

First Break: Специальный выпуск

Визуализация и Интерпретация

Visualization and Interpretation

Важность эффективной визуализации в оценке геофизических исследований и технических данных никогда не имела такого большого значения, как сейчас. Именно в этом заключается основная идея Актуальной Темы этого месяца. Обсуждая применение визуализации в сфере разведки и добычи нефти и газа, а также разработки полезных ископаемых, все сходятся во мнении, что средства визуализации позволяют добиться большого роста производительности до такой степени, что ожидания могут превзойти потенциал современной технологии.

Нет сомнения, что достижения в визуализации нанесли отпечаток на обработку, анализ, и интерпретацию современных крупномасштабных объемов трехмерных сейсмических данных. Возможно, доступ к сложным визуальным изображениям способствовал мультимедийному подходу оценочной группы к принятию решений в сфере разведки и добычи.

Однако, читая между строк, создается странное впечатление, что технология визуализации, какой бы выразительной она ни была, имеет ограничения. Например, она должна быть более доступной. Именно этот вопрос задает ModViz со своей системой группирования элементов графического процессора, позволяющей получать высококачественную визуализацию на отдельно взятой рабочей станции. С другой стороны, Varco также осознает, что иммерсивная среда требует как можно больших ресурсов. Настоящее разочарование состоит в том, что собрать данные из различных дисциплин вместе в содержательную презентацию все еще довольно сложно, и это остается труднодостижимой задачей в рамках нашей работы.

Следующие Актуальные Темы

Январь	<i>Информационные Технологии/Управление базами данных</i>
Февраль	<i>Наземная сейсморазведка</i>
Март	<i>Визуализация и интерпретация данных</i>
Апрель	<i>Геология нефти</i>
Май	<i>Скважинная и нетрадиционная Сейсморазведка / Здоровье и безопасность</i>
Июнь	<i>Многопрофильные вопросы</i>
Июль	<i>Образование и обучение/ Горное дело</i>
Август	<i>Экологическая и инженерная наука о земле</i>
Сентябрь	<i>Обработка данных</i>
Октябрь	<i>Геофизика месторождений и инженерные методы</i>
Ноябрь	<i>Несейсмические методы / Аэрогеофизика</i>
Декабрь	<i>Морская сейсморазведка</i>

В течение года могут быть добавлены новые Актуальные Темы

Визуализация и Интерпретация

Тенденции визуализации в сфере разведки и добычи

Trends in visualization for E&P operations

Duane Dopkin и Huw James из Paradigm представляют руководство к использованию визуализации в сфере разведки и добычи на настоящем этапе и говорят о том, что мы можем ожидать в будущем.

Визуализация цифровых данных значительно повысила эффективность гуманитарных и естественных наук, а так же области их практического применения (в частности в индустрии развлечений, правительственных организациях, архитектуре, медицине и нефтегазовой промышленности), позволяя объединять сложную геометрию с пространственными моделями, использовать моделирование невероятных идей и сложнейших процессов.

Сложность таких представлений, с помощью которых мы пытаемся визуализировать происходящее, часто зависит от размера и масштаба, от разнотипности или гетерогенности объекта, от динамической природы модели и от пределов дискретизации данных, которые не позволяют полностью восстановить изображение. Визуализация призвана не только для помощи в понимании сложной геометрии и пространственного взаимоотношения данных, но она также может быть использована улучшения необходимой дискретизации данных, проведения различных преобразований, используемых для формирования визуального представления.

Информация о глубинном строении геологических моделей критически важна для преодоления возникающих трудностей при разведке и добыче углеводородов. Поэтому вовсе не удивительно, что визуализация цифровых данных повлияла на работу ученых и инженеров. Этим людям постоянно приходится работать с большими объемами разнообразных данных, на основании которых делаются выводы о свойствах пород и флюидов.

Зарождение визуализации цифровых данных по глубинному строению земли можно отнести к началу 80х годов, когда появились станции интерпретации. В начале 90х годов, как в научной, так и в прикладной областях были проведены значительные улучшения с появлением объемной 3х мерной визуализации и связанной с ней новыми технологиями интерпретации, позволяющими проникать внутрь недр, используя комплексную визуализацию и методы превращения объектов на заднем плане в непрозрачные. Развитие компьютерной графики, высокоскоростных вычислений и функциональных приложений способствовало дальнейшему расширению сферы применения визуализации земной толщи. Совместное использование этих технологий с высоким уровнем доступа к данным и тенденции к интеграции приложений способствовало созданию и распространению огромных центров визуализации для совместного решения мульти дисциплинарных задач.

Центры визуализации широко используются для анализа перспектив, совместного обсуждения проблем и принятия стратегических решений менеджментом. Сегодня группы по управлению ресурсами работают в звездообразной среде, где Визионариум является ядром принятия решений. Рабочие комнаты используются для совместной работы 4-6 членов группы, а вся подготовительная работа проводится на персональных рабочих станциях.

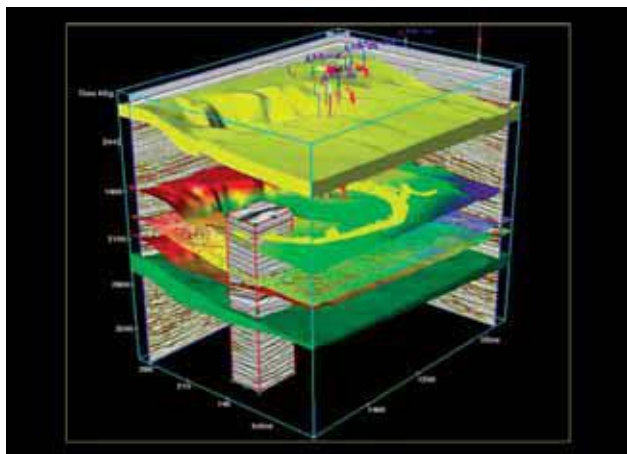


Рисунок 1 Совместная визуализация сейсмических поверхностей, интерпретации, картотаж и геологических тел (каналов) со свойствами пород.

С развитием компьютерных графических карт, микропроцессоров и появлением новых технологий визуализация перемещается на персональные рабочие станции специалистов, позволяя создавать более точные модели резервуаров, которые затем будут использованы для планирования окончательного бурения. Вместе с тем мы получаем новые сведения о взаимосвязи свойств пород и флюидов на глубине с регистрируемыми сигналами на поверхности.

Современная добыча, по мере выработки старых месторождений, постепенно перемещается в районы с более сложным геологическим строением, что требует намного более точной работы геологов и геофизиков. Среди задач сегодня можно встретить те, которые всего несколько лет назад казались неразрешимыми: восстановление подсолевых отражений, изучения анизотропной среды, интерпретация трещинных резервуаров и предсказание свойств сложных коллекторов при проведении 4Д сейсмической съемки.

Для выполнения этой задачи требуются непрерывная визуализационная связь на всех этапах изучения: геофизика, петрофизика, интерпретация и бурение. Преодолеть эти трудности призваны последние достижения в области компьютерной техники и программного обеспечения. Объединение этих двух областей позволяет обеспечивать визуализацию локального и регионального масштаба, сейсмических данных и данных по резервуару, статистические и динамические модели, данные разведки и разработки (Рисунок 1).

Визуализация и Интерпретация

Тенденции развития аппаратуры

Развитие цифровой сейсморазведки продолжает быть тесно связанным с развитием вычислительных платформ и графических карт. Наиболее важные направления развития – увеличения емкости RAM и улучшение характеристик графических карт. Увеличение емкости RAM приведет к увеличению мощности и одновременно удешевлению графической памяти. Рост емкости RAM повлечет за собой количественные изменения в сейсморазведке. Поскольку RAM будет способна хранить полную трассу, полную линию и, наконец, полную съемку или по крайней мере значительную ее часть. На современных рабочих станциях обычно располагается 4-8GB RAM, которых достаточно для хранения существенной части сейсмической съемки после суммирования. Этого достаточно, чтобы обеспечить объемную сейсмическую интерпретацию, используя эффект непрозрачности для вытеснения методов, связанных с работой с разрезами. Некоторые нефтегазовые компании полностью перешли на методы объемной 3D сейсмической интерпретации, и можно с большой долей уверенности предсказать, что эти технологии будут получать все большее распространение и вовлекать в работе данные по 2D и мультikomпонентной сейсмике.

Быстродействие процессоров продолжает возрастать экспоненциально. Согласно закону Мора частота процессоров будет удваиваться каждые 18 месяцев. За последние пять лет скорость графических карт растет по еще более крутой кривой, где удвоение происходит каждые 10 месяцев. Продавцы аппаратного обеспечения недавно объявили о поступлении в продажу графической карты емкостью 5.2 терафлопса, в то время современные интерпретационные станции содержат два CPU с тактовой частотой свыше 3 GHz, обеспечивающих работу сразу нескольких гигафлопсов. Быстродействие графических карт на сегодняшний день обгоняет быстродействие процессоров в тысячи раз и похоже эта тенденция продолжится в будущем. Графические карты предназначены для работы с изображением на графическом дисплее, состоящем из прямоугольных массивов пикселей.

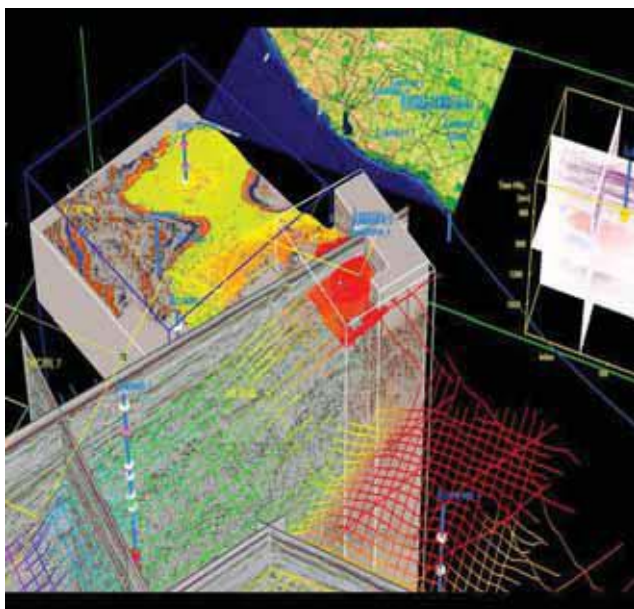


Рисунок 2 Визуализация мульти-2D и 3D сейсмической съемки.

Графические системы с 5.2 терафлопсами, упомянутые выше, состоят из четырех графических карт, каждая из которых обладает 24 пиксельными каналами. Число пиксельных каналов на карту растет, и мы также ожидаем дальнейшего сохранения этой тенденции.

Визуализация разрезов сейсмических данных – высокопараллелизованный процесс и отображение кубов сейсмических данных также можно параллелизовать в третьем измерении. Мы стоим на пороге того, чтобы иметь возможность изображать со скоростью анимации, используемые сейсмические кубы с различной прозрачностью, которые обычно называют воксель изображением. Визуализация такого рода требует огромных ресурсов видеокарты, обеспечивающих отображение гигабайта сейсмических данных на 100 Гц без мерцания. Следующей планкой, которую предстоит преодолеть, будет визуализация стерео изображений

Видеокарты используют большую мощность RAM, что позволяет работать с большими изображениями используя ресурсы персональной рабочей станции. Графические модули [GPUs] становятся доступными для программирования пользователем с помощью языков графического программирования. GPU программирование позволяет перейти к следующему этапу развития графических эффектов, кроме того, оно позволяет использовать мощность GPU для решения неграфических задач. Пиксельный конвейер поддерживает быстрое перемножение матриц, интегрирование, и интерполяцию. Эти операции поддерживают большой класс алгоритмов, а производительность *терафлоп* позволит выполнять эти алгоритмы намного быстрее при приемлемой стоимости.

Расширяя масштабы визуализации

Е&Р проекты движимы целью извлечения дополнительных запасов, замедления кривой спада добычи, максимизации эффективного использования существующей мощностей. Сейсмик интерпретатор имеет огромное преимущество при использовании современной визуализации, которая помогает ему на всех этапах работы.

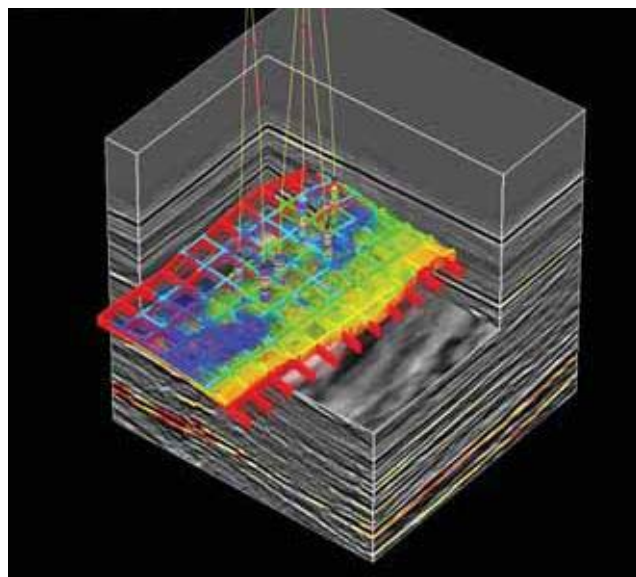


Рисунок 3 Совместная визуализация сейсмического куба и модели резервуара

Визуализация и Интерпретация

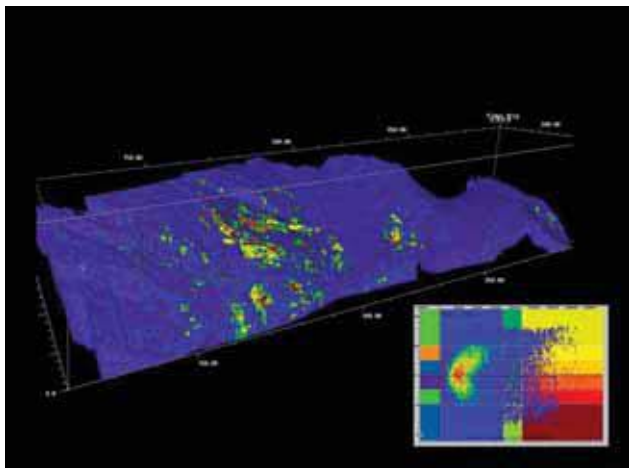


Рисунок 4 Создание геотела с помощью кроссплотинга (из данных каротажа)

С помощью такого рода визуализации можно совместно изучать данные 3Д съемки, крупных региональных 2Д профилей с 3Д съемкой или можно просто подключить данные по 2Д съемке на этапе интерпретации 3Д. (Рисунок 2). На меньших масштабах с помощью визуализации геологии и специалисты по резервуарам проводят точный анализ данных по коллекторам, строят модели по сейсмическим атрибутам и структурные и стратиграфические сетки (Рисунок 3). Хотя создание такой визуализации требует специального внимания к представлению различных масштабов совместно, так же как и к оптимизации информации, которая может быть извлечена из них.

Новые многоканальные съемки значительно увеличили общую площадь покрытия 3Д съемкой с сотен квадратных километров до нескольких тысяч. Такие съемки могут быть разбиты на множество частей, каждая из которых интерпретируется небольшой группой. Для обеспечения взаимодействия между группами система должна обеспечивать раздельную интерпретацию одного и того же объема и последующее «склеивание» результатов. Окончательная «склеенная» съемка зачастую превышает разрешающую способность дисплея. В таких случаях данные могут быть передискретизированы с помощью антиалиасингового фильтра во избежание эффектов алейсинга. Большие блоки съемки могут быть разбиты на маленькие участки, проинтерпретированы, а затем «сшиты» обратно с антиалиасинговым фильтром. Другим вариантом может быть передискретизация с антиалиасинговым фильтром и последующее «сшивание» проинтерпретированных данных (для другой разрешающей способности). Оба подхода требуют отдельной интерпретации нескольких объемов и их последующего объединения в один.

Интерпретаторам необходимо проводить анализ данных 4Д сейсмической съемки, используя как суммы по углам падения, так и мультикомпонентную систему съемки. Рабочие станции позволили совершить прорыв в интерпретации 3Д данных, а новые системы визуализации наделяют нас еще большими возможностями при интерпретации многокомпонентных 3Д кубов.

Интерпретация 4Д сейсмической съемки часто проводится с помощью сравнения времен или амплитуд ключевых горизонтов. Визуализация позволяет выявить разницу между кубами сравнения не только статично, но проведя динамический анализ с помощью эффекта анимации.

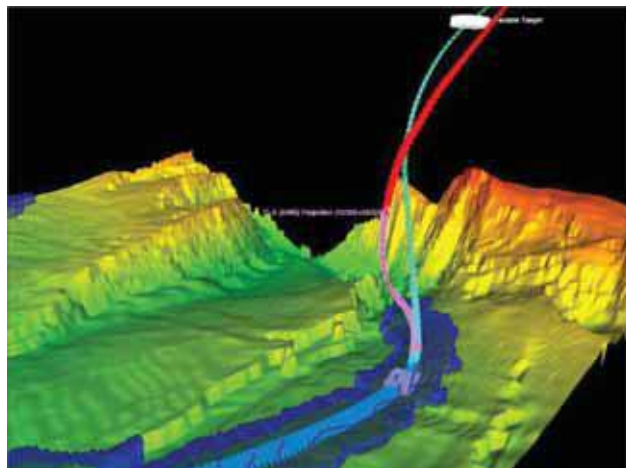


Рисунок 5 Траектория скважины, проходящая через геологический целевой объект, с областью неопределенности.

Разностный куб будет показывать изменения во времени прихода волны, амплитуде или свойствах флюида или породы как внутри, так и вне резервуара. Этот результат может быть проанализирован до того, как будет проведена окончательная интерпретация.

Когда бы не возникала необходимость в интерпретации, визуализация позволяет рассматривать несколько подходов к решению проблемы. Самый простой из них – просто отобразить каждый набор данных в отдельном окне просмотра с общим курсором. Это позволяет одновременно работать с различными типами данных, сравнивая их или проводя интерактивную интерпретацию для каждого отдельного массива данных.

Другой альтернативой является размещение нескольких различных типов данных на одном дисплее. К примеру, это может быть кубы когерентности и амплитуды с помощью буферного картирования, когда тон каждого пикселя зависит от амплитуды отражения, зеркального освещения, которое может быть черным или белым для любого пикселя, контролируется значением когерентности. Скорость, импеданс и сейсмические атрибуты традиционно отображаются совместно с сейсмическими данными, с помощью композиции цветов.

Петрофизики часто используют кроссплоты и фильтрации данных при интерпретации каротажных кривых. Обе технологии были воспроизведены при визуализации 3Д сейсмических кубов. Исследование объема изнутри позволяет выделить только целевой интервал для изучения, отфильтровав ненужные данные (Рисунок 4). Фильтрацию можно проводить на основании нескольких критериев одновременно, используя не один набор различных данных. Можно построить кроссплот из двух или трех наборов данных, выделить на нем только интересующую область, и вернуться обратно к данным, оставив только те из них, которые находятся в выбранной области. Такого рода фильтрация позволяет быть более гибким при работе с данными, что особенно важно для обеспечения сверхвысокой детализации исследований. Еще один несомненный плюс технологии визуализации – ее интерактивность: интерпретатор следит за изменениями в модели в реальном времени.

Визуализация и Интерпретация

Мощность современных систем визуализации позволяет производить анимационный просмотр данных. К примеру, изменения в резервуаре со временем, изучаемые 4Д сейсморазведкой, могут быть просмотрены как видеофильм. Это позволяет получить наглядное представление о происходящих событиях в резервуаре, таких как перемещение флюида, изменения свойств коллектора и многом другом. Приложение позволяет производить мониторинг процесса бурения и сравнивать записываемые каротажные данные с предсказанными в реальном времени. Интеграция и совместное изучение всех этих данных в 3Д была бы невозможной без использования современных систем визуализации (Рисунок 5).

Визуализация как результат интерпретации свойств пород и флюидов

Сегодня изучение свойств пород и флюидов в резервуаре производится с помощью многокомпонентных сейсмических данных (AVO анализ, упругий импеданс, 4Д атрибуты и т.д.), полномасштабного акустического каротажа, данных по керну и огромного набора петрофизических данных для калибровки. Эти атрибуты рассчитываются из несчетного количества данных моделирования, преобразований, процессов привязки, включая геостатистическую и сейсмическую инверсию, фациальный анализ, анализ основных компонент, замещения флюида. В свою очередь программисты помогают геологам и инженерам по бурению одновременно работать с этими различными, но очень тесно связанными процессами; для быстрого ознакомления с данными, уменьшения риска ошибки и повышения продуктивности и эффективности работы. Интегрированный подход к изучению геофизической, петрофизической и интерпретационной стороны с помощью визуализации позволяет нам строить модели свойств пород и флюидов, которые затем можно подвергать комплексному анализу.

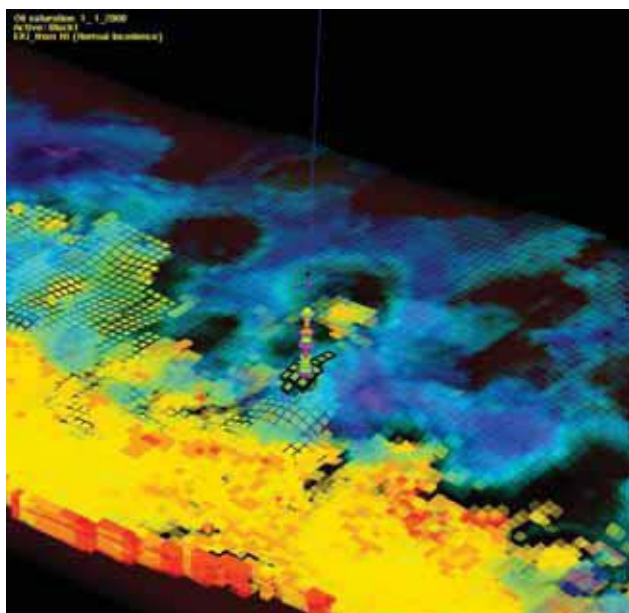


Figure 6 Вокселизация моделей резервуара (нефтенасыщенность).

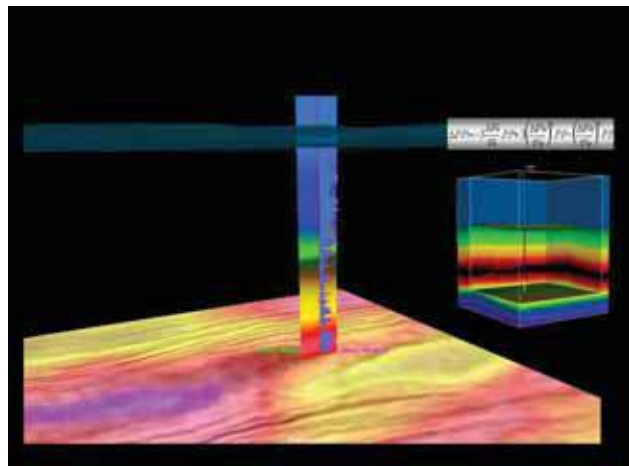


Рисунок 7 Визуализация порового давления совместно с каротажной диаграммой объема глин и объемом неопределенности

Не удивительно, что именно специалисты по резервуарам продолжают оставаться основным потребителем технологий визуализации. Вокселизация, изменение прозрачности, «лепка» формаций, комплексная визуализация, извлечение геологических тел и предварительная обработка данных необходимы для понимания критически нужной информации о свойствах флюидов и пород в резервуаре. Эти процессы не могут и не должны рассматриваться по отдельности. Только комплексный подход к решению этой проблемы позволит инженерам по резервуарам решать современные проблемы.

Важность вокселизации высокой точности для изучения свойств пород и флюидов в резервуаре бесспорна, так как только она позволяет работать с моделями резервуаров, содержащими в себе набор данных различного типа. Моделирование проводится на неортогональной сетке с локальными уплотнением в областях целевых интервалов. Геометрия такого типа может быть отображена в 3Д или же модель можно передискретизировать в воксели для того, чтобы пользоваться инструментом изменения прозрачности (Рисунок 6).

Визуализация неоднозначных зон

Визуализация неоднозначных зон представляет современную тенденцию в исследованиях по визуализации: рассматриваются все воображаемые виды методов. Измерение неопределенности в разведке и добыче в настоящее время простирается от топогеодезических работ, отработки сейсмических данных, определения характеристик коллектора вплоть до интерпретации. Одним из побочных продуктов глубинной миграции до суммирования является уровень оценки неопределенности для поля скоростей миграции. Точность поля скоростей миграции контролирует качество мигрированного изображения, а также точность нивелирования и латеральную точность мигрированных результатов.

Приложения для автоматического пикирования горизонтов и разломов также страдают от неоднозначности решения. Когда мы определяем среднюю вертикальную скорость, опираясь на характеристики скважины и поле скоростей мигрирования, мы также можем определить точность поля вертикальных скоростей вдали от скважины. Такая точность обуславливает качество оценки глубины. Поле вертикальных скоростей снова используется для подсчета импеданса и модулей упругости. Точность этих результатов находится в сильной зависимости от точности дополнительных полей скоростей.

В настоящее время мы пытаемся интегрировать эти критерии в суммарный критерий горизонтальной и вертикальной неопределенности для структурных горизонтов и дефектов. Эти горизонты могут быть в дальнейшем представлены как данные с различными степенями достоверности, так что интерпретация может быть осуществлена с полной геологической неопределенностью. Данные могут быть затем использованы при планировании скважин используя механическую неопределенность местоположения скважины, для размещения скважины вдали от разломов и приповерхностных опасностей, уменьшая тем самым вред окружающей среде. Оценка порового давления очень сильно зависит от скоростей, поэтому для проведения точной оценки давления необходимо знать скоростную модель. При визуализации порового давления вместе с диапазоном ее неопределенности, планируемые скважины могут быть протестированы с целью повышения безопасности бурения на основании данных по поровому давлению (Рисунок 7). В дальнейшем на этапе бурения эти оценки могут обновляться в реальном времени с помощью LWD, что позволит повысить безопасность бурения, уменьшить количество потерянных скважин и человеческих жертв. Это направление предстоящего развития.

Будущее

Инвестиции в развитие нефтегазовой отрасли, позволяют развиваться и все глубже внедряться технологиям визуализации изображений в повседневную жизнь разведки и добычи углеводородов. Развитие технического и программного обеспечения визуализации позволит перейти к следующей ступени работы с данными по резервуарам и станет неотъемлемой частью любого рабочего процесса. Давным-давно кто-то сказал, что интерпретация должна проходить в голове интерпретатора. Сегодня этот тезис изменился: интерпретация должна проходить в головах целой интерпретационной группы. Сейсмическая интерпретация давно уже отошла от статуса простого определения основных структур. Перед ней ставятся новые и все более сложные задачи. От интерпретаторов сегодня ждут ответы на вопросы, как нам узнать историю развития и миграции углеводородов и предоставить прогнозы на их развитие в ближайшем будущем. Такие задачи можно выполнить только при комплексной работе с данными 1D, 2D, 3D и 4D при тесном сотрудничестве специалистов по сейсмике, петрофизике и резервуарам. Визуализация свойств флюидов и пород помогает нам решать новые задачи, сложность которых постоянно возрастает. И в ближайшем будущем мы ожидаем значительного возрастания мощности систем визуализации, что приведет к многократному ускорению работы.