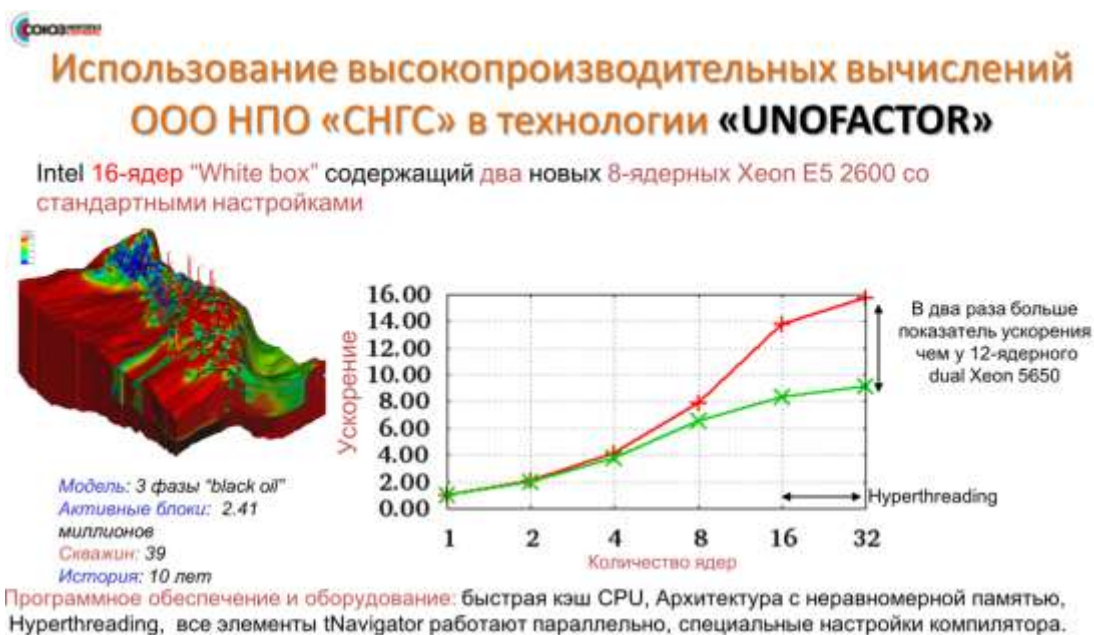


## Тенденции развития информационного обеспечения геолого-технологического мониторинга бурения нефтегазовых скважин



В России в 90-х годах прошлого века было разработано несколько систем контроля процесса бурения. Обычно они представляли собой набор технологических датчиков, компьютер (устройство сбора информации) и информационное табло (пульт бурильщика). Хотя система и позволяла сохранять регистрируемые данные, основным её назначением был контроль параметров бурения на месте. Компьютер анализировал данные датчиков и сигнализировал об аномальных изменениях в показаниях, кроме того, оператор мог распечатать графический отчёт по собранным данным.

Однако, для оперативного контроля процесса необходима быстрая передача данных со скважины в буровое предприятие. Поэтому следующим шагом стала реализация передачи данных на региональные (локальные) уровни иерархии управления производством, при этом в качестве канала передачи данных использовалась телефонная, сотовая или спутниковая связь. Таким образом, у специалистов, находящихся зачастую в сотнях километрах от скважины, появилась возможность просматривать данные с буровой, собранные всего несколько часов назад.

По мере роста оснащённости предприятий средствами связи и вычислительной техники, компьютерные информационные технологии и сетевые решения позволили обеспечивать контроль строительства объектов в режиме реального времени, причём не только на региональных (локальных) уровнях иерархии управления производством, но и на уровне центрального управления нефтегазодобывающей компании. При этом в процесс принятия решений, при необходимости, могли быть сравнительно легко вовлечены как информационные, так и научно-технические ресурсы различных подразделений и всего предприятия в целом.

Развитие средств мониторинга привело к необходимости изменения способа хранения данных. Изначальный файловый подход был недостаточно гибок и ограничивал возможности совместной работы с данными. Было необходимо найти качественно иной способ доставки, хранения и обработки данных. Вариантом, решившим эти проблемы, стал переход на хранение данных в СУБД. Для взаимодействия программы и хранящихся данных была использована концепция клиент-сервер, позволяющая

хранить данные на одном компьютере (сервере), а доступ к данным осуществлять с компьютеров-клиентов.

К настоящему моменту в России создано значительное количество программ и баз данных для решения различных задач, возникающих в процессе строительства скважин. При этом каждый разработчик использует, как правило, свой собственный, несовместимый ни с каким другим стандарт хранения данных. Для обмена данными обычно применяется формат LAS. Однако LAS позволяет описывать только линейные (плоские) структуры данных и не применим для хранения сложных иерархических структур.

В то же время имеется богатый международный опыт в этом направлении, который целесообразно применить в России.

В 1990 году была создана Международная организация Petrotechnical Open Standards Consortium (POSC, с 2006 года — Energistics). Energistics – это международный некоммерческий консорциум, целью которого является предоставление специалистам нефтегазовых компании, занимающихся геологоразведкой и добычей, нейтральной площадки для совместной работы, продвижения открытых стандартов по обмену данными и решения вопросов, касающихся разведки и разработки.

Консорциум Energistics разрабатывает три направления промышленных стандартов в области обмена данных:

- WITSML для бурения, заканчивания и ремонта
- PRODML для работ по добыче, оптимизации и передачи отчетов
- RESQML для моделей геологической среды и пласта

Большая часть зарубежных добывающих компаний либо уже используют у себя технические решения WITSML для передачи скважинных данных в режиме реального времени или планируют это осуществить в ближайшее время. Количество продуктов, совместимых с WITSML, стремительно растет, и сама совместимость с WITSML становится требованием договоров, в особенности на новых месторождениях. WITSML позволяет обеспечить интегрирование данных и интеллектуальный сбор данных и является основополагающей технологией [1].

К сожалению в России WITSML-стандарт не получил должного распространения. Причина заключалась в отсутствии доступных WITSML-серверов или возможности организации корпоративных WITSML-серверов. Их программная реализация оказалась слишком затратной для изготовителей станций ГТИ, а мощные ИТ-компании пока не вышли на этот рынок (в силу ряда причин, одна из которых — увязка с клиентскими приложениями на буровых — WITSML-клиентами на станциях ГТИ разных производителей, интерфейсы к которым закрыты и известны только их разработчикам).

Потенциальных пользователей WITSML-сервера в первую очередь может заинтересовать возможность использования его в качестве связующего звена между ПО нижнего уровня, поставляющим в настоящее время данные в негармонизированных форматах, и ПО верхнего уровня, обеспечивающего комплексную обработку информации, включая моделирование, например, ряда известных крупных компаний (Landmark/Halliburton, Schlumberger, Roxar). Последние имеют в своём составе в обязательном порядке средства для «стыковки» и получения данных от WITSML-серверов.

С целью исследования таких возможностей в рамках совместных работ со специалистами ряда подразделений ОАО «Газпром» были проведены тесты по интеграции WITSML-сервера компании «СНГС» с программным обеспечением компаний Landmark/Halliburton и Roxar.

Непрерывный импорт реально-временных данных с WITSML-сервера компании «СНГС» в базу данных OpenWorks был реализован с помощью программного продукта OpenWire, который может взаимодействовать с WITSML-серверами в качестве клиента, и в то же время является клиентом для базы данных OpenWorks, т.е. является основным связующими звеном в технологии компании Landmark для передачи реально-временных и близких к реально-временным данным. Далее при совместном использовании программ OpenWire и 3D Drill View (программы воспроизведения объемного изображения геофизических данных модели геологической среды, наряду с данными бурения и добычи в режиме реального времени) пользователь получает инструмент для детального наблюдения на экране важной информацией по измерениям и каротажу в процессе бурения (MWD/LWD) по мере их регистрации на буровой площадке.

В ПО RMS 2009 (Rohar) поддержка стандарта WITSML позволяет автоматически подгружать с сервера информацию о ходе бурения скважин (каротаж, инклинометрия, параметры бурения). В качестве примера можно привести модули RMS wellstrat (модуль проведения межскважинной корреляции) и RMS WITSML (модуль мониторинга бурения скважин и геолого-технологической модели по скважинной информации). Реализация стандарта WITSML позволяет осуществлять визуализацию и интерпретацию «живых» данных, т.е. данных, поступающих в процессе бурения. Модель пласта может обновляться с использованием новейших данных и применяться для оптимизации проводки скважины в реальном времени. В рамках работ по интеграции в подразделениях ОАО «ГАЗПРОМ» программный комплекс RMS 2009 был подключен к WITSML-серверу компании «СНГС» для получения реально-временной траектории и реально-временных каротажей (опция «WITSML real-time monitoring») с возможностью визуализации данных на планшетах и в 3D.

Таким образом, для многих крупных компаний, у которых зачастую высококачественное и крайне дорогое программное обеспечение верхнего уровня от известных вендоров закуплено, но используется крайне неэффективно, применение WITSML-сервера может стать решением, непротиворечиво связывающим в единую информационную систему данные, поступающие с разных буровых, от различных систем сбора.

При отсутствии у заказчика такого «багажа» программных средств ему необходимо предложить простой доступ к данным WITSML-сервера. Такую возможность способен предоставить т.н. «тонкий» клиент, работающий через обычный интернет-браузер, как это реализовано многими западными компаниями, например компанией у Geolog (Италия) в программном продукте Wellcoms или отечественными – компанией «СНГС» в программном продукте Wellook (рис.1)



Wellook использует в своей работе современную технологию Silverlight компании Microsoft – программную платформу, включающую в себя плагин для браузера, который позволяет запускать приложения, содержащие анимацию, векторную графику и аудио-видео ролики.

Silverlight реализована для ОС Windows всех версий, Mac OS X начиная с 10.4 и браузеров Internet Explorer (с версии 6.0), Opera 9.50, Mozilla Firefox (с версии 1.5), Safari 3.1, Google Chrome 3.0. Silverlight включена в Windows Phone 7 и поддерживается на мобильных устройствах, что позволяет пользователям вести мониторинг происходящего на буровой прямо со своего мобильного телефона.

Конечно же, процесс интерактивного управления жизненным циклом месторождения не ограничивается мониторингом и включает в себя комплексирование нескольких дисциплин: геофизики, геологии, петрофизики, разработки месторождений и др. Как правило, в каждой дисциплине работы выполняются последовательно с получением результатов и их передачей на следующую ступень. Несмотря на определенное взаимодействие между дисциплинами, на практике появляются характерные проблемы: несогласованность целей, слабые обратные связи дисциплин, игнорирование детальности и различия масштабов исследований. Поэтому представляется очень важным создать информационные условия для формирования целостного представления о состоянии проводимой работы, анализа полученных данных и своевременного принятия управленческих решений.

К сожалению, несогласованные (или слабосогласованные) между собой геологическая и гидродинамическая модели в большинстве случаев крайне негативно влияют на достоверность результатов и способность модели к прогнозированию. Очевидно, что нефтегазовая индустрия остро нуждается в развитии существующих методов интегрированного моделирования как за счет совершенствования рабочего процесса моделирования для решения поставленной задачи, так и путем выбора подходящей стратегии моделирования, а также изменения организационного процесса и подходов [3].

Технология интерактивного управления жизненным циклом нефтегазовых месторождений UNOFACTOR (рис.2) призвана решить эти проблемы или, по крайней мере, уменьшить их число. Отдельные элементы технологии создавались и тестировались совместно со специалистами структурных подразделений компаний ОАО «Газпром», ОАО «Газпром нефть», ОАО НОВАТЭК и других.



В рамках данной технологии совместно используются данные ГТИ, поступающие в реальном времени, оперативно обработанные и проинтерпретированные данные ГИС, данные ГДИС и другие данные для уточнения геолого-гидродинамической модели с выдачей рекомендаций по оптимизации процесса бурения, что в свою очередь даёт возможность своевременно и эффективно принимать решения по изменению плана проведения работ.

Проведение реально-временного мониторинга при бурении создаёт условия для своевременного реагирования на возникновение ситуаций, требующих оперативного вмешательства. При этом современные многоядерные вычислительные платформы дают возможность приумножить в разы количество просчитываемых вариантов выполняемых работ и выбрать наиболее оптимальный вариант.

В настоящее время наблюдается непрерывный рост производительности микропроцессоров за счет увеличения количества ядер. Кроме того, стоимость высокопроизводительной вычислительной техники неуклонно снижается, и программно-аппаратные решения, которые еще пару лет назад были исключительно дорогостоящими, сегодня становятся доступными даже для небольших сервисных компаний. При этом подавляющее большинство существующих программных продуктов не использует и половины того потенциала, который предоставляет современная техника.

Однако, несмотря на применение высокоскоростных процессоров с большим количеством ядер, скорость расчета не может продолжать увеличиваться в силу ограничения со стороны памяти. Снять данное ограничение можно за счет применения вычислительных машин с распределенной памятью (кластеров), привлечение которых требует применения MPI-алгоритмов для обмена данными между узлами.

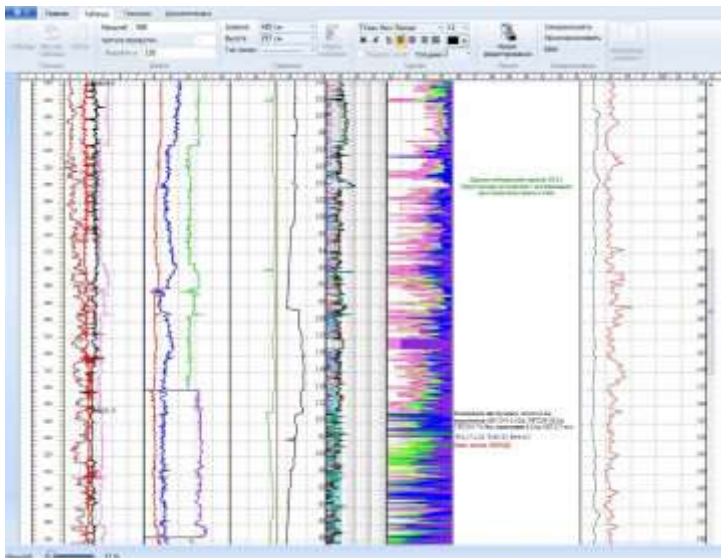
В программном обеспечении российской компании РФД, производителя гидродинамического симулятора tNavigator, для решения этой проблемы реализован уникальный гибридный алгоритм, который позволяет использовать MPI-алгоритм для распределения задач между узлами кластера и потоки исполнения для распределения задач по ядрам внутри каждого узла.

Рассматриваемая технология предполагает применение только высокопроизводительных симуляторов с эффективным распараллеливанием (таких как tNavigator). Такой подход позволяет снять существующие технологические ограничения, задействовать все вычислительные ресурсы и достичь ускорения в десятки раз при использовании кластеров, основанных на многоядерных процессорах (рис.3).



Для обработки данных ГИС, ГТИ и их первичной интерпретации в рамках данной технологии возможно применение различных программных средств от разных производителей. Единственное требование – работа в открытых форматах и возможность интеграции. В рамках работ ООО НПО СНГС с компанией «Сургутнефтегаз» для подобных целей используется программный продукт СНГС MLPlotter, представляющий собой новое поколение обрабатывающих и планшетостроительных средств, основанных на современных программных технологиях.





Ключевой особенностью MLPlotter является применение технологии WPF компании Microsoft. WPF (Windows Presentation Foundation) — революционная технология, которая была призвана решить многие существующие проблемы программирования под Windows и вывести его на качественно новый уровень. В основе WPF лежит использование языка XAML (eXtensible Application Markup Language), который используется для проектирования и написания интерфейса приложения.

В основу данной технологии положен принцип разделения программирования и написания интерфейса. Введение языка XAML делает последнее максимально похожим на принцип Web-программирования.

Графической технологией, лежащей в основе WPF, является DirectX, в отличие от Windows Forms и прочих более ранних технологий, где используется GDI/GDI+. Производительность WPF выше, чем у GDI+ за счёт использования аппаратного ускорения графики через DirectX, т.е. программа полностью использует заложенный в компьютер (а именно в его видеокарту) потенциал.

За счёт использования данной технологии загрузка и визуализация огромных массивов данных (особенно это касается повременных данных ГТИ) происходит в разы быстрее и качественнее, чем в программных продуктах предыдущего поколения от различных производителей (Geoscape, GraphPad/LogsBuilder, GeoData).

Кроме того, MLPlotter является универсальным средством для работы со многими форматами станционных данных, поступающих с различных систем сбора (станции «СНГС-100» и «СНГС-300», «ИМС», «Сириус», «Разрез-2», «Геотест-5»). Это особенно важно для компаний, у которых в работе находятся станции различных производителей, как, например, в том же упомянутом ранее «Сургутнефтегазе».

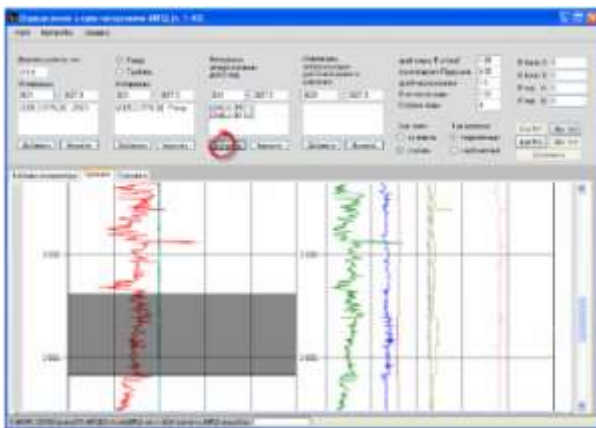
В собственных центрах геолого-технологического мониторинга специалисты компании «СНГС» используют линейку из отечественных продуктов – Wellook (ООО НПО «СНГС», для сбора и передачи данных), MLPlotter (ООО НПО «СНГС», для оперативной интерпретации данных и построения планшетов), КАМЕРТОН («НПП ГЕТЭК», для интерпретации данных), tNavigator («RFD», для геолого-гидродинамического моделирования), АТОЛЛ («OT-oil», в качестве корпоративной информационной системы).

Кроме того для решения технологических задач используются программы собственной разработки:

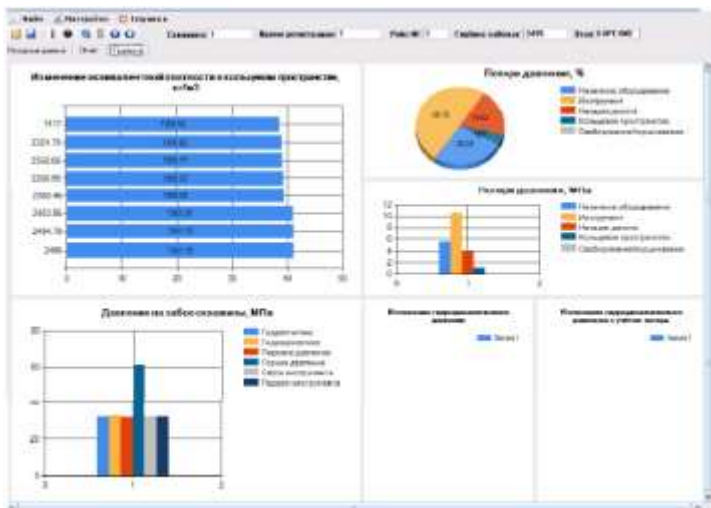
— для интерпретации результатов газового каротажа на основе расчета флюидных коэффициентов  $W_h$ ,  $V_h$  и  $C_h$  по данным станций геолого-технологических исследований (ГТИ) в процессе бурения скважин (рис.5);



— для определения и прогнозирования зон аномально высоких пластовых давлений на основе данных нормализованной скорости проходки ( $d$ -экспоненты и сигма каротажа), определяемой, как производная ряда технологических параметров, регистрируемых станцией геолого-технологических исследований (ГТИ) в процессе бурения скважин (рис.6);



— для определения гидродинамических параметров в скважине в процессе бурения, промывок и спуско-подъемных операций и оптимизации режимов работы гидравлической системы скважины как в режиме реального времени с использованием данных станции геолого-технологических исследований, так и в автономном режиме (рис.7).



Описанный выше набор программных средств не является закрытым и может рассматриваться лишь как один из множества вариантов. Существующие аналоги, в том числе зарубежные, так же легко могут быть вписаны в общую схему. Таким образом, конечный программный продукт, созданный в рамках существующей технологии, может коренным образом отличаться от описанной линейки, что даёт возможность, не отказываясь от накопленного годами комплекса программных средств, воспользоваться преимуществами презентуемой технологии широкому кругу заказчиков. При этом по большому счёту определяются лишь «правила игры» — обязательное использование открытых стандартов для интеграции продуктов, максимальная интерактивность и эффективное распараллеливание на современных вычислительных платформах.

Таким образом, с применением современных программных технологий создаются информационные условия для формирования целостного представления о состоянии проводимой работы, оценки её эффективности, прогнозирования тенденций развития процесса бурения и принятия обоснованных управленческих решений, что в конечном итоге ведёт к повышению эффективности вложений в строительство нефтегазовых скважин. Необходимо отметить, что данная технология является составной частью Системы интерактивного управления жизненным циклом нефтегазовых месторождений Unofactor, изначально разработанной с использованием технологий высокопроизводительных вычислений и международных стандартов.

*Авторы: И.В.Кузнецов, В.Ю.Турчанинов (ООО НПО «Союзнефтегазсервис»)*