождения



Рекомендательные системы по компоновке, траектории бурения и оптимальным режимам



Рекомендательные системы по геолого-технологическим мероприятиям (ГТМ)

азрабатываемые технологии представляют собой инструменты для поддержки принятия решений при разведке и разработке нефтегазовых месторождений. Они основаны на применении математических методов работы с данными (см. «Экосистема методов интеллектуального анализа данных»), таких как:

- Методы машинного обучения и прогнозного анализа данных;
- Гибридное моделирование технологических и физических процессов;
- Многокритериальная оптимизация;
- Методы автоматической диспетчеризации и планирования

И кроме того, используют первичные объективные данные о геологических залежах и технологических процессах, происходящих при разведке, разработке и добыче.

еологические модели — основа для гидродинамических моделей углеводородных залежей и последующего оптимального проектирования разработки залежей. Построение таких моделей — трудоемкий многоступенчатый процесс, где на каждом этапе с добавлением различных типов данных, с одной стороны, повышается общая достоверность модели залежи, с другой — вносятся неопределенности различного масштаба. Интеллектуальный анализ данных позволяет разрабатывать инструменты для автоматизации и оптимизации обработки и интерпретации первичной геологической информации: сейсмика, ГИС, ГДИС, результаты исследований керна, шлама и пластовых флюидов. А также построения data-driven петрофизических, фациальных, седоментологических моделей. При наличии достаточного объема обучающих выборок, включающих исходные геологические данные объектов разработки и результаты их обобщения в виде кубов пористости, проницаемости, литотипов и фаций, возможно создавать data-driven геологические модели на базе рекуррентных нейронных сетей последнего поколения. Такие «интеллектуальные» инструменты могут использоваться как независимо, так и комплексно, когда результаты работы одних инструментов являются входными данными для других.

Рис. 2. Экосистема методов интеллектуального анализа данных



14

ашей командой уже разработана система, позволяющая проводить «умный» препроцессинг данных для анализа результатов керновых исследований [8]. Для большинства нефтяных компаний база исследований керна кернового разреза в целом представляет собой набор таблиц или картинок с основными типами исследований: фильтрационно-емкостные свойства, потоковые исследования, эксперименты ОФП, фотографии и описание шлифов, рентгенографические исследования, литологические исследования, гранулометрические характеристики. Применение алгоритмов «умного» препроцессора позволяет не только формировать единый массив данных всех исследований керна, но и создавать статистику для заданных месторождений, скважин, пластов. Алгоритм дает возможность определять наиболее изученные участки месторождения, искать аналоги, прогнозировать продуктивность и выдавать рекомендации для дополнительных лабораторных исследований. Благодаря минимизации ручных операции можно эффективно и достоверно строить петрофизические модели залежи.

Интенсивно ведется работа над созданием системы автоматизированного описания керна, которая будет за считанные секунды выдавать информацию о седиментологических характеристиках резервуара, литологических, структурно-текстурных и фильтрационно-емкостных свойствах [9]. На основе данной системы в ближайшее время будет разработан инструмент автоматизированного фациального анализа.

Отдельным направлением является разработка системы автоматических интерпретаторов ГИС, позволяющих проводить анализ различных видов каротажей (стандартного или расширенного комплексов), а также восстанавливать результаты одних методов ГИС (утерянных или не вошедших в комплекс) по комбинации других. Используя данные геолого-технических исследований можно восстанавливать каротаж LWD. В настоящий момент выполнена апробация таких алгоритмов на данных кернового каротажа [10].

Сусложнением конструкций скважин и технологий бурения значительно возрастает их стоимость, а значит, и риски при испытании новых технологий. При этом применяемые рабочие проекты и подходы к сопровождению бурения не оптимальны и имеют ряд ограничений. Применяя методы искусственного интеллекта для решения данной задачи, можно с незначительными затратами и рисками сократить стоимость строительства скважин с сохранением или увеличением добычи. Точность проводки скважины напрямую связана с тем, насколько хорошо известны фактические условия бурения. В настоящее время информацию о процессах, происходящих на забое, мы получаем с задержкой и не всегда верно интерпретируем. В качестве примера можно привести тот факт, что приборы каротажа в процессе бурения располагаются на 17–25 метров выше долота, а значит, информация о физических свойствах разбуриваемой породы получается с существенной задержкой. Это приводит к выходам за пределы целевого пласта, частым и существенным корректировкам траектории, снижению скорости проходки в глинистых прослоях, увеличению времени наклоно-направленного бурения (ННБ), дополнительным проработкам и шаблонировкам, а также рискам недоспуска обсадных колонн.

разработка и использование геонавигационных систем с минимальной зоной непромера приводит к кратному увеличению затрат на сервис ННБ, в то время как использование интеллектуальных систем, определяющих свойства породы по косвенным признакам, в перспективе позволит отказаться от части дорогостоящего оборудования. При смене прочностных свойств разбуриваемой породы меняются и режимы бурения, фиксируемые станциями ГТИ на поверхности. Именно эти данные лежат в основе одного из разработанных командой авторов совместно со специалистами ПАО «Газпром нефть» и IBM решений [11]. Задача программного модуля — определение прочностных свойств разбуриваемой породы, а также ее литотипа.

русловиях бурно развивающихся цифровых технологий актуальной задачей является прогноз и планирование кампаний ГТМ при помощи интеллектуальных систем анализа данных и гибридного моделирования. Разработка рекомендательных систем по ГТМ позволит: выбирать оптимальный тип ГТМ для конкретной скважины; оценивать эффект от выбранного типа ГТМ; рекомендовать эффективную технологию, наилучшее время проведения работ и даже поставщика услуг; рекомендовать процедуру ГТМ.

Растоящий момент вопросами прогнозирования и планирования кампаний ГТМ при помощи интеллектуальных систем анализа данных и гибридного моделирования занимается ограниченный круг компаний. В их числе и команда Digital Petroleum, которая разрабатывает интеллектуальные решения в следующих направлениях:

- Быстрое оценочное сценарное "what if" моделирование эффектов ГТМ;
- Оптимизация обработки призабойной зоны за счет выбора эффективного химического агента и рекомендации оптимальной процедуры закачки агента в скважину;
- Подбор агента заводнения с учетом специфики пласта (кольматация, растворение скелета породы-коллектора, совместимость с пластовой водой и пр.);
- Предупреждение аварий различной природы при ГТМ и других технологических процессах, сопровождающихся телеметрическими измерениями с гораздо большей точностью, чем в настоящее время.

рогнозные модели на основе исторических данных ГТМ, базы данных по химическому воздействию и обобщающие инженерно-физические соотношения позволяют создавать системы для снижения рисков при принятии решений по организации кампаний ГТМ. В качестве примера такого интеллектуального инструмента выступает разрабатываемый авторами оптимизатор обработки призабойной зоны пласта (ОПЗ), который включает четыре блока задач: рекомендации по выбору химических агентов, прогноз эффективности ОПЗ, оптимизация состава химических агентов и оптимизация процедуры ОПЗ.

·ще одним важным направлением оптимизации добычи углеводородов является разработка инструмента для подбора агента заводнения при разработке залежи системой нагнетательных скважин. Наиболее острой проблемой является кольматация порового пространства частицами, вовлекаемыми в движение при заводнении пласта. Основными причинами кольматации являются недостаточная очистка закачиваемой воды от механических примесей и мобилизация частиц, изначально находящихся в пласте или образованных в результате частичного растворения водой скелета породы-коллектора. Командой Digital Petroleum разработана предиктивная модель, позволяющая прогнозировать динамику снижения проницаемости пород при фильтрации через них воды, изначально свободной от взвешенных частиц [12]. В условиях недостатка экспериментальных данных по заводнению пласта такой интеллектуальный инструмент даст возможность существенно снизить геологическую неопределенность залежи, оценить риски, связанные с реализацией выбранной схемы разработки, скорректировать режимы работы нагнетательных скважин и разработать планы ГТМ по их очистке от кольматанта.

целом с развитием методов интеллектуального анализа данных и с их масштабным проникновением в нефтегазодобычу можно надеяться на решение глобальных задач разработки месторождений. В связи с разнообразием проблем в отрасли и отвечающих им интеллектуальных решений сложно рассчитывать в ближайшие годы на создание универсального инструмента. Альтернативой является разработка платформы машинного обучения для оптимизации технологических процессов при разведке и добыче углеводородов. Paspaбaтываемое командой Digital Petroleum ПО может быть использовано в комплексе или независимо под решение конкретных задач пользователя.

Литература

- 1. Alex Smirnoff, Eric Boisvert, Serge J. Paradis, Support vector machine for 3D modelling from sparse geological information of various origins, Computers & Geosciences, Volume 34, Issue 2, February 2008, Pages 127-143
- 2. Shahab D. Mohaghegh, Determining the main drivers in hydrocarbon production from shale using advanced data-driven analytics - A case study in Marcellus shale, Journal of Unconventional Oil and Gas Resources 15 (2016) 146-157
- 3. Ursula Iturrarán-Viveros, Jorge O. Parra, Artificial Neural Networks applied to estimate permeability, porosity and intrinsic attenuation using seismic attributes and well-log data, Journal of Applied Geophysics 107 (2014) 45-54, https://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_neural_network
- 4. Supriya Gupta, Luigi Saputelli, Michael Nikolaou, Applying Big Data Analytics to Detect, Diagnose, and Prevent Impending Failures in Electric Submersible Pumps, SPE-181510-MS
- 5. Chiranth Hegde, , K.E. Gray, Use of machine learning and data analytics to increase drilling efficiency for nearby wells, Journal of Natural Gas Science and Engineering, Volume 40, April 2017, Pages 327-335, https://ru.wikipedia. org/wiki/Random forest
 - 6. http://www.gazprom-neft.ru/press-center/news/1120343/
 - 7. https://news.rambler.ru/other/39709882-neftyanoy-lukoyl-stanovitsya-tsifrovym/?updated
- 8. Исмаилова Л.С., Мешалкин Ю.Е., Орлов Д.М., Мухидинов Ш.В., Коротеев Д.А., Беляков Е.О. Алгоритм автоматизированной настройки петрофизических моделей фильтрационно-емкостных свойств на основе концепции связанности порового пространства // Анотация доклада на технической конференции SPE ПЕТРОФИ-ЗИКА XXI, 4 – 5 июня 2018, Санкт-Петербург.
- 9. Baraboshkin E.E., Ivchenko A.V., Ismailova L.S., Orlov D.M., Baraboshkin E.Yu, Koroteev D.A. Core photos lithological interpretation using neural networks, Book of Abstracts, 20th International Sedimentological Congress, Québec City, 13-17 August, 2018.
- 10. Meshalkin Y. et al. Robotized petrophysics: Machine learning and thermal profiling for automated mapping of lithotypes in unconventionals //Journal of Petroleum Science and Engineering. - 2018. - T. 167. - C. 944-948.
- 11. Klyuchnikov N. et al., Data-driven model for the identification of the rock type at a drilling bit arXiv preprint -
- 12. Orlov D., Koroteev D. Formation Damage In The Inter-Well Zones: Experiments And Advanced Analytics // Proceedings of International Symposium of the Society of Core Analysts, SCA2018-043, Trondheim, Norway, 27-30 August 2018.









TИМУР ИМАЕВ Nest Lab

РОБОТИЗИРОВАННАЯ РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ/ НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ РАЗРАБОТКИ ТРИЗ

о причине истощения традиционных источников углеводородов и даже на данный момент уже и месторождений промежуточного характера российские нефтегазовые компании обратились к трудноизвлекаемым запасам нефти и газа, требующим более высоких затрат для освоения и более совершенных технологий. В том числе к месторождениям, обеспеченным инфраструктурой, но с низкой проницаемостью. Однако нужно понимать, что скоро и этот ресурс закончится.

М ногое зависит от того, будем ли мы применять новые технологии или нет. Предположим, что не столь активно. Тогда с помощью существующей базы мы продержимся максимум лет пять. Просто будем бурить и стараться с помощью бурения охватить невыработанные зоны — это сейчас основной способ поддержания добычи. После этих пяти лет начнется снижение добычи. Однако путь поддержания добычи с помощью нового бурения будет становиться все менее и менее оправданным, мы уже постепенно подходим к этой границе.

сли активно использовать современные методики автоматизации и анализа данных и вкупе с ними иные технологии повышения нефтеотдачи, то на существующей базе мы сможем поддерживать добычу еще не меньше 15 лет. Средний коэффициент извлечения нефти (КИН) — около 30%. Уже имеющиеся только отечественные, но не широко распространенные технологии позволят легко поднять его до 50–60%.

апример, благодаря роботизированной разработке месторождений рост добычи на зрелых месторождениях может составить до 70%, и это только в первые пару лет внедрения. Этот рост перекрывает падение и позволяет получить даже прирост суточной добычи. Главное, что это рост без бурения или практически без бурения новых стволов. Применение данных технологий не увеличивает бюджет компаний на новые геолого-технические мероприятия, компании действуют в рамках

существующих бюджетов, либо даже снижая их. Совсем скоро всем станет понятно, что бурить старыми методами — без big data, без анализа данных — нерентабельно, а успешно пробуренные скважины перестанут окупать расходы на бурение.

то такое роботизированная разработка месторождений? Глубокая автоматизация системы принятия решений: подбор геолого-технических мероприятий на скважинах, решений по оптимизации системы заводнения. Замена решений вопросов специалистами вручную на мощную автоматизацию, которая делается с помощью современных статистических инструментов (алгоритмов машинного обучения).

о-вторых, это цепочка расчетов, работа с большими объемами данных, накопленных по истории разработки за 20–30 или более лет. Причем есть разные данные: есть числовые, а есть и нечисловые, например, когда мы оцениваем состояние цементного камня — удовлетворительное, хорошее и так далее. Все данные совершенно разных форматов. В расчетах многократно использованы алгоритмы машинного обучения для решения отдельных узких задач. Такой комплексный подход дает возможность существенно исключить человеческий фактор при подготовке данных, из непосредственно расчетов и, в конце концов, в принятии решений. Скорость работы при этом вырастает на порядки по сравнению со всеми существующими подходами.

риведу пример. Мы знаем, что до сих пор решения принимаются людьми интуитивно — геологами на месторождениях. Что такое интуиция опытного геолога на месторождении? Это опыт человека, который много лет сидит на месторождении, занимается им, и он представляет себе, как какая скважина с какой связана. Он это представляет статистически, за счет того, что держит у себя в уме какие-то исторические характеристики работы скважин — дебиты, закачиваемые объемы, давления, уровни, как они отразились на работе соседних скважин. Это находится у него в голове, это и есть интуиция геолога.

 ще один пример. Часто предполагается, что скважины, близко расположенные друг к другу, влияют друг на друга сильнее, чем скважины, дальше расположенные. Это делается абсолютно интуитивно — так легче составлять физическую модель. Однако совершенно не очевидно, что эти скважины друг на друга сильнее влияют. Это может быть совсем иначе — далеко расположенная скважина может влиять сильнее.

▶ейчас это все можно статистически просчитать, мы не должны полагаться на упрощения по Сумолчанию. Благодаря замене человеческого фактора математическим алгоритмом, который безошибочно учтет весь предыдущий опыт, зная точно, сколько где закачивали, сколько где добывали с течением времени, зная все исторические замеры по скважинам. Например, для среднестатистического месторождения в 100-200 скважин может быть накоплено около 500 тыс. замеров. Роботизированная разработка позволяет знать все эти замеры. Когда есть 500 тыс. значений, мы можем судить о том, как у нас скважины связаны по этим замерам.

ы не отталкиваемся от какого-то человеческого наития или «экспертности», а отталкиваемся от фактов. Делаем статистический анализ, используем машинное обучение, где интуицию геолога мы подменяем, а дальнейшие расчеты проходят согласно физическим законам.

ри составлении на основе физических законов систем уравнений, которые позволяют определить взаимовлияние скважин, динамику пластового давления, распределение закачки и добычи по пластам, карты остаточных нефтенасыщенных толщин и, грубо говоря, понять, где есть нефть, а где нет, мы используем все те же уравнение материального баланса, закон фильтрации и теорию Баклея-Леверетта. Эта система уравнений составляется с рядом допущений. Любая физическая модель — это ряд допущений. И эти допущения — это еще одна область, где люди допускают что-то, основываясь на каких-то предположениях или интуиции. И это тоже можно исключить с помощью статистического анализа параметров работы скважин.

ы надеемся, что успешных проектов у вертикально интегрированных компаний будет все больше и они будут максимально использовать все имеющиеся возможности, так как отечественные технологии не стоят на месте.

₩ЭКСПОЦЕНТР

Пример практической реализации

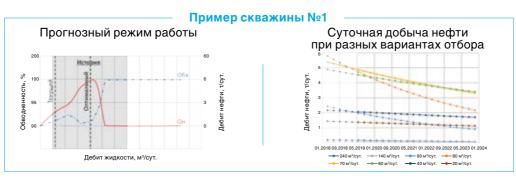


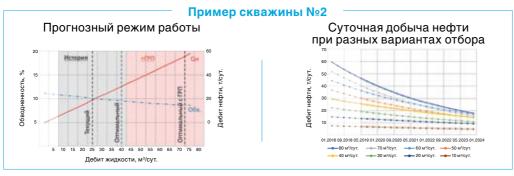
:: Nest Lab



Технология

Подбор мероприятий на скважинах





КЛЮЧЕВОЕ СОБЫТИЕ ОТРАСЛИ:

в центре внимания, в центре Москвы

















