

# СНИЖЕНИЕ РИСКА ПРИ СБОРЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ СРЕДСТВ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ, ОСНОВАННОГО НА GOCAD

**G.Gain, G.Cambios, M.Gehin, R.Hall, CGG Houston**

## **Аннотация**

Лучевые трехмерные геологические модели снижают риск сейсморазведки, обеспечивая количественные меры при разработке трехмерных съемок. Оптимизируя геометрию съемки, можно получить равновесие между стоимостью и способностью освещения, основанной на данных известных участков работ. Стоимость моделирования минимально при малом оборотном времени. Дальнейшие исследования обеспечивают дополнительную выгоду при проверке аномалий в амплитудах и зависимости амплитуды от выноса (AVO), выборе целевых данных, а также большее понимание участка работ.

## **Введение**

При разработке трехмерной съемки, карты кратности рассчитываются в предположении плоских отражающих границ или в весьма упрощенном предположении о геологическом строении. В случае сложных структур эти предположения неприемлемы. Построение лучей в трехмерном пространстве можно использовать для моделирования отклика геометрии применительно к данной модели разреза (Slawson и др., 1995). Однако построение действительно представительной модели разреза не является простой задачей, особенно при разведке в условиях соляных куполов. Для целей создания сложных трехмерных моделей, консорциум Gocad разработал средства, использующие триангулированные (разбитые на треугольники) поверхности, и дискретную сглаживающую интерполяцию (Mallet, 1992). Мы разработали средства для построения лучей в этих моделях, которые позволяют нам выполнить необходимый анализ до и после сбора данных, а также контроль качества.

## **Описание средств моделирования**

Сначала модель разреза определяется последовательностью триангулирования поверхностей, которые представляют интересующие нас границы раздела. Эти поверхности могут быть импортированы из любого интерпретационного АРМ, или построены в интерактивном режиме с привлечением минимума информации. Поверхности могут иметь любую степень сложности, включая оверхенги (части соляного купола, выступающие в стороны от его верхней части). Следующий шаг – создание объемных областей между поверхностями. Этим областям можно присвоить любой признак (наиболее общими признаками являются скорость P- и S-волн и плотность). Внутри области признак может иметь любую степень сложности: он может быть постоянным, характеризоваться постоянным градиентом и быть распределенным по равномерной сети.

После построения модели можно импортировать геометрию сбора данных из любых программных средств проектирования съемки. Наиболее общими форматами являются файлы SPS для сухопутной съемки и UKOOA PI-90 для морской съемки. Источники и сейсмоприемники позиционируются в их точном пространственном положении с учетом отметки превышения. Сбор скважинных данных можно смоделировать просто, присваивая отрицательные отметки превышения источникам или сейсмоприемникам. Другие типы сбора данных также легко моделируются.

Построение луча выполняется независимо для каждой пары «источник-сейсмоприемник», и для каждой отражающей поверхности. Каждый луч содержит ряд признаков: время вступления, координаты точки взрыва, угол падения и амплитуду. Признак амплитуды включает сферическое расхождение, коэффициенты прохождения и отражения. Могут быть включены и эффекты упругого отражения (AVO) при условии, что для каждой области определена скорость S-волн и плотность. Каждый признак может быть картирован и прогнозирован обычным способом с определением кратности, выноса и азимута. Проецирование карты на поверхность не работает в случае многозначных поверхностей. Здесь карта трехмерной кратности может быть наложена на структуру, что позволяет высветить целевой объект. Кроме того, можно сформировать синтетические сейсмограммы, свертывая выбранный импульс с информацией времени и амплитуды.

## Случаи снижения риска

Перед выполнением трехмерной съемки сложного объекта, желательно смоделировать отклик выбранной геометрии с приемлемым представлением ожидаемого геологического строения. Такая практика может подтвердить или опровергнуть геометрию сбора данных в зависимости от того, насколько хорошо высвечивается целевой объект. Отказ от этого теста влечет за собой значительный риск при высокой стоимости трехмерной системы сбора данных.

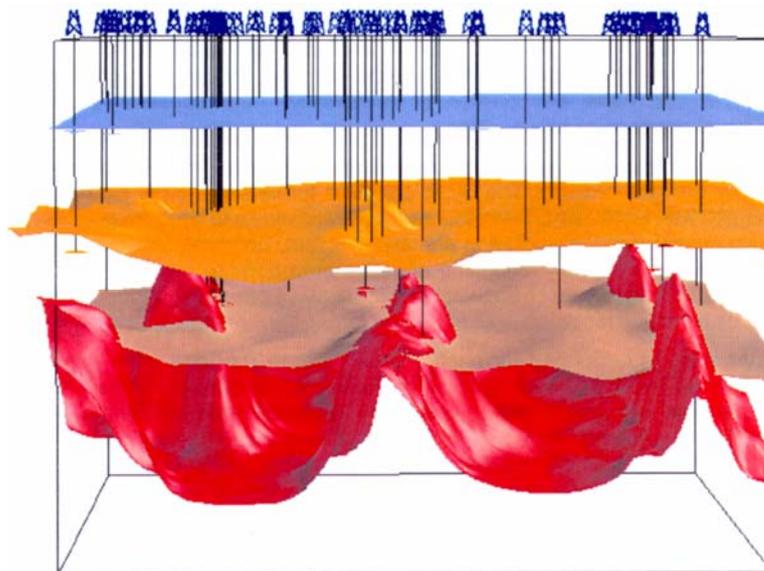


Рис.1. Модель Миссисипи, использующая поверхность Gocad. Первый слой (синий) – Selma (аустинский ярус верхнего мела); второй слой (светло-коричневый) – Moogingsport; последний слой (красный) – соль. Карбонатные отложения Haynesville (коричневый цвет) включены в скоростную модель, но для них лучи не построены. Обширный скважинный контроль позволяет ограничить скоростную модель.

Более того, при построении лучей для съемки можно уменьшить стоимость сбора данных, указав оптимальное количество источников и сейсмоприемников, необходимых для освещения идентифицированных объектов поиска. Это имеет решающее значение при сборе данных в таких участках как зоны надвига, переходные зоны или дно океана. Кроме того, указанное средство может оказаться полезным для многокомпонентных систем сбора данных, т.к. можно построить лучи для обменных волн, используя различные скорости восходящих и нисходящих волн.

На амплитуды сейсмических волн оказывает влияние степень освещения отражающей поверхности. Следовательно, интерпретация амплитуд должна учитывать распределение точек взрыва. Это особенно относится к разведке в условиях солянокупольной тектоники, т.к. сложная структура купола может привести к появлению искусственных объектов разведки (см. следующий раздел). Наблюденный отклик AVO также может быть подтвержден или опровергнут с помощью анализа действительных углов падения и отражающей способности в зависимости от выноса.

Чтобы уменьшить стоимость миграции глубин перед суммированием, часто имеет смысл сосредоточить обработку на более мелком объекте поиска. Однако в сложных условиях охват данными должен быть достаточным для включения всех «хвостов» дифрагированных волн. Здесь может оказать помощь средство трехмерного моделирования, автоматически выбирая трассы, которые делают эффективный вклад в получение изображения. Кроме того, могут быть смоделированы нетрадиционные лучи (такие как кратные отражения), которые, возможно, затем будут использованы для последующего получения изображения.

## Полевые примеры

В 1995 г. CGG отработала трехмерную сухопутную съемку площадью 211 кв. миль в Wayne County, Миссисипи. Объектами поиска являлись smaskovers с тройным (three-way) замыканием между карбонатами и флангами соляных куполов. Получение изображения крутопадающих соляных хребтов потребовало миграции глубин после суммирования; на рис.1 показана окончательная трехмерная модель. Скоростная модель ограничена обширным скважинным контролем. Точные положения точек взрыва и приема на поверхности регистрации с учетом отметок превышения показаны на рис.2. Геометрия сбора данных представляет собой стандартную систему наблюдения «кирпичная кладка» (brick pattern) с десятью активными профилями и zipper (линией стыковки?) в центре.

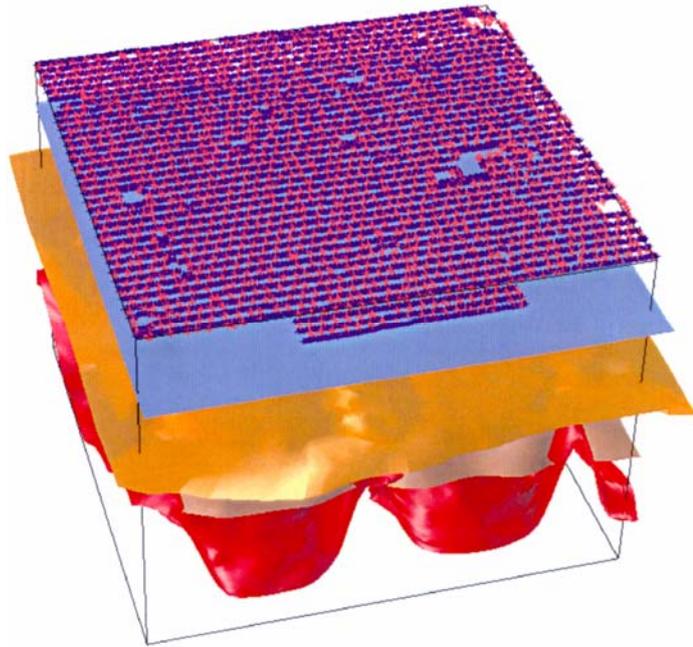


Рис.2.. На поверхности модели показаны положения источников (красный цвет) и сейсмоприемников (синий цвет)

Несмотря на то, что мы обратились к координатам всех точек взрыва и приема, некоторая связанная информация была пропущена. На рис.3 показана карта кратности для этой съемки (номинальная кратность равна 30); неравномерность кратности является следствием пропуска информации.

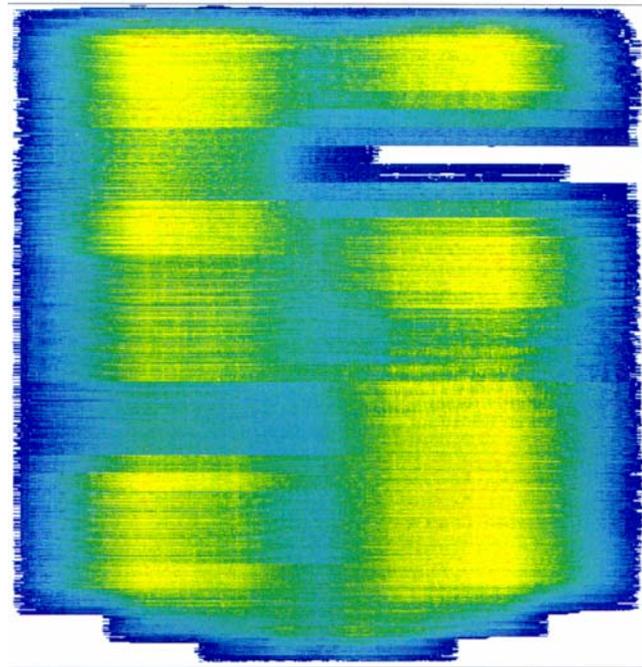


Рис.3. Теоретическая кратность, ассоциированная с геометрией съемки. Кратность изменяется от 1 (синий цвет) до 50 (красный цвет); средняя кратность равна 30.

Карты кратности используют одну и ту же цветовую шкалу: синим цветом обозначена кратность 1, а красным цветом – кратность 50. На рис.4 показана карта крат-

ности для Selma (аустинский ярус). Поскольку Selma представляет собой достаточно плоскую поверхность, кратность близка к теоретической. Различие показывает, что даже простые модельные отражающие поверхности могут обусловить неожиданные отклики системы сбора данных.

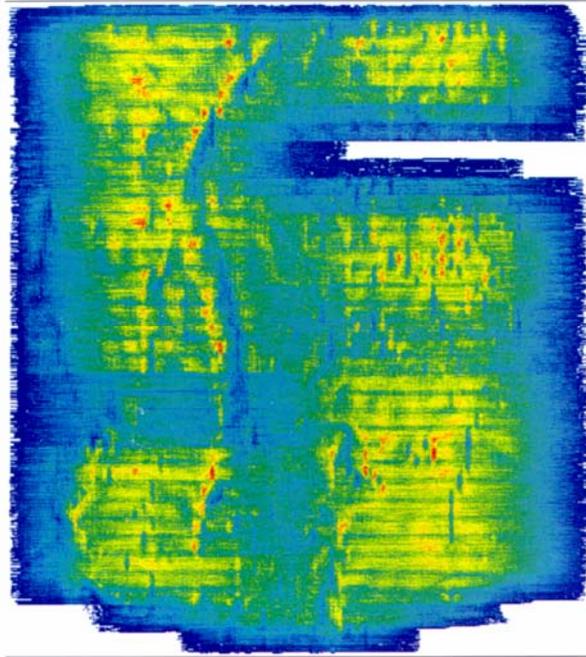


Рис.4. Карта кратности для Selma (аустинский ярус). За исключением небольшого разлома в западной части съемки, данный горизонт является преимущественно плоским, поэтому кратность не сильно отличается от теоретической.

Mooringsport также представляет собой достаточно плоскую отражающую поверхность, но она нарушена крупным разломом, плоскость которого в процессе сбора данных осталась неосвещенной. Лучи имеют тенденцию к фокусировке на взброшенном блоке разлома (рис.5).

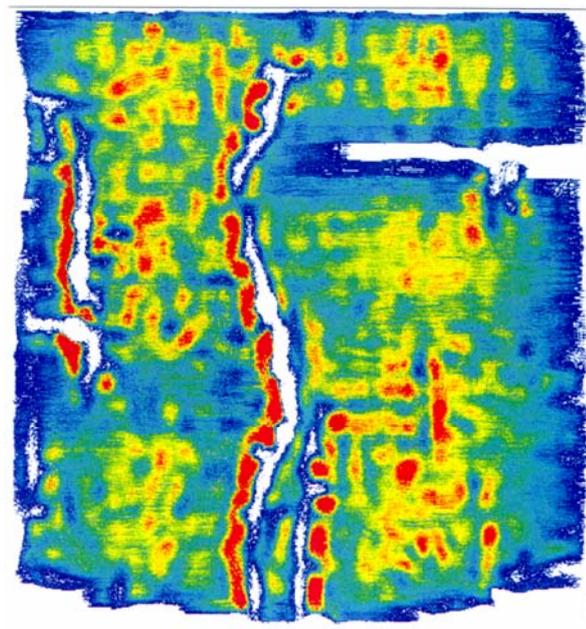


Рис.5. Карта кратности для Mooringsport. Крупные разломы в центральной и западной частях съемки нарушают карту кратности. Кратность превышает 50 в бинах, собравших больше лучей, чем в случае номинальной кратности.

С целью исследования влияния сложнопостроенных перекрывающихся отложений на простой объект поиска, мы построили лучи для мнимого отражения ниже соляных отложений. На рис.6 показана расфокусированная карта кратности с русловидными элементами, которые обусловлены формой соляных отложений и разломами в перекрывающей толще. Поскольку эти элементы могут быть приняты за объекты поиска, мы настаиваем на важности лучевого моделирования в сложной среде.

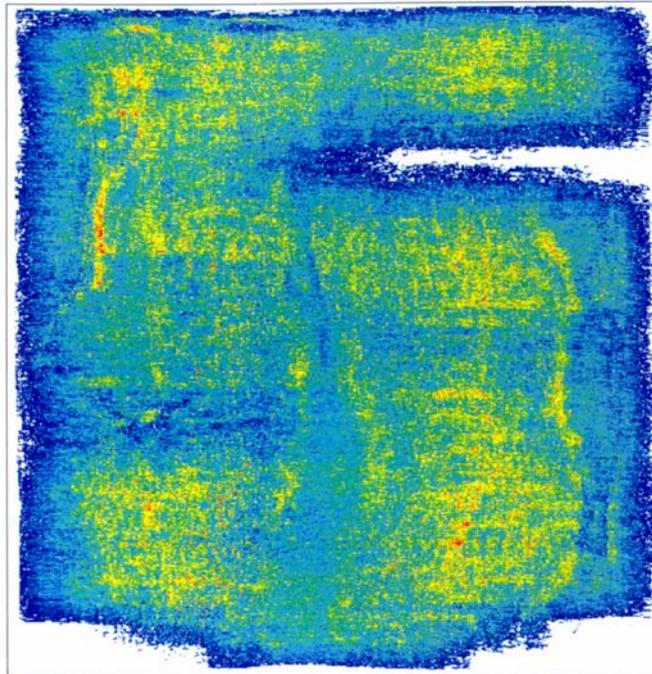


Рис.6. Карта кратности для мнимого отражения ниже соляных отложений. Сложность перекрывающихся отложений обусловила расфокусировку точек встречи (impact points). Некоторые элементы могут быть приняты за меандрирующие русла.

Распределение точек встречи на кровле соляных отложений не может быть правильно спроецировано в виде карты, т.к. соляная структура представляет оверхенги. На рис.7 показано трехмерное изображение соляной структуры, где точки встречи могут быть сгруппированы в «псевдобины». Фланги соляных куполов на краях съемки вообще не были освещены. С другой стороны, вследствие дифракции, кратность в верхней части хребтов значительно превышает номинальную кратность. Поскольку трассы могут содержать вступления кратных волн, можно видеть увеличение общей кратности для горизонтов со сложной структурой.

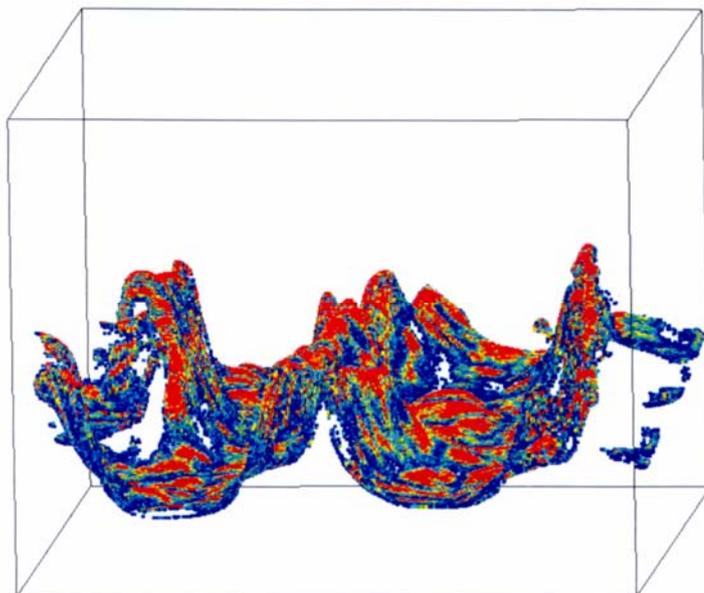


Рис.7. Трехмерное распределение кратности для соляных отложений. Средняя кратность превышает 50; фланги на краях съемки не освещены.

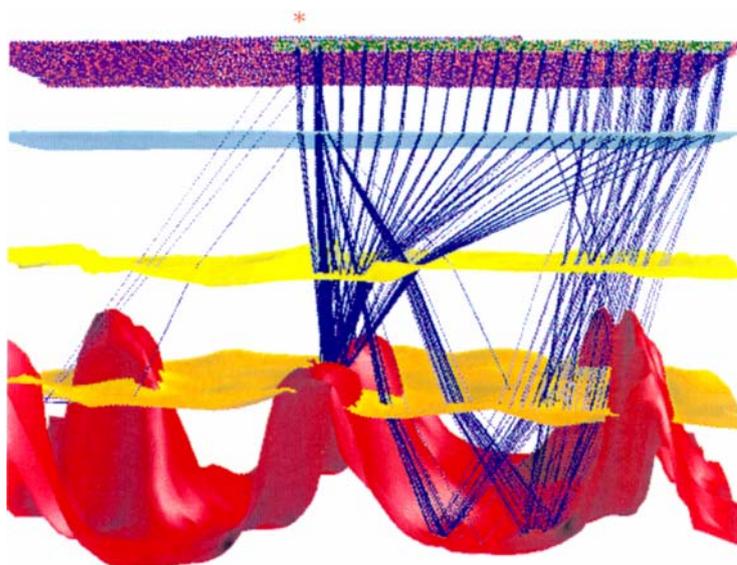


Рис.8. Лучи, принадлежащие одному ПВ (он отмечен красной звездочкой) после построения луча для соляного слоя в трехмерном пространстве.

На рис.8 показаны лучи от одного ПВ. Вступления кратных волн можно видеть по обеим сторонам приемной расстановки.

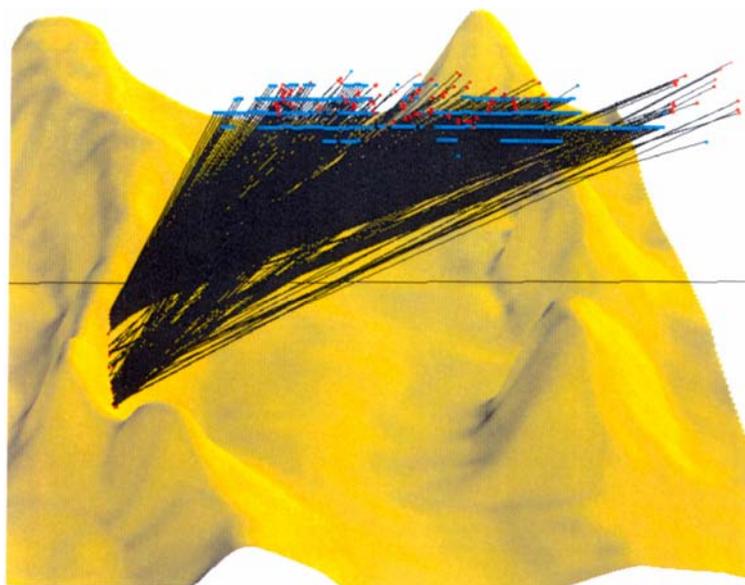


Рис.9. Автоматический выбор пар «точка взрыва - точка приема» (обозначены соответственно красным и синим цветом), освещающих объект поиска.

На рис.9 показан процесс выбора трасс для получения изображения объекта поиска. Представлены все лучи, которые освещают интересующую нас линию, и выбраны соответствующие пары «точка взрыва - точка приема».

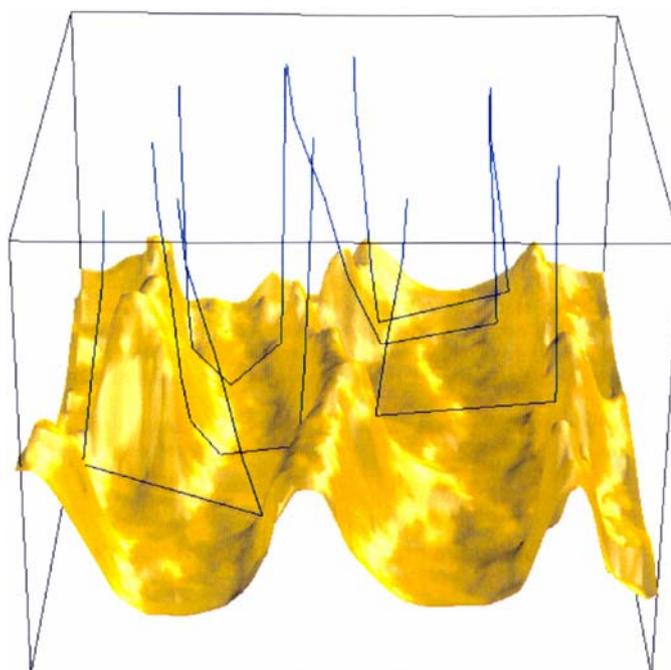


Рис.10. Примеры лучей, имеющих более одного отражения от соляных отложений.

На рис.10 показаны нетрадиционные лучи с двумя или даже тремя отражениями от соляных отложений. Эти отражения зарегистрированы, но затем отброшены, т.к. в данный момент они не могут быть использованы для получения изображения. Однако они освещают фланги соляных куполов, которые другим способом представляются плохо. Поэтому нетрадиционные лучи могут оказаться объектом исследования с целью использования их для создания усовершенствованной методологии получения изображения.

## **Заключение**

Лучевые трехмерные модели разреза снижают риск получения плохого изображения и оптимизируют размер съемки и пространственную дискретизацию. Лучевое моделирование после сбора данных позволяет выполнить количественный анализ информативности съемки. Сложные геологические структуры могут создать искусственные объекты, которые могут выглядеть как геологически значимые, и которые могут быть опознаны с помощью лучевого моделирования. Другие проблемы, такие как проверка предположений AVO, выбор пар «точка взрыва - точка приема» для миграции глубин перед суммированием и исследование нетрадиционных лучей, также могут быть рассмотрены с помощью лучевого моделирования.

## **Новые функциональные возможности в GeovectorPlus**

**J.Grimsdale (CGG-Petrosystems/MSG)**

### **Предисловие**

Назначение этих заметок: обеспечение управляющих ВЦ, пользователей и администраторов вычислительных установок общей информацией о версии 5.1 GeovectorPlus. Информация распределена по возможности широко, так что заинтересованные лица могут извлечь максимальную пользу от новых свойств, которыми обладает эта новая версия. Программы, поставляемые на каждую вычислительную установку, будут зависеть от определенного лицензионного соглашения.

Документ Release Notes будет выпущен вместе с программными средствами, и будет содержать более подробную информацию для пользователя.

### **Поддерживаемые аппаратные средства и операционные системы**

Поддерживаются следующие аппаратные средства и уровни ОС:

- серия IBM RS/6000, в том числе SP; AIX 4.1.4 и более поздних версий; двоичная совместимость (binary compatibility) с AIX 4.2.1, включая возможную реализацию файлов с размерами более 2 Гбайт; AIX 4.1 не будет поддерживаться вне GeovectorPlus 5.1;
- SUN SPARC и ULTRASPARC; SOLARIS 2.5; SOLARIS 2.4 больше не поддерживается;
- ряд Origin 200 и Origin 2000, SGI Power Challenge, Octane; только чип R 10000; IRIX 6.2; двоичная совместимость с IRIX 6.4;
- ряд HP-CONVEX C2, C3, C4; Convex OS 11; только пакет Geovector; векторные компьютеры не будут поддерживаться вне GeovectorPlus 5.1;

- HP Exemplar SPP 16--; SPP-UX 5.2; SPP-UX 4.1 и 4.2 больше не поддерживаются; версия HP Exemplar V Class в исполнении (HP-UX 11); HP Exemplar S Class не поддерживается. О дате доступности этой версии будет сообщено позднее.

## **Элементы среды и управления установкой**

- Статистика заданий: реализация в Job Manager статистических данных о выполнении заданий с целью учета
- от 100 до 600 акторов (actors): вычислительные возможности Job Manager наращены таким образом, что на данной установке может быть определено до 600 акторов (в предыдущей версии – 100); отчасти это ведет к новой версии ACP
- мониторинг заданий HTM: новый инструмент мониторинга посредством навигатора сети (web navigator), например, Netscape
- графическое построение CGM: поставка новой версии новой системы графопостроения, основанной на CGM, начиная с eXam и Sditr; необходимы программные средства третьей стороны, в частности, для пакетного монтажа файлов CGM (SDI\_BATCH) с целью отображения на экране и растеризации;
- предварительная постановка в очередь: сейчас на большинстве поддерживаемых платформ имеются программные средства предварительной постановки в очередь (приписывание промежуточного задания для подготовки ленты)
- Calcomp/CGM: построения типа Calcomp, сформированные пакетными модулями, могут быть выведены дополнительно в формате Calcomp или CGM
- многочисленные потоки данных на одно задание: возможность определения до 99 входных и/или выходных потоков данных в одном и том же задании, например, для обработки куба выносов (offset cube); предыдущее ограничение составило приблизительно 10 INPTR (или INMRG с 10 входными потоками) на одно задание

## **Новые модули 2/3-мерной обработки**

### **коррекция амплитуд с согласованием по поверхности – AMPCS**

В данном окне за один прогон рассчитывает трехмерные поправки амплитуд для каждой трассы, выраженные в сантибелах относительно уровня отсчета, равного 5000. Расчеты включают единицы точек взрыва, приема и бинов, и возможности пространственной фильтрации. Используются различные разложения Гаусса – Зайделя (Gauss – Seidel).

## сортировка трасс за один прогон – BSORT

Отбирает и сортирует трассы за один прогон. Позволяет пользователю обрабатывать больше трасс, чем модуль QSORT; как правило,  $5 \times 10^6$  и более трасс.

## фильтрация откорректированного среднего/медианная фильтрация, зависящая от падения – DDMED

Ослабляет случайные помехи и увеличивает связность между трассами, применяя медианный фильтр или фильтр откорректированного среднего по локальному падению для данных до или после суммирования.

## статистическая деконволюция сигнатуры воздушной пушки – DESIG

Выполняет статистическую, зависящую от данных деконволюцию сигнатуры воздушной пушки для данных до суммирования. Для каждой выборки ПВ рассчитывается один оператор, зависящий от данных, и применяется ко всем трассам этой выборки. Процесс должен использоваться в качестве альтернативы детерминистической деконволюции сигнатуры воздушной пушки (WAPCO).

## гармонизация поправок за поверхностные условия для нескольких слоев – FBCOR

Рассчитывает статические поправки при моделировании рефрагированных волн и гармонизации времен задержек, используя времена задержек точек взрыва и приема, которые выводятся модулем ADREF или интерактивной прикладной системой SDITR. FBCOR интерполирует времена задержки для пропущенных источников или сейсмоприемников.

## трехмерная F-K-фильтрация – FKKFI

Применяет F-K-фильтр в области (F, K<sub>x</sub>, K<sub>y</sub>) из плоскостей частот, созданных модулем INMIG. Имеются три вида фильтрации: пространственная, цилиндрическая и коническая.

Отфильтрованные трассы в области (T, X, T) выводятся модулем OUMIG.

## расчет среднего/откорректированного среднего усиления – GAINA

Рассчитывает высокочастотные поправки усиления для каждого ПВ и каждого канала. Расчет амплитуд выполняется предварительно модулем QCAMP. Рассчитанные поправки усиления заносятся в файл данных усиления.

## **применение среднего/откорректированного среднего усиления – GAINB**

Применяет поправки усиления как функцию коэффициентов усиления, рассчитанные модулем GAINA и хранящиеся в файле данных усиления. Усиление применяется посредством модуля QCAMP для вывода QC (контроля качества).

## **трехмерные поправки Кирхгоффа за приращение, обусловленное наклоном (DMO) – KIDMO**

Применяет поправки DMO с постоянной скоростью к трассам, исправленным за нормальное приращение, используя интегральный метод Кирхгоффа. Трассы, исправленные за наклон, могут быть суммированными частично или полностью. Входные трассы представляют собой выборки ОГТ или профилей.

К трассам, приращение которых обусловлено наклоном, может быть применен оператор пространственной интерполяции с целью сохранения амплитуды и фазы. Пространственная разрешающая способность увеличивается, а пространственный эффект зеркальных частот уменьшается. На выходных данных уменьшается влияние следов сбора данных. KIDMO гарантирует также хорошую сохранность амплитуды и фазы для ближних выносов.

## **контроль качества согласования MATOG**

Позволяет анализировать качество набора данных путем оценки полосы пропускания данных и их отношения сигнал/помеха. Второе назначение: сравнение двух наборов сейсмических данных в частотной области и разработка операторов, согласующих эти наборы данных.

## **одночастотное адаптивное ослабление помех MFNAT**

Ослабляет одночастотную помеху или псевдо-одночастотную помеху на сейсмической трассе, используя адаптивное подавление помех. Программа рассчитывает помеху, а затем вычитает ее из данных. MFNAT может приспосабливаться к изменениям частотного состава помех по трассе или от трассы к трассе.

## **ослабление кратных волн, обусловленных поверхностью земли в одномерной модели ODSMA**

Рассчитывает и вычитает кратные волны, обусловленные поверхностью для каждой входной трассы, которая отвечает условиям одномерной модели; при этом предполагается, что первичные волны могут быть выделены из самих данных. Затем ODSMA может выполнить изменяющуюся во времени адаптацию амплитуд,

рассчитывая в каждом определенном этим же модулем окне оптимальный коэффициент, который удовлетворяет критерию наименьших квадратов.

### трехмерный автоматический пикинг, выполняемый за один прогон OPIXU

Выполняет автоматический пикинг отчетливых вступлений в объеме трехмерной суммы, который в дальнейшем используется для расчета остаточной статистики программой OPSAT.

### выбор трасс OUMRG

Разделяет трассы на различные выходные потоки (до 99 потоков) в соответствии с критериями выбора. Выходные трассы записываются в формате CGG.

### редактирование статистических данных STADE

Выявляет и удаляет различные типы сейсмических помех (спайки, резкие возрастания помех, аномальные частоты), используя различные статистические меры. Статистика для окна каждой трассы сопоставляется со средней модельной статистикой, рассчитанной по соседним трассам и окнам. Редактируются те окна, статистика которых выходит за пределы изменения модельной статистики.

### формирование трасс по файлу данных грида INTERBASE - TRLGI

Формирует объем трасс по файлу данных грида INTERBASE.

### расчет карты времен пробега (II) TTFUN

Рассчитывает карты времен пробега первых вступлений для трехмерной миграции глубин Кирхоффа перед суммированием (KIMIP), используя решение Eikonal и локальное построение луча. Уравнение Eikonal интегрируется методом конечных разностей и Runge – Kutta. Решение уравнения Eikonal выполняется путем локального построения луча с целью получения времен пробега, свободных от головных волн.

### двумерное моделирование кратных волн по методу Verschuur Delft VDMUL

Рассчитывает модель кратных волн по двумерным сейсмическим данным, используя метод Verschuur Delft. Модель рассчитывается путем свертки трасс с ПВ. Данный метод используется в основном для обработки данных морских работ.

Входные и выходные данные сортируются в порядке ПВ. Затем модуль SPLAT выполняет ослабление кратных волн, соответствующих модели.

## расчет карты времен пробега (II) WEIKO

Рассчитывает карты времен пробега первых вступлений для трехмерной миграции глубин Кирхоффа перед суммированием (KIMIP), ускоренное решение Eikonal в области быстрот (celerity). Задача решается путем интегрирования уравнения Eikonal вниз, что позволяет избежать формирования восходящих головных волн.

## Новые модули обработки скважинных сейсмических данных

### BHMRF

Позволяет пользователю преобразовывать данные MIRF в GVT + данные трасс.

### BHSEP

На выборке трасс отделяет данное количество отражений, для которых времена и/или амплитуды могут быть представлены с полной точностью или без нее. Разделение происходит с применением данного количества трасс, используемых для решения системы линейных уравнений в частотной области, выведенной методом наименьших квадратов.

### BHPRJ

Позволяет пользователю сформировать регулярный набор данных, который соответствует съемке в вертикальной плоскости (ВСП). Согласно различным вариантам, BHPRJ позволяет сформировать график положений источников и сейсмоприемников для нормального проецирования их координат на определенную плоскость съемки. Это, в свою очередь, необходимо для введения поправки за нормальное приращение и для перемещения положений источников по плоскости в положения объектов поиска.

## Наращивание вычислительных возможностей существующих модулей

ADREF, AMPOF, BHSEP, DIAGR, TDSIM

LIBRI ED формируется или используется вместо LIBRI SC.

### BSMAP

На топокарте могут быть построены границы бинов.

## AMPVO, ANGLE, DIMAN

Ввод нового параметра ALPHA для расчета углов падения.

## CRUKO

Новый вариант для создания файла по библиотеке статики и библиотеке гридов. Возможность создания выходного файла в UKOOA PI/90-XL.

## DAGEN

Новый вариант для формирования белого и цветного шума.

## DECON

Возможность исследования максимальной амплитуды на каждой трассе для расчета ФАК и адаптирования амплитуды (при необходимости) с целью предупреждения превышения допускаемой величины.

## DTMIG/DTMIP (II)

Разработана мобильная параллельная версия.

## DYNKU

Новый вариант для определения окон (до 32 окон). Возможность учета окна применения (в процентах) при интерполировании между последовательными окнами.

## EGRID

Новый вариант чередования данных радионавигации с сейсмическими данными для целей контроля качества.

## FKDMO

Новый вариант, позволяющий учитывать анизотропию и градиент скорости.

## FPSRD

Новый вариант, позволяющий читать данные UKOOA PI/90-XL.

## FVFTR

Введение формата SHELL5, ELFGAB1 и STSTOIL.

GTMIG/GTMIP (II)

Разработана мобильная параллельная версия.

KIMIG/KIMIP (II)

Разработана мобильная параллельная версия.

LIBRI FI

Введение нового формата SEGD 8036.

LIBRI FK

Новый параметр PRINT для отображения FK-фильтра на распечатке задания.

MULTP

При использовании варианта истинного выноса (true offset) количество парабол может превышать количество трасс в обрабатываемой выборке.

OPSAT

Новый вариант для расчета коррекции остаточной статистики за один прогон с помощью пикинга связанных величин, поступающих из OPIXY.

OUMIG

Выводит временные трассы по трассам, пропущенным через трехмерный FK-фильтр (FKKFI).

PSMIG/PSMIP (II)

Разработана мобильная параллельная версия.

PSUPD

Новый вариант для создания файлов UKOOA PI/90-XL по заголовкам трасс.

RSMIG/RSMIP (II)

Разработана мобильная параллельная версия.

## SDICO

Новый вариант для учета зависимости от выноса.

## SEGIN

Возможность чтения и обработки формата GECO D2.

## SEGOU

Новый параметр (если используется вариант NOCONV), позволяющий скопировать трассу в точном количестве байт, которое действительно имеется во входной трассе.

## SPLTD

Модель кратных волн может быть задана в качестве вспомогательного входного буфера. Можно определить окна с постоянными границами, не используя LIBRI WD.

## TDSIM

Адаптация к количеству ПВ, которое превышает 16000000.

## TRITA

Новый вариант, допускающий независимость окон применения от окон расчета оператора.

## TRVEL

Новый вариант для построения объема трасс интервальных скоростей в соответствии с трехмерной моделью скоростей в формате Tomcad.

## TVDEF

Новый параметр для ослабления частот внутри окна выравнивания.

## WXSTA

Новый параметр LST для удаления статических поправок.

**Новые параметры VARVF, FCS, VF для использования переменной конечной скорости.**

### **Модули, которые больше не поставляются в выпуске 5.1:**

DIPMO (заменен DMSTK)

LIBRI SC (заменен LIBRI ED)

OPMIG (заменен GTMIG/GTMIP и FKKFI)

PSTAK (заменен STAPA)

PRLGI (больше не применяется)

RDNET (заменен RUNET)

SDREF (заменен SDITR)

SEPAR (заменен BHSEP)

TDDMO (заменен KIDMO)

TDMIG (заменен DTMIG)

TPMUL (заменен MULTP)

TRTIM (заменен TTFUN или WEIKO)

VELST (заменен STAPA)

VIZIR (заменен FXNAT)

WRNET (заменен WUNET)

### **Новые интегрированные прикладные системы**

#### **отображение и интерпретация разверток CRP (ОГТ) ISO-X**

Позволяет отображать и интерпретировать развертки ОГТ (выводимые модулем KIMIP) с целью уточнения скоростных моделей для трехмерной миграции глубин, подбора скорости в трехмерной области глубин перед суммированием и выполнения контроля качества на результатах миграции глубин КирхOFFа перед суммированием.

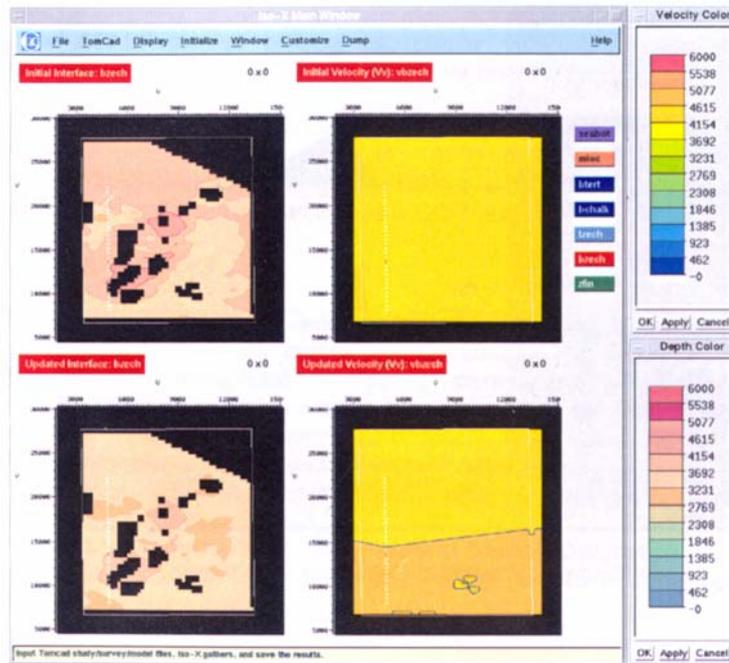


Рис.1. Карта контроля качества (QC)

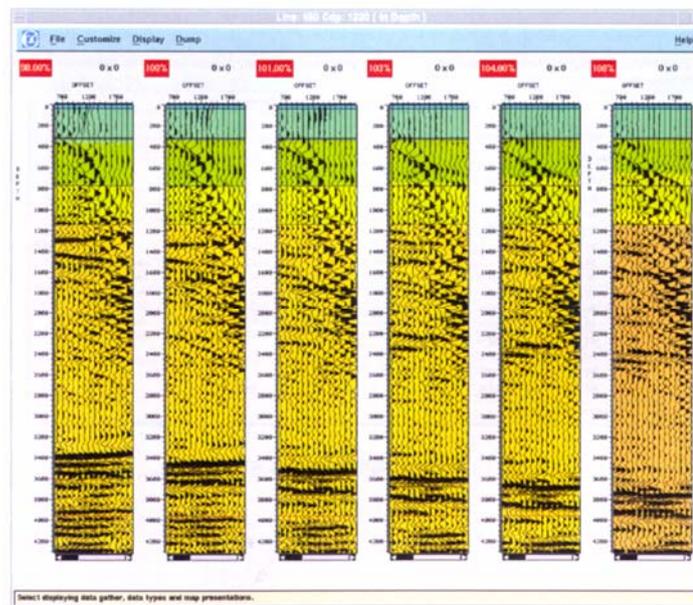


Рис.2. Окно Iso-X ОГТ

## анализ распечаток SEG-D SEGED

Позволяет пользователю загрузить распечатку его полевых данных SEG-D, а затем проверить ее в интерактивном режиме, создавая файл в формате последовательного ввода (при этом используются простые действия). Результаты могут быть просмотрены в интерактивном режиме, что обеспечивает немедленный контроль качества.

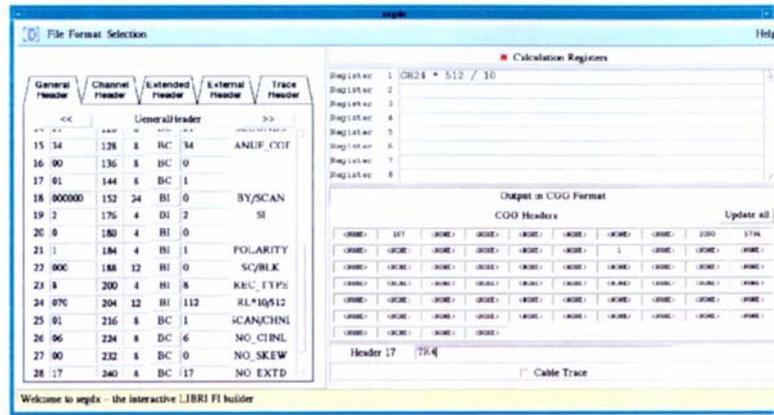


Рис.2 Окно крупноформатной таблицы SEGED

## средство расчета импульса WAVECALC

Позволяет пользователю создавать импульсы и оперировать ими в целях обработки и моделирования. Пользователи могут строить модели сейсмических импульсов по отдельным компонентам импульса, применять обработку к импульсам, разрабатывать фильтры, или выделять из импульсов информацию и сохранять полученные импульсы или фильтры для дальнейшего использования в других прикладных системах обработки или моделирования.

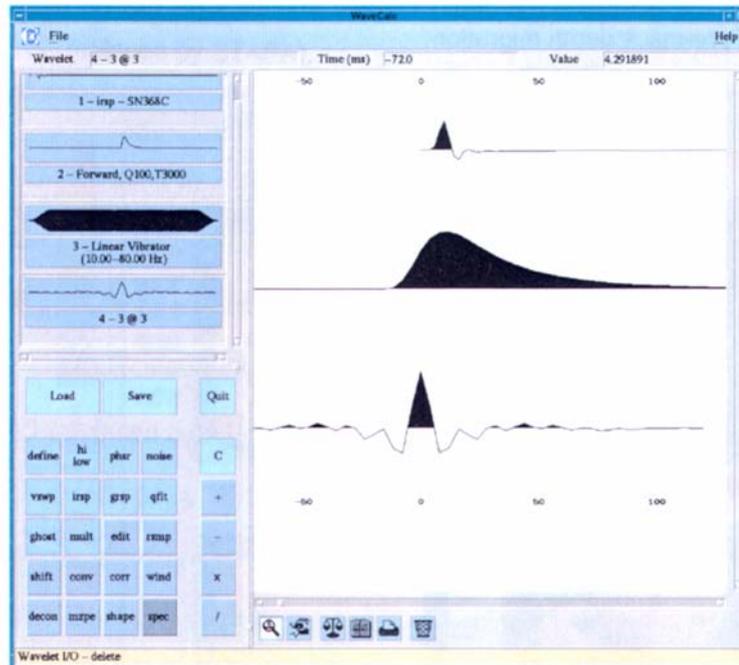


Рис.3. Основное окно расчета импульса WaveCalc

**Наращивание вычислительных возможностей существующих интерактивных прикладных систем**

отображение и анализ сейсмических данных EXAM

- сейчас имеется режим отображения Concertina, который позволяет сопоставлять различные наборы данных
- новое интерактивное средство спектрального анализа
- интерактивный пикинг функций обнуления и дна водного слоя на двух- и трехмерных наборах данных
- новые возможности построения CGM/Postscript; требуется разрешение SDI\_BATCH (монтаж пакетов) и устройство растеризации CGM

## статические поправки и изменение положения SDITR

- новый вариант «fixed parameter window», который позволяет параметризовать последовательно несколько модулей из одного окна
- новый вариант свободного кодирования GSL для параметров «последовательности» («series»)
- новый способ параметризации макросов с помощью одного окна, которое отображает только параметры, выбранные пользователем
- отображение и редактирование текстовых библиотек GSL
- введение способа принудительной установки номеров библиотек, что делает возможным использование таких модулей как GVTLB
- новый вариант для выбора модулей по имени (Name) или по имени + описанию (Name + Description)
- усовершенствованное восстановление заданий, которые были созданы с помощью других версий GeovesteurPlus

### ***Velink: общие свойства и Road Map в направлении интерпретационной обработки***

#### ***I.Mahe (CGG-Petrosystems/MV)***

### **Введение**

Velink представляет собой систему интерпретационной обработки для двумерных многопрофильных сейсмических данных. Цель Velink: обеспечение пользователей моделями скоростей и глубин, и разрезами мигрированных глубин, которые тесно совпадают с наблюдаемыми сейсмическими данными и априорной информацией (геологические предпосылки и данные ГИС). В окрестности целевых горизонтов гарантируется детальная точная обработка.

## Система обработки

Три основные полностью интегрированные подсистемы предлагают надежные решения при формировании модели скоростей и глубин, и миграции глубин:

- скоростной анализ, выдержанный по горизонту
- кинематическая инверсия, разделяющая слои на полосы
- миграция Кирхоффа после суммирования на основе горизонтов

Для усовершенствования шагов обработки предлагаются дополнительные функциональные возможности:

- ослабление когерентных помех
- длинноволновые статические поправки
- точно подобранное ослабление кратных волн, основанное на различии нормальных приращений
- моделирование кинематики кратных волн с нулевым выносом

## Система интерпретационной обработки

Анализ Velink представляет собой пакет анализа, выполняемого на целевых горизонтах. Возможен учет априорной геологической информации.



Рис.1. Результаты и входные данные, необходимые для Velink

### Velink позволяет пользователю:

- в интерактивном режиме сочетать вышеперечисленные фазы для улучшенной интерпретации посредством итеративного обращения, миграции и прямого моделирования

- увязывать все входные суммированные времена и значения скоростей суммирования, выведенные глубины и интервальные скорости для соответствующих горизонтов, которые взяты из сети пересекающихся профилей в пределах съемки
- сопоставить на одном изображении различные результаты обработки (скорости по горизонтам, временные разрезы, мигрированные глубинные разрезы), полученные с помощью различных параметров или моделей

### **Стандартные последовательности**

- определение скорости суммирования в Velink с целью оптимизации разрезов сумм в GeovesteurPlus или в любой другой системе обработки
- определение скорости суммирования после длинноволновых статических поправок, ослабления помех или кратных волн в Velink с целью оптимизации разреза суммы в GeovesteurPlus или в любой другой системе обработки

### **Вне стандартной последовательности обработки:**

- построение модели скорость – глубина с целью мигрирования глубин после суммирования в Velink, в GeovesteurPlus или в любой другой системе обработки
- построение модели скорость – глубина с целью использования ее в качестве начальной модели в системе Pre-SDM (например, в системе SIRIUS)

Кроме того, в Velink имеется возможность построения модели скорость – глубина, где используется пикинг горизонта, выполненный заказчиком.

## **Полное взаимодействие с системами обработки и интерпретации**

Что касается области программных средств обработки, Velink является полной системой интерпретационной обработки, но может также рассматриваться как дополнительная система:

- для оптимизации разреза суммы с другим подходом в скоростном анализе
- для оптимизации разреза сумм с возможностью введения длинноволновых статических поправок
- в последовательности отображения, модель скорость – глубина может быть использована в схеме post-SDM или pre-SDM в модуле миграции GeovesteurPlus или в любой другой системе обработки

Velink **не является** другой полной системой сейсмической интерпретации, хотя он и включает свойство пикинга горизонтов. Velink дает первое представление о новых интерпретационных системах обработки CGG – Petrosystems.

## Velink обеспечивает критерии контроля качества результатов

- формирование временного разреза для проверки результатов расчета скорости
- эффекты фильтра
- согласованность модели скорость – глубина с данными
- длинноволновые статические поправки
- сопоставление различных версий миграции

Одна из особенностей Velink – предоставление критериев для контроля качества каждого из результатов, что гарантирует лучшую обработку и интерпретацию.

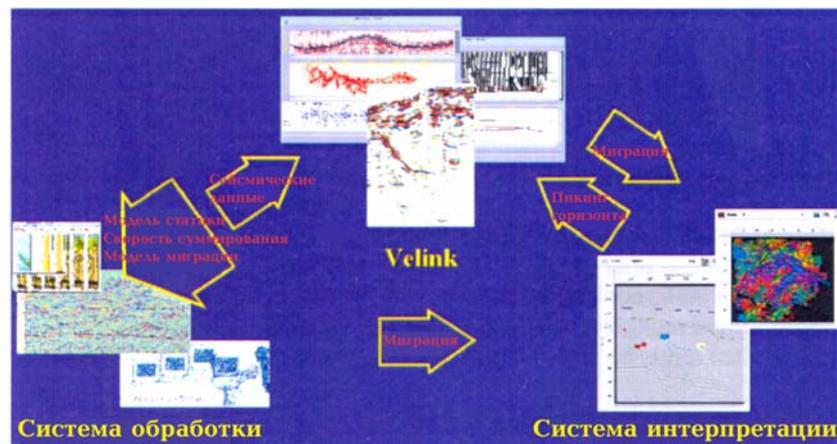


Рис.2. Velink и его место в последовательности обработки

## Road Map для длинноволновых статических поправок:

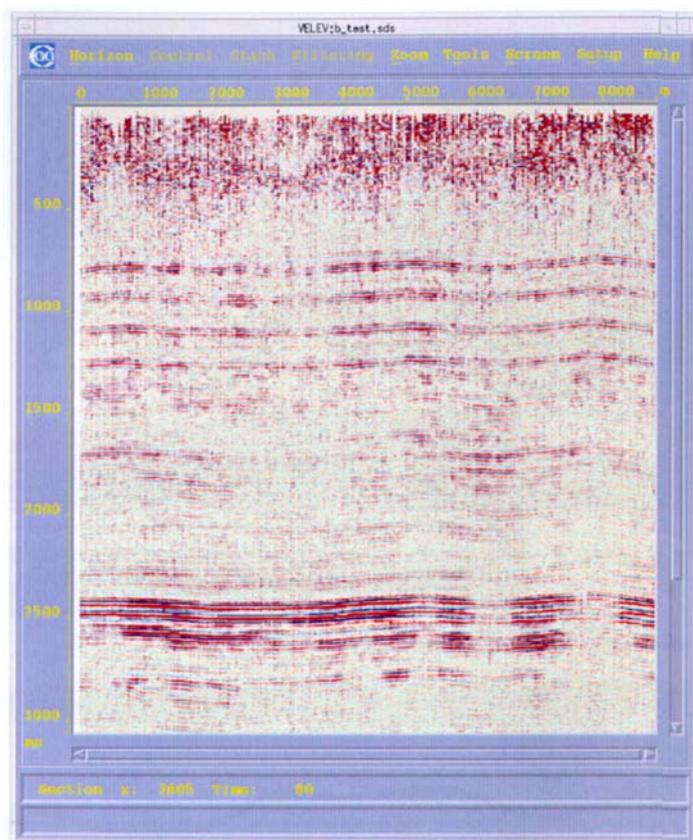


Рис.3. Входные данные – в этом случае искажения глубины обусловлены слоем ММП

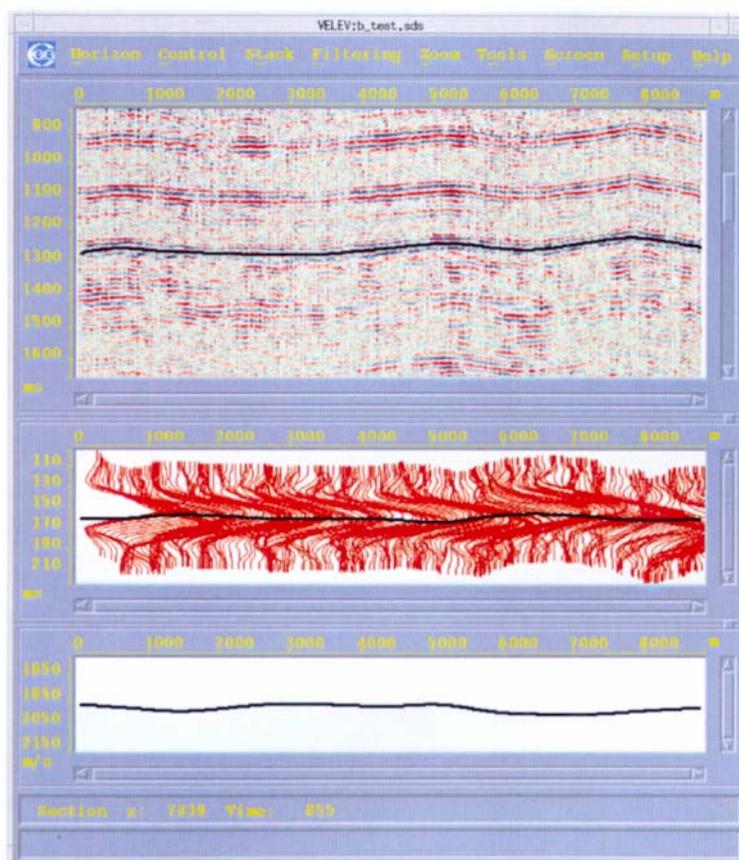


Рис.4. Шаг 1: расчет линии  $T_0$  и скорости суммирования для горизонта 1260 мс

STEP2

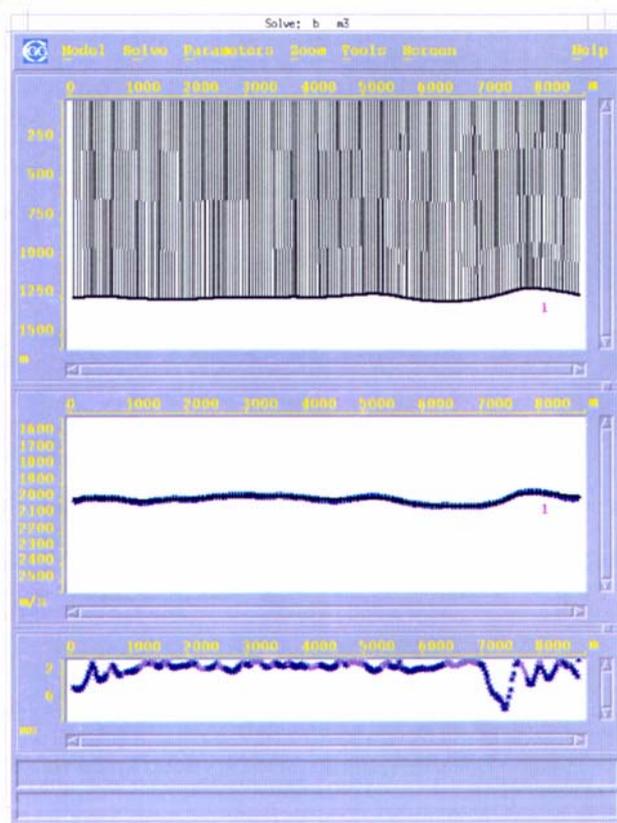


Рис.5. Шаг 2: решение задачи обращения для горизонта 1260 мс

STEP3

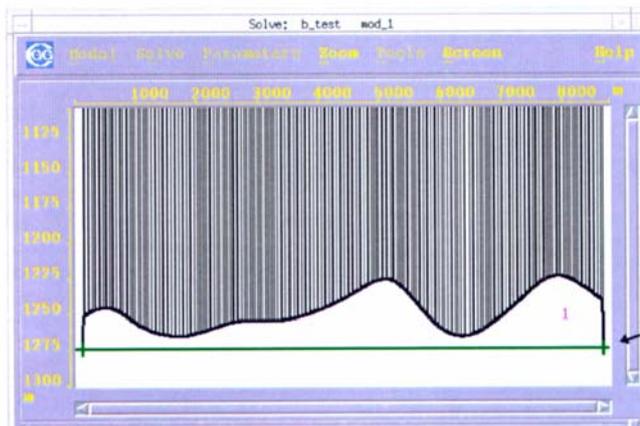


Рис.6. Шаг 3: применение этой модели скорость – глубина с априорной геологической информацией

Предполагается, что горизонт около времени 1250 мс является плоским.

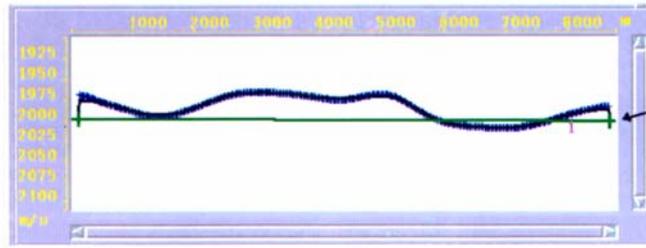


Рис.7. Соответствующая скорость предполагается постоянной (около 2000 м/с)

STEP4

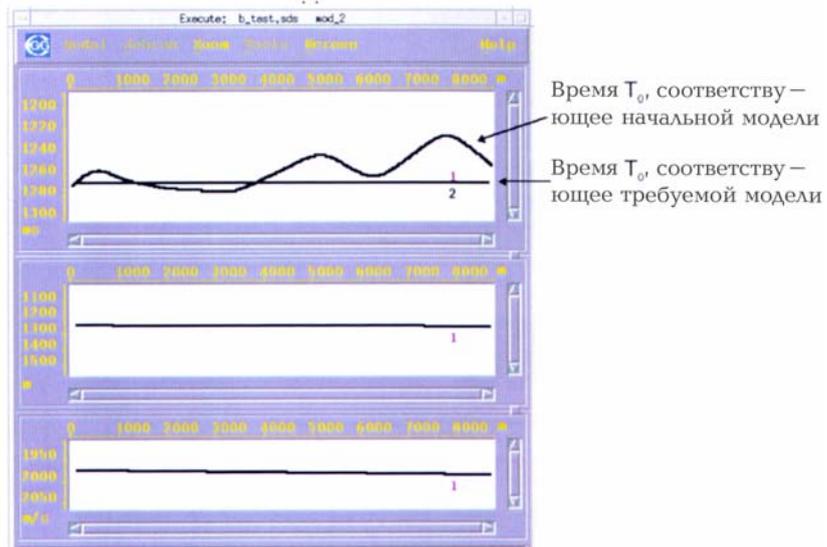


Рис.8. Шаг 4: расчет соответствующих ( $T_0$ ,  $V_{st}$ ) по этой новой модели

STEP5

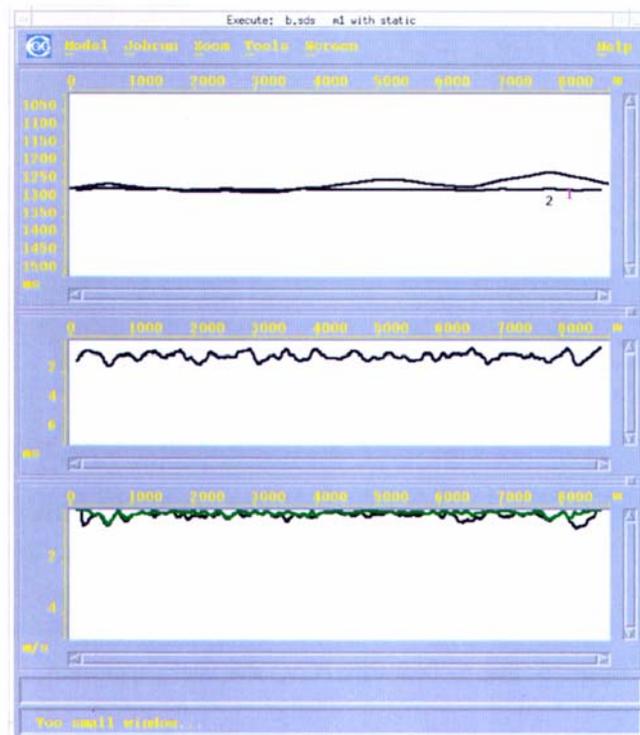


Рис.9. Шаг 5: расчет статических поправок, которые совмещают данные с требуемой моделью скорость – глубина

STEP6

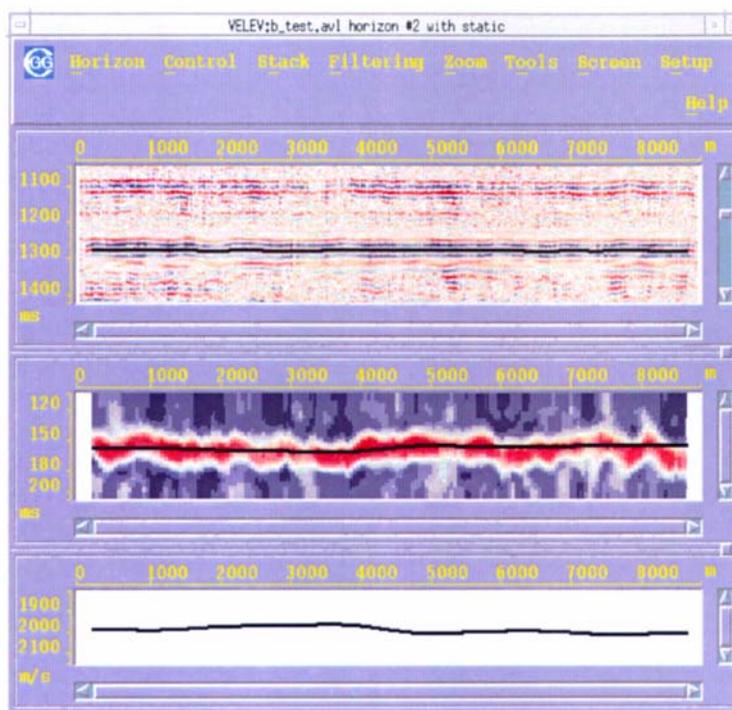


Рис.10. Шаг 6: расчет ( $T_0$ ,  $V_{st}$ ) после применения статических поправок

STEP 7

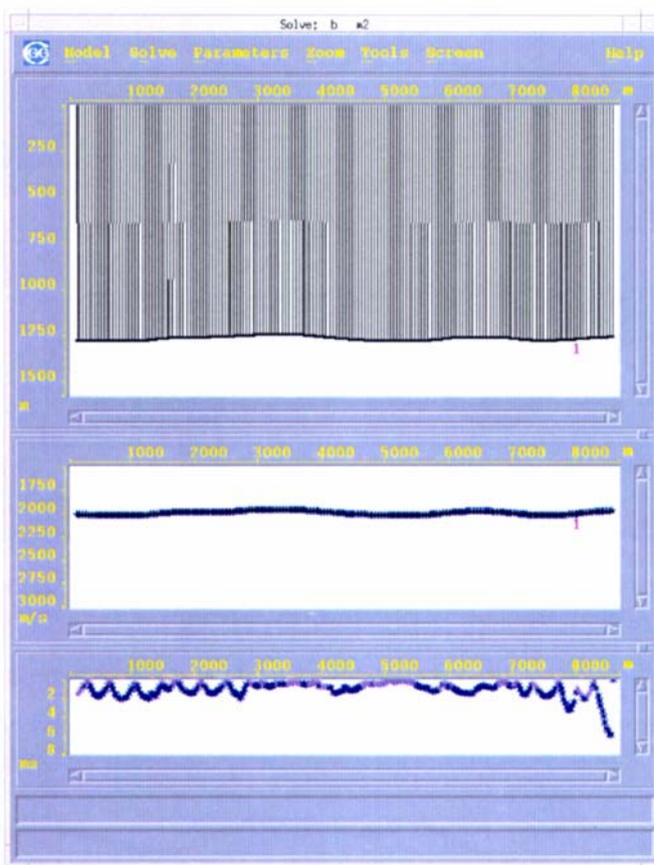


Рис.11. Шаг 7: расчет новой модели скорость – глубина после применения статических поправок

STEP 8

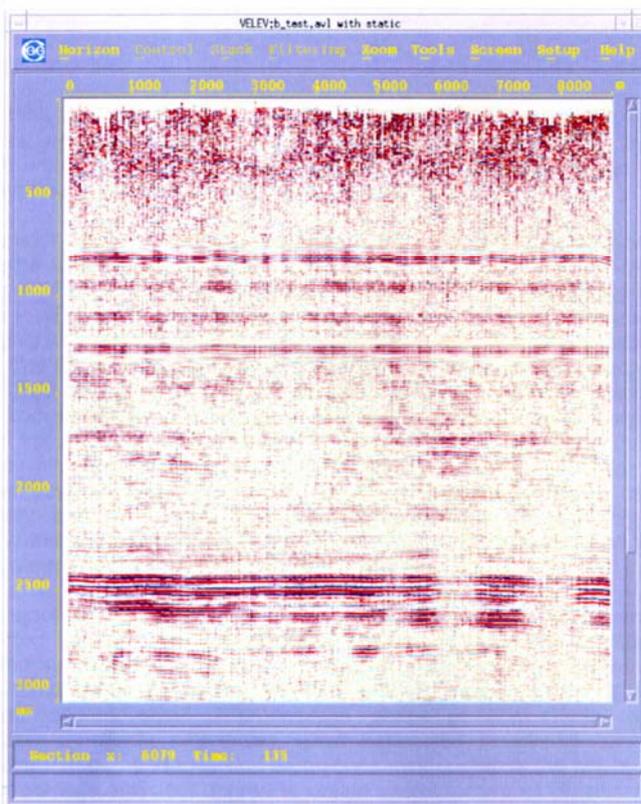


Рис.12. Последний шаг: разрез суммы после статических поправок

## **Заключение**

Интегрированное взаимодействие Velink является важным качеством для получения достоверной обработки и интерпретации сейсмических данных. Мы не только исследуем и выбираем оптимальные параметры, но и контролируем согласованность промежуточных результатов с наблюдаемыми данными и априорной информацией, используя алгоритмическое и интерфейсное взаимодействие.

### ***Четырехмерная интерпретационная обработка***

**C.S. Burns, CGG Research, Paris**

#### **Введение**

В анализе повторной сейсморазведки, предназначенной для контроля коллектора, необходимым условием оптимизация параметров обработки и методологий является наличие эталона, который позволил бы оценивать эффекты изменения параметров.

Наиболее распространенным является использование минимизации разности за пределами коллектора, где изменения не ожидаются, но это нельзя назвать надежным эталоном. Эксперименты с повторами (Beasley, 1997) являются неубедительными применительно к задачам четырехмерных работ, но их можно использовать для того, чтобы получить меру неопределенности как функцию параметров обработки с минимальным влиянием со стороны процесса сбора данных. Причины наблюдения различий в сейсмических характеристиках там, где мы не ожидаем изменений пород или флюидов, потенциально могут быть весьма сложными. Сюда можно отнести влияние сбора и обработки данных, и ошибки, которые мы допускаем, делая предположения о физических свойствах. Не считая остаточных различий сейсмических свойств за пределами коллектора, можно получить сейсмическую меру изменения свойств коллектора, которое обусловлено его разработкой. Четырехмерные съемки нужно рассматривать применительно к конкретному случаю. Польза этих мер и возможность их получения зависят от повторяемости сейсмических данных способности обнаружения этими данными изменений свойств коллектора.

Следовательно, четырехмерные работы должны начинаться с принятия эталона коллектора, построенного по результатам интерпретации каждой съемки (традиционная интерпретация, расширенная до включения данных добычи), и разности объемов, полученной путем вычитания результатов двух съемок. При формировании разностного объема, небольшие различия в фазе или статике могут привести к заметному различию в амплитудах, когда вычитание происходит по выборкам. Некоторые методики интерпретации и обращения могут подавить влияние этих ошибок так, что получатся надежные меры изменения свойств коллектора.

Применение на ранних фазах работ эффективных процедур обработки и интерпретации с целью обобщения сейсмического отклика на разработку коллектора может дать достаточную информацию, которая способна оказать немедленное

влияние на планирование разработки, или стать основанием для оптимизации и расчета более дорогостоящих процедур.

## **Интерпретационная обработка**

Четырехмерная сейсмическая интерпретация представляет собой синтез инженерного искусства, геологических и петрофизических данных; она включает проекцию сложных моделей (трехмерных диаграмм физических процессов) на объем сейсмических данных. Имеется также модель помех, предназначенная для учета явлений отклонения от нормы.

Включение методик интерпретации в обработку данных, с одной стороны, продлевает эту фазу работ, а с другой стороны, снижает общую стоимость работ и время их исполнения. Появляется возможность проверить, что выбранный сейсмический метод может дать оценку свойств коллектора, и что оценки получены путем оптимизации параметров сбора и обработки данных.

Технология, разработанная для интегрирования трехмерных сейсмических данных в процесс получения характеристики коллектора, сформировалась настолько (Burns, 1997), что позволила активно включать геологические, петрофизические и технические данные в определение параметров и методологию обработки сейсмических данных. Степень, с которой различие амплитуд и времен пробега при повторных съемках может служить признаком изменения свойств коллектора, в значительной мере зависит от способности обработки учитывать различные параметры и условия сбора данных. Сейчас методология обработки амплитуд включает получение относительных изменений при проведении повторной съемки в одной и той же точке (в отличие от традиционного взгляда на сохранение относительного пространственного изменения амплитуд). Таким образом, предлагается пример новой обработки (в качестве дополнения к традиционной обработке относительных амплитуд) для выделения точной и значимой информации из повторных трехмерных съемок. Если идеал традиционной обработки (т.е. получение «относительной амплитуды», нуль-фазового импульса) достигнут, то различие между повторными съемками вне зон физических изменений должно быть обусловлено различием временной и пространственной разрешающей способности. В этом случае процесс получения полезных четырехмерных сейсмических признаков существенно упрощается.

Что понимается под выражением «сохраненные амплитуды» или «относительные амплитуды»? Обычно подразумевается, что в попытке подавить нежелательные амплитуды, мы не разрушаем полезную информацию амплитуд, полученную по их относительным изменениям. Для данного участка и типа коллектора, часто имеется компромисс между улучшением и выделением точной информации из относительного изменения амплитуды. Включение геологических данных и скважинного контроля в фазу обработки сейсмических данных необходимо для количественного определения объекта поиска и повышения мощности и расширения диапазона алгоритмов обработки. В процесс определения параметров обработки до и после суммирования могут быть включены данные скважинного контроля и добычи. Это позволяет получить оптимальное глобальное согласие между изменением относительных амплитуд в латеральном направлении и смоделированным откликом коллектора.

## **Анализ снижения стоимости**

Количество усилий при обработке сейсмических данных, необходимых для эффективного картирования изменений свойств коллектора (цены определенных методов трехмерного предварительного суммирования являются относительно высокими), зависит в основном от двух факторов. Одним из них является **обнаружительная способность** (т.е. способность выделения величины изменения скорости и плотности на фоне помех), а вторым – повторяемость (т.е. степень сходства условий сбора данных). Например, при проведении двух съемок с совершенно различными параметрами, ориентацией и условиями, выполненных над высокопористым газонасыщенным коллектором, который залегает на малой глубине, получаются весьма значительные изменения амплитуды. Вероятно, также открывается возможность картирования движения газа. **Исследования выполнимости** (feasibility), которые анализируют отклик синтетических сейсмических данных на ожидаемые изменения свойств коллектора, полезны в качестве средства поддержки интерпретации и количественной характеристики четырехмерных сейсмических данных. Однако текущее положение дел показывает наличие множества слабых (с точки зрения теории и работоспособности) мест, что снижает важность исследования способности оценки четырехмерных работ.

Самой первой проблемой обработки четырехмерных данных, с которой приходится иметь дело (применительно к вопросам обнаружительной способности и повторяемости), являются когерентные и случайные помехи (или то, что выглядит как случайные помехи). Изменяющиеся в пространстве помехи осложняют обработку относительных амплитуд и попытки получить устойчивый нуль-фазовый импульс. Например, изменение уровня воды или сильные утолщения пласта могут обусловить изменяющийся в пространстве эффект, который искажает следы сбора данных и артефакты обработки. Повторяется ли поле кратных волн? Незначительное изменение уровня воды может привести к проблеме предварительного суммирования.

Вторая проблема трехмерного предварительного суммирования, сопряженная с большими затратами, - это скоростной анализ для целей суммирования и миграции: необходимо ли выполнять параллельный скоростной анализ обеих съемок? Эта проблема усложняется, когда съемки имеют совершенно различную ориентацию и используют различные выносы. В общем случае, наиболее эффективным с точки зрения стоимости подходом, вероятно, является оптимизация обработки отдельно для каждой съемки (сложные процессы применяются только тогда, когда это оправдано), и введение поправок за остаточную упругость на стадии интерпретации.

Благоприятным обстоятельством является то, что многие участки четырехмерных работ уже имеют по меньшей мере одну трехмерную сейсмическую съемку с достаточным скважинным контролем для интегрированной интерпретации; на других участках имеются дополнительные сейсмические данные и данные добычи. Это позволяет сделать начальную оценку и установить направление последующих исследований. Несмотря на зависимость от конкретного случая, прогресс в геологических науках, в частности, в технологии сбора и обработки сейсмических данных, сделал получение четырехмерной сейсмической информации хорошим вкладом на каждой стадии цикла жизни коллектора. В определенных случаях, анализ четырехмерных сейсмических данных может не иметь большой ценности для текущей практики управления: достаточно скважинного контроля. В других случаях, для управления коллектором достаточно установить начальное направление, т.е. нет необходимости обращаться к более дорогостоящим процедурам.

## Методология измерений - Рис.1

В общем случае, четырехмерные сейсмические измерения могут быть классифицированы следующим образом: сравнительные, в результате которых получают разности времен и амплитуд для двух съемок, и полученные на объемах разностей (четырёхмерное обращение). Каждая мера относится к ожидаемым изменениям свойств коллектора, обусловленным добычей (разность водонасыщенности, давления, температуры): разность времен дает разность скоростей ( $\Delta\text{Time} \rightarrow \Delta\text{Velocity}$ );  $\Delta\text{Amplitude} \rightarrow \Delta\text{Sfh}$  (изменение свойств флюида \* мощность); объем разностей  $\rightarrow \Delta\text{Sf}(Z)$  (изменение свойств флюида \* положение в пределах мощности коллектора). Затем четырехмерная сейсмическая информация интегрируется (посредством детерминистических моделей, многомерной классификации и классификации в нейронной сети (neural-net classification) и обращения акустического импеданса), и ограничивается участками, где данные добычи характеризуются высокой степенью достоверности. Затем параметры и методология обработки четырехмерных сейсмических данных могут быть оптимизированы итеративным способом.

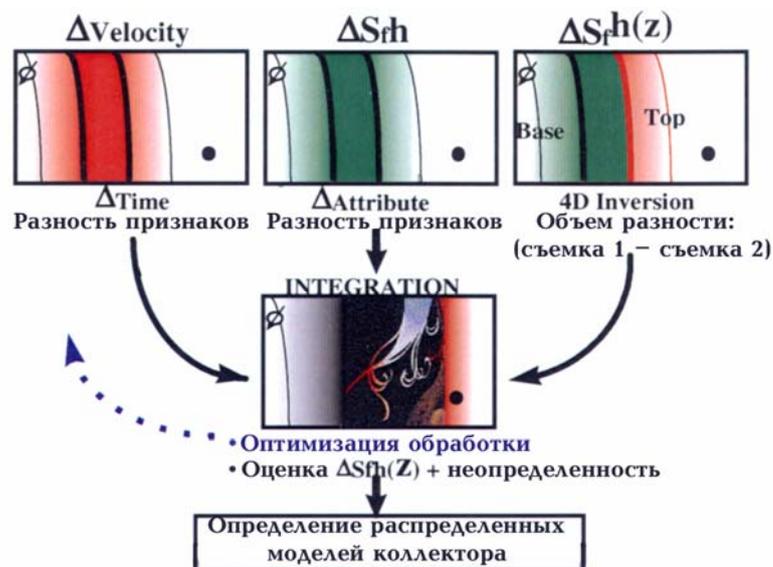


Рис.1

На рис.1 в схематическом виде показано описание, приведенное выше. Для этого используется четырехмерный случай примера, показанного на рис.2 (см. далее). На картах представлена скважина (слева), нагнетающая газ в сторону продуктивной скважины (справа). Это обуславливает изменение свойств коллектора, т.к. нефть замещается газом. Происходит уменьшение плотности коллектора и скорости продольных волн; следовательно, возрастает время их пробега и увеличивается амплитуда. Изменение времени пробега ( $\Delta\text{Time}$ ) измеряется путем сопоставления двух съемок. Для этого используется взаимная корреляция или интерпре-

тационные методики, которые позволяют оценить изменение скорости продольных волн ( $\Delta Velocity$ ). Изменение амплитуды лучше всего определяется путем сравнительного анализа карт признаков, используемого для оценки изменения мощности замещения газом ( $\Delta Sfh$ ). Изолинии на карте представляют собой  $\Delta Sfh$ , выраженные в процентах: переход от нулевого изменения при начальном ГНК к участку, на котором произошло полное замещение нефтяного столба. Для оценки положения  $\Delta Sfh$  по вертикали лучше всего подходит объем разности, где могут быть использованы методики обращения, основанные на модели (в данном примере моделируется плоский (для упрощения) ГНК, где фронт газа сначала появляется в верхнем слое). После интегрирования различных оценок четырехмерных сейсмических данных, необходимо выполнить многодисциплинную интерпретацию, целью которой является согласование технической, геологической и геофизической информации для последующего обновления разделенных моделей коллектора.

Каждый коллектор уникален в физическом, экономическом и концептуальном смыслах. Выбор сейсмических методов, подходящих с точки зрения экономики (сейсмической литологии, AVO, стратиграфии, 4С, отображения глубин и т.д.) для получения характеристик коллектора и четырехмерного анализа, требует понимания сложных взаимосвязей между оценками свойств коллектора по сейсмическим методам.

С появлением интегрирования, открывается возможность исследования коллектора как целостного процесса с целью более эффективного определения технологии, стоимости и времени, с учетом имеющихся данных и потребности в дополнительных данных. В этом свете, для успешного интегрирования сейсмической информации в мониторинг коллектора, организационные и деловые условия становятся фактором таким же важным, как и технология.

## Полевой пример – рис.2

Чтобы показать некоторые из вышеперечисленных принципов, воспользуемся данными мониторинга площади в Северном море:

- трехмерные сейсмические морские работы были повторно проведены после трех лет добычи (за это время произошло значительное замещение флюида). Съёмки проводились без изменения ориентации, но с различным шагом между источниками и профилями.
- на исследуемой площади находятся две газовые и две нефтяные скважины
- моделирование коллектора и данные добычи дают оценку движения флюида в период между двумя съёмками
- скорость и плотность пород изменяется в функции пористости и водонасыщенности

Сценарий добычи объясняется выше (см. рис.1).

Самая основная из нулевых линий была установлена с помощью трехмерных объемов, где выполнялась минимальная обработка с целью гармонизации съём-

мок: одна глобальная поправка и статическая поправка, и полосовой фильтр для выравнивания частотного спектра. Перед получением объема разности интерполяция не проводилась – трассы вычитались только в том случае, если они находились в одном и том же месте; следовательно, появлялись периодические интервалы. Признаки были выделены из каждой съемки, и разность объемов получена после преобразования данных в один и тот же грид.

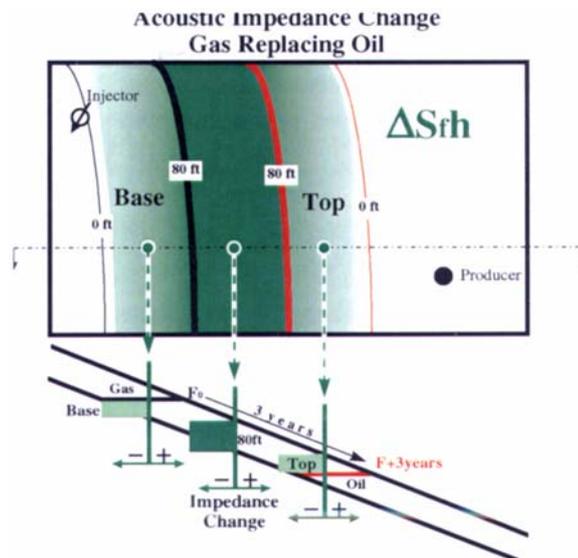
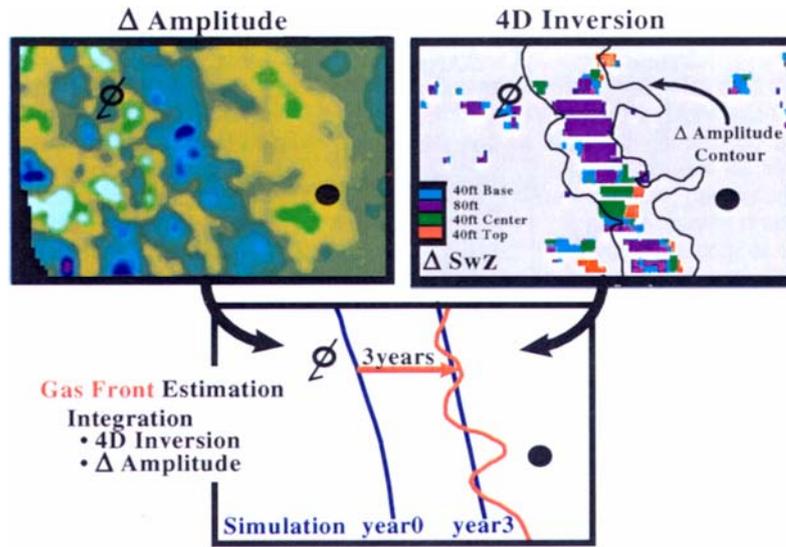


Рис.2. История исследования в схематическом виде; изменение акустического импеданса; газ, замещающий нефть

В дополнение к сейсмическим структурным картам и картам признаков, используемым для установления эталонной базы данных, была применена методика четырехмерного обращения, основанная на модели. Она применялась на объеме разности для оценки положения по вертикали изменения мощности насыщения: полное замещение в коллекторе (80 ft); нижняя половина (40 ft Base); верхняя половина (40 ft Top) и 40 ft Center. Ожидаемая картина замещения слева направо (вниз по падению): 40 ft Base, 80 ft, 40 ft Top или 40 ft Center. Изолиния  $\Delta Amplitude$  показывает потенциальную границу фронта газа (см. карту 4D Inversion на рис.3). До этого момента скважинная калибровка не проводилась, и единственной интерпретацией было структурное картирование кровли и подошвы коллектора и нескольких контрольных горизонтов.



Оценка фронта газа (рис.3) получена путем интегрирования результатов  $\Delta$ Amplitude (разности амплитуд) и 4D Inversion (четырёхмерного обращения). Анализ четырехмерных сейсмических данных показывает, что фронт газа перемещается в сторону продуктивной скважины быстрее, чем было предсказано путем моделирования коллектора; раннее поступление газа на следующий год свидетельствует в пользу интерпретации сейсмических данных.

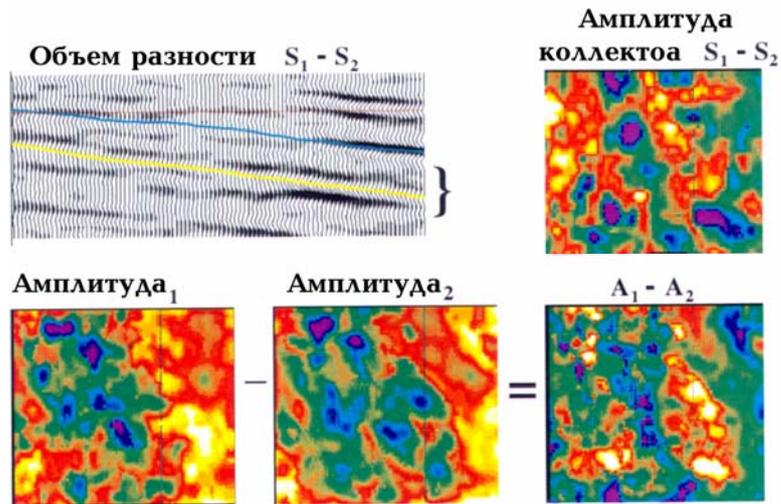


Рис.4. Разности амплитуд

Полученные результаты оказались достаточными для объяснения данных добычи в пределах исследуемого участка, хотя первоначально эти исследования предназначались в качестве основы для оценки эффективности методик более продолжительных и дорогостоящих.

Данная информация может быть использована для уточнения разделенных моделей коллектора (например, учет возросшей пористости, обнаружение разломов и трещиноватости, другой более детальный метод и т.д.).

**Структурная модель площади Chiapas-Tabasco (юго-восток Мексики)**

**J.Z. Rivas (CGG – ASI)**

## Аннотация

Цель данного исследования состоит в том, чтобы найти структурную модель, которая соответствует локальной геологической информации и объясняет явления, связанные с добычей. Поверхностные и глубинные данные подвергались анализу и интерпретации с целью определения структурной модели Chiapas – Tabasco. Основные концепции режимов растяжения и сжатия применительно к методам уравновешенных разрезов (balanced cross-sections) и взаимосвязи между разломами разработаны с применением двух- и трехмерных сейсмических данных. Этот процесс интегрирован с глобальной тектоникой и региональной стратиграфией юго-востока Мексики.

Анализ данных показал, что на площади Chiapas – Tabasco имеются только сдвиговые структуры. Интерпретированы такие виды структурной геометрии как глыбово-складчатая и сбросовая. Лежачие блоки надвигов, расположенные на юрских соляных отложениях, четко не идентифицируются вследствие потери сейсмической информации ниже отложений мелового возраста, и слабой контрастности юрских отложений по акустическому импедансу. Площадь Chiapas – Tabasco классифицирована как «система двойного надвига» (классификация систем надвигов по Boyer и Elliott, 1982).

Нефтяные структурные ловушки, найденные на площади Chiapas – Tabasco, связаны с глыбовой складчатостью, которая обусловлена надвиговым диастрофизмом. Потенциальные нефтяные ловушки, возможно, располагаются ниже ловушек, связанных с глыбовой складчатостью.

## Введение

Площадь Chiapas – Tabasco расположена в южной части «Cuencas del Sureste» Мексиканской Республики (рис.1). Название площади связано с положением на границе мексиканских штатов Chiapas и Tabasco. Cuencas del Sureste дает более 95% нефти в Мексике.

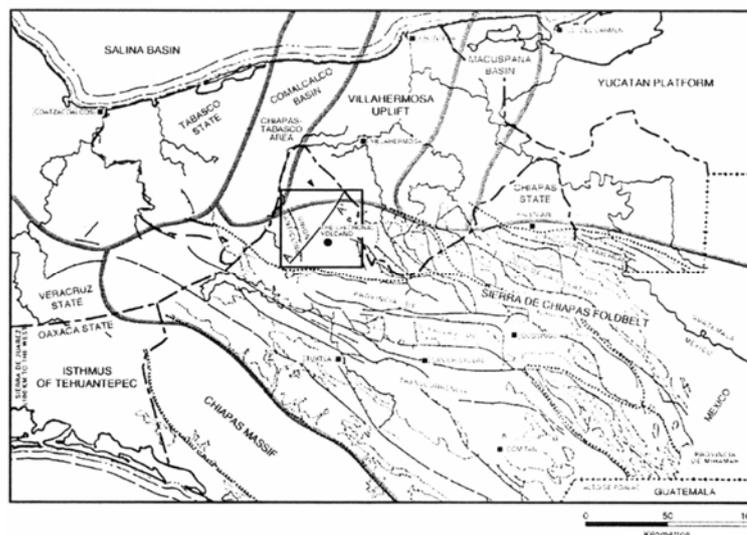


Рис.1. «Cuencas del Sureste» Мексиканской Республики

Геологи и геофизики подвергли площадь Chiapas – Tabasco интенсивным исследованиям, но по их результатам не было получено единого мнения о структурной модели региона. На площади легко спутать стиль тектоники сдвигового сжатия (wrench-compressional) со стилем надвигового сжатия (thrust-compressional). Более того, поскольку юрские отложения характеризуются слабоконтрастным акустическим импедансом, структурная интерпретация меловых отложений может не соответствовать структурной информации юры и палеогена. Цель данной статьи заключается в том, чтобы представить структурную модель, которая соответствует геологическим структурам площади и объясняет изменения коллекторов, связанных с этими структурами, в процессе добычи.

Вся тектоническая история Chiapas – Tabasco тесно связана с региональной тектоникой. Следовательно, в данной работе основным методом является корреляция поверхностных и глубинных структур с движением и столкновением Североамериканской, Карибской, Южноамериканской и Тихоокеанской плит. Параллельно используется структурный анализ геометрии (Morley, 1986, и Boyer и Elliott, 1982). Кроме того, применяются методы уравнированных разрезов и межсоединений среди разломов.

Площадь Chiapas – Tabasco представляет собой весьма сложный в структурном отношении район. Имеются три различные тектонические стили, и каждый из них проявляет тенденцию к доминированию в зависимости от того, насколько близко находится площадь к границе Североамериканской и Карибской плит. На юг от вулкана Chichonal (рис.1), район контролируется сдвиговым сжатием, тогда как на север от вулкана контроль переходит к надвиговой тектонике. В центральной части штата Tabasco и на удалении от побережья, структуры сжатия перекрываются обширными системами, которые являются следствием стиля соляной тектоники.

## Методы

Данная статья основывается на опыте нескольких работ, проведенных на юге Мексики вблизи границы Северо-Американской и Карибской плит, и на геологических исследованиях, проведенных в бассейне озера Маракайбо в Венесуэле вблизи границы Карибской и Южноамериканской плит. Этот опыт позволил сопоставить историю тектоники и стратиграфии осадочных бассейнов, расположенных на той и другой границе Карибской плиты. В статье не приводятся данные Pemex (Petroleos Mexicanos) или PDVSA (Petroleos de Venezuela). Тем не менее, структурный анализ, примеры диаграмм и заключения основаны на результатах интерпретации сотен километров двух- и трехмерных сейсмических профилей и на геологической информации, которая получена по многим скважинам, принадлежащим Pemex или PDVSA.

Двух- и трехмерные сейсмические профили, расположенные на площади Chiapas – Tabasco, были проанализированы и интерпретированы с целью поиска геометрических элементов и сейсмических сигналов, обусловленных напряжениями в породах. Параллельно эти элементы и ложные сигналы коррелировались с историей регионального тектонического развития и региональной стратиграфией. В основном, присутствуют события надвигового сжатия. Для идентификации геометрических элементов и классификации систем использовались номенклатура и классификация фронтов надвигов и определение надвиговых систем по Boyer и

Elliott (Boyer и Elliott, 1982). Для формирования схематических разрезов глубин использовались методы уравнивания разрезов (Suppe, 1983) и межсоединений среди разломов (Boyer и Elliott, 1986).

## Тектоническая обстановка

Структурная основа на площади Chiapas – Tabasco связана с движением, прилеганием и столкновением тектонических плит (рис.2), и с соляной тектоникой. Продолжительный спрединг Северо- и Южноамериканской плит в позднем палеозое и в раннем мезозое охарактеризовал трансгрессию и привел к отложению огромных объемов соли в средне- и верхнеюрское время. Эти отложения распространяются от La Sierra de Chiapas до Las Cuencas de Sureste и до Sonda de Campeche и Cuenca Salinas (рис.1). С ними связана соляная тектоника в неогене (Garcia-Molina, 1994). Спрединг Американских континентов продолжался в течение мелового периода, и постепенное погружение характеризуется отложением мощных мелководных платформенных карбонатов, что привело к созданию основных пород-коллекторов площади Chiapas – Tabasco. Мезозой юга Мексики характеризуется стилем тектоники расширения.

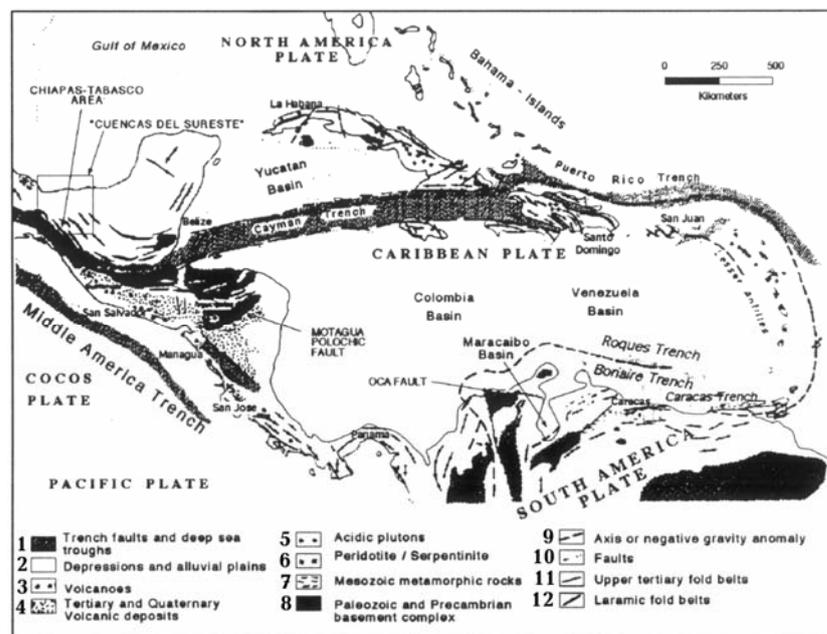


Рис.2

(См. рис.2: 1- желоба и глубоководные трюги; 2- депрессии и аллювиальные равнины; 3- вулканы; 4- третичные и четвертичные вулканические отложения; 5- кислые породы; 6- перидотит/серпентинит; 7- мезозойские метаморфические породы; 8- комплекс палеозойского и докембрийского фундамента; ось отрицательной гравитационной аномалии; 10- разломы; 11- верхнетретичные складчатые пояса; 12- ларамийские складчатые пояса)

Начало перемещения на восток Карибской плиты (Карибский орогенез) в поздне-меловое и раннепалеогеновое время привело к радикальным изменениям в Южной Мексике. Это движение обусловило напряжения сжатия в горизонтальном направлении, что дало начало ряду сдвигов с простиранием, близким к широтному. Совершенным примером является разлом Motagua-Polochic. Важно отметить, что Sierra Madre Cordillera (Range) была создана приблизительно в это же время, но как следствие субдукции Тихоокеанской плиты под Североамериканскую плиту (поэтому северная выраженность Sierra Madre Range находится в Sierra de Juarez,

западной части Isthmus Tehuantepec). В силу этой причины, позднемиоценовое – ранне-неогеновое время характеризовалось тектоническим стилем сдвигового сжатия; однако, имеются несколько признаков смещения по горизонтали к северу от вулкана Chichonal, который расположен в центре исследуемой площади, вблизи границы штатов Chiapas и Tabasco (рис.1).

Движение Карибской плиты не было единичным событием. Напротив, оно происходило вместе с субдукцией и/или перемещением Тихоокеанской плиты под Северо- и Южноамериканскую плиты. Плита Cocos, небольшая часть Тихоокеанской плиты, испытывала субдукцию под Южную Мексику, начиная с раннего эоцена. Оцененное укорачивание составляет от 50 до 70 км. Важным следствием этого является движение массива Chiapas с юго-запада на северо-восток по плоскости складчатости срыва, близко к мантии. С этим событием связано создание надвигового тектонического стиля в Южной Мексике. Основная плоскость складчатости срыва интерпретирована в среднеюрских соляных отложениях. В данной статье утверждается, что сдвиги, созданные движением Карибской плиты (особенно разлом Polochic-Montagua) в Sierra de Chiapas, сложно определить на юге и юго-востоке Мексики (северная часть Sierra de Chiapas, бассейн Comalcalco, складки Villahermosa и бассейн Macuspana) вследствие тектонических событий надвигового типа, которые замаскировали сдвиги.

В раннем неогене, энергия, нагнетенная надвиговыми тектоническими событиями вместе с погружением (осадконакоплением и уплотнением) южно-мексиканских бассейнов, создала идеальные условия для появления стиля соляной тектоники. Связанные с соляной тектоникой структуры, такие как протяженные системы разломов, простирающихся с юго-запада на северо-восток (перпендикулярно к надвиговым структурам) и падающих на северо-запад (ориентированных к депоцентру бассейна Мексиканского залива), хорошо идентифицируются в бассейне Comalcalco, складках Villahermosa и бассейне Macuspana.

Рис.3 дает хронологическую иллюстрацию наиболее важных структурных событий, происходивших в Северной, Центральной и Южной Америке с мезозоя до кайнозоя. Эти важные события сопоставляются с тектоническими стилями и событиями, происходившими в бассейнах Южной Мексики. В качестве заключения, можно идентифицировать четыре тектонических стиля: растяжение, сдвиговое сжатие, надвиговый и солевой стили. С точки зрения эксплуатации, надвиговый и солевой тектонические стили обусловили подавляющее большинство нефтяных ловушек на площади Chiapas – Tabasco.

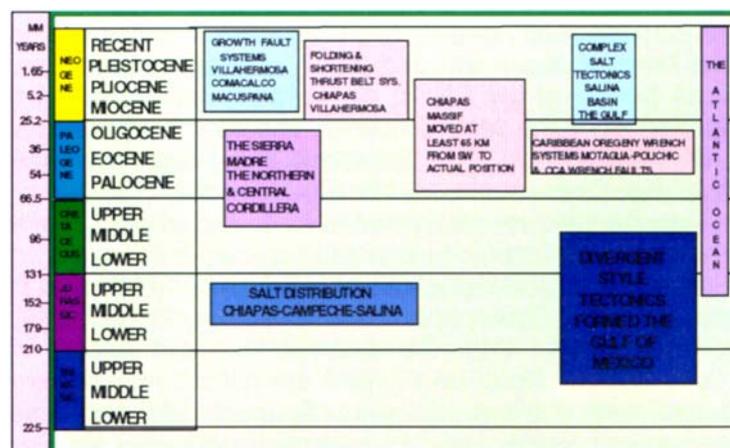


Рис.3. Важные структуры и тектонические события, и их взаимоотношения с Южно-Мексиканским регионом

### Стратиграфическая обстановка

На рис.4 показана обобщенная стратиграфическая колонка площади Chiapas – Tabasco, основанная главным образом на данных Lopez – Ramos, 1985, и D.Moron – Zenteno, 1994. О геологии триаса Южной Мексики известно мало. Средняя и верхняя юра представлена весьма обширными отложениями соли и ассоциированными эвапоритами, которые покрывают всю Южную Мексику (O.Viniegra, 1981). Эти отложения играли важную роль в распределении плоскостей складчатости срыва надвигов, и положили начало протяженным системам разломов в неогене.

SISTEM	SERIE	STAGE	FORMATION	LITHOLOGY
QUATERNARY	Holocene		ALUVIUM	
	Pleistocene	Calabrian	TERRACOTRAGA	Shales, abundant
TERTIARY		Pliocene	Astian	TRES PUENTES
	Plaisancian		BELEM	Clays, abundant fossils
	Miocene	UP. Vindobonian	ZARCAZAL	Shales, sands intercalated
		Med. Tortonian	ENCAJONADO	Aquifers, molasses
		Med. Helvetic	AMATE SUP	Sand and sandstone
		Low. Burdigalian	AMATE INF	Concretions of sandstone
	Oligocene	UP. Chattian	MACUSPANA	Limestone
		Med. Rupelian	MISOFA	Calcareous shale, sandy, micaceous, many fossils
	Eocene	UP. Priabonian	CHINAL	Limestone with fishes
		Med. Lutetian		cross-stratifications
Paleocene	UP. Thanetian	CANDELARIA	Massive shale	
	Low. Danian			
CRETACEOUS	UP.	Maestrichtian	MENTEZ	Muds with bentonite
		Cambrian	SAN FELIPE (?)	Mudstone with clay
		Santonian	AGUA NUEVA	Bentonite mudstone
	MED.	Turonian		White Mudstone
		Cenomanian	SIERRA MADRE	Limestones and dolomites
	LOW.	Aptian		
		Bauremian	CHINAMECA SUP	Mudstone with clay
JURASSIC	UP.	Hauterivian		Limestones, dolomites, and evaporites
		Valanginian		
		Berriasian		
	MED.	Tithonian	PIMENTA (?)	Marl and limestone
LOWER	Kimmeridgian	SAN ANDRES (?)	Saline deposits	
	Oxfordian			
LOWER	Callovian			
	Bathonian	CALCARENITAS	(?)	
LOWER	Bajocian			
	Liassic			

Рис.4. Обобщенная стратиграфическая колонка площади Chiapas – Tabasco

В меловом периоде отложение мощной карбонатной платформы сопровождалось продолжительным нисходящим движением бассейна. В среднемеловое время происходило эвстатическое понижение уровня моря приблизительно на 60 – 100 метро (J.Faust, 1990), которое обусловило появление повсеместно распознаваемой сейсмической отражающей поверхности. Мощные мелководные платформенные карбонаты, отложенные в меловое время, являются наиболее важным коллектором площади Chiapas – Tabasco. Морские терригенные осадки были отложены на большей части площади Chiapas – Tabasco в течение третичного периода. Они заполнили бассейны Macuspana и Comalcano, контролируемые системами конседиментационных разломов, которые явились результатом соляно-тектонического стиля и погружения.

Более того, границами этих осадочных бассейнов (Macuspana и Comalcano) и Villahermosa Fold являются неглубокие конседиментационные разломы, которые не затрагивают фундамент (Garcia-Molina, 1994). Следовательно, две депрессии (Macuspana и Comalcano) и поднятие (Villahermosa) могут рассматриваться как уникальный осадочный бассейн.

## Результаты

Геологические карты (рис.1,2,5) дают четкое представление о тектонических стилях на исследуемой площади. Были проанализированы несколько геологических карт и хронологически классифицированы поверхностные структуры. С другой стороны, показано, что некоторые сдвиги (рис.5) пересекают массив Chiapas, что вряд ли согласуется с тектонической историей района. Более того, сдвиги, расположенные между **inverse faults (надвигами?)** и массивом Chiapas, противоречат принципам или, по меньшей мере, вызывают удивление.

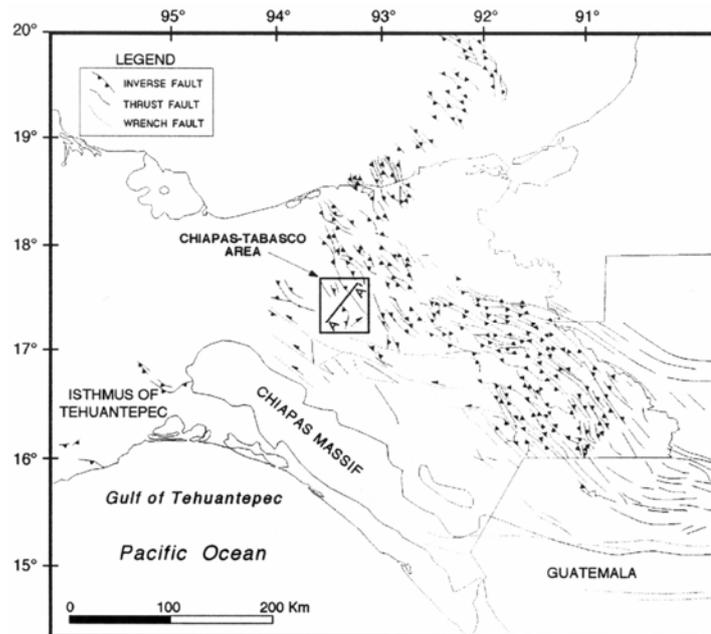


Рис.5. Сдвиги, пересекающие массив Chiapas

Хронологический порядок тектонических событий, происшедших на юге Мексики, хорошо коррелируется с глобальной тектоникой. Юрское и меловое растяжение и раннепалеогеновое сдвиговое сжатие на юге Мексики и в бассейне озера Маракайбо весьма сходны (Rivas, 1993). Следовательно, оба бассейна имеют потенциальные формации-коллекторы мелового возраста. Однако бассейн Маракайбо показывает наличие сдвиговых систем весьма значительных размеров, которые плохо просматриваются в Cuena del Sureste и более определены на площади Chiapas – Tabasco. Данная статья утверждает, что эти сдвиговые системы были замаскированы надвиговым диастрофизмом позднего палеогена.

Детальный анализ двумерных сейсмических данных на площади Chiapas – Tabasco не обнаружил сдвигов.

Было проанализировано и интерпретировано большое количество двумерных сейсмических профилей, которые коррелировались со структурными картами. На рис.6 показан схематический структурный разрез AA', который показывает возможные структуры на площади Chiapas – Tabasco. Плоскость региональной складчатости срыва интерпретирована как верхнеюрская. Эту плоскость невозможно идентифицировать сейсмическими методами, но надвиги, определенные на поверхности, тектоническая история, юрская литология и, что более важно, геометрические структуры использовались для интерпретации, и показывают, что

относительно малоглубинная плоскость складчатости срыва сдвиговой системы расположена в юрской соляной формации.

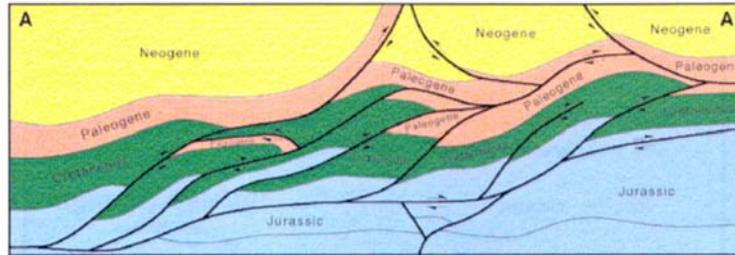


Рис.6. Схематический разрез, иллюстрирующий возможные структуры на площади Chiapas – Tabasco. Идентифицированные надвиги не указывают на черепицеобразную геометрию. Напротив, блоки мелового возраста смяты в складки (рис.6), формируя специфические рисунки смещенных глыб, ограниченных надвигами ложа и кровли (двусторонняя геометрия). Небольшое количество надвигов, идентифицированных на двумерных сейсмических разрезах, достигает поверхности. Один из них коррелируется с антиклиналью Union. Согласно классификации Morley (Morley, 1986), этот разлом может рассматриваться как «слабо выступающий фронт надвига» (weakly emergent thrust front). Важно отметить, что разрезы, построенные при данном исследовании, характеризуются большим количеством ограничений, которые основаны на наблюдениях, выполненных на двумерных сейсмических данных, геологических картах, скважинной информации и т.д.

Некоторые результаты наблюдений: (а) были найдены только структуры сжатия; (b) среднеюрские соляные отложения подстилают большую часть Cuenca del Sureste; (c) почти все авторы соглашаются, что плоскость складчатости срыва должна располагаться в этих юрских соляных отложениях; (d) полная мощность формаций мелового возраста составляет около 2800 метров и т.д. На рис.6 предполагается положительная структура течения (структура сдвига).

Геометрически, площадь Chiapas – Tabasco может быть описана как глыбово-складчатая (fault-bend fold). Следовательно, уравновешенные геологические разрезы оказывают существенную помощь в понимании структур, присутствующих на площади. Основной подход к построению уравновешенных разрезов (складчатость, связанная с разломами, Suppe, 1983) был использован также для проверки возможной геометрии. На рис.7 показан уравновешенный разрез (окно увеличения рисунка 6). Можно видеть сдвоенную структуру (надвиги в ложе и в кровле, а также взбросы). Углы  $\beta$ ,  $\theta$ ,  $\phi$  и  $\chi$  представляют собой геометрические взаимоотношения между слоистостью и разломами, которые были использованы в уравнениях глыбовой складчатости (fault-bend folding equations, Suppe, 1983). Многие нефтяные ловушки на площади действительно известны, но они занесены в каталог как простые и отдельные складки. Складки, которые выглядят кажущимися, на самом деле принадлежат надвиговой системе, в особенности, сдвоенной надвиговой системе (duplex thrust system). Важно подчеркнуть, что свойства пород и механизмы деформации не рассматривались.

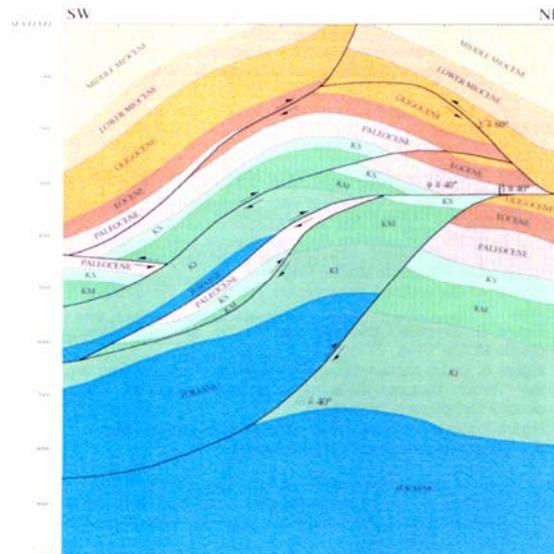


Рис.7. Уравновешенный разрез (окно увеличения рисунка 6)

## Заключение

Основываясь на наблюдениях, приведенной в данной статье, можно соотнести основные тектонические эпизоды, имевшие место в Южной Мексике, с поверхностными и глубинными структурами, найденными или интерпретированными на площади Chiapas – Tabasco. Имеются три различные тектонические события, и каждое из них проявляет тенденцию к доминированию в зависимости от того, насколько близко находится площадь к границе Североамериканской и Карибской плит. Юг площади Chiapas – Tabasco и восток массива Chiapas контролируются диастрофизмом сдвигового сжатия. Площадь Chiapas – Tabasco представляет собой территорию надвигового сжатия. На севере площади Chiapas – Tabasco, системы растяжения, являющиеся следствием соляного диастрофизма и погружения, перекрывают структуры сжатия.

Площадь Chiapas – Tabasco представляет собой складчатый и надвиговой пояс форланда относительно высокого уровня. Большинство находящихся на ней структур представляет собой надвиги и складки в всячем блоке разломов. Плоскость складчатости срыва должна располагаться в юрских соляных отложениях, или вблизи них. Более того, энергия, нагнетенная надвиговыми тектоническими событиями, стала важным вкладом в неогеновый соляной диастрофизм, начавшийся в Южной Мексике. Все или почти все структурные нефтяные ловушки на площади Chiapas – Tabasco должны быть связаны с глыбовой складчатостью как следствием надвигового диастрофизма. Потенциальные нефтяные ловушки, вероятно, расположены ниже известных ловушек, связанных с глыбовой складчатостью.

***Geolog6: год достижений***

***Cl.Martin (Total France) u H.Blondelle (CGG Petrosystems)***

## Введение

Начиная с 1997 года, активизировалось сотрудничество между MINCOM и CGG Petrosystems. В течение последнего квартала 1996 года мы включили в наше

предложение Geolog6, и проявляем оптимизм по поводу возможного успеха такого предложения, но мы далеки от того, чтобы представить потенциал этого средства как фантастический – как с научной, так и с коммерческой точки зрения.

Начиная с конца 1996 года, следует отметить два основных события:

- появление 50 новых заказчиков
- появление интегрированной версии, связанной с IntegralPlus

### Краткое представление изделия



Рис.1. Основное меню Geolog6

Номер текущей версии – Geolog6 6.13; эта версия, как и предыдущая, разработана в качестве средства для петрофизиков. Пользователь найдет разнообразные модули, предназначенные для загрузки, корректировки и выполнения количественной интерпретации данных ГИС и керновых данных.

С помощью Geolog6 можно решать следующие задачи:

- получать синтетическую сейсмограмму, которая может формировать модели AVO
- строить разрез, используя все преимущества версий от 6.11 до 6.13
- монтировать cgm
- использовать язык программирования LOGLAN – средство, весьма полезное при разработке специфичных модулей интерпретации

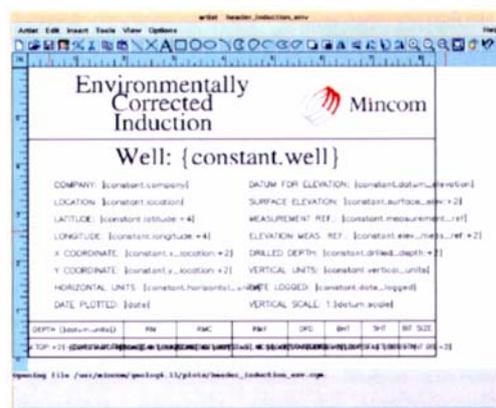


Рис.2. Средство монтажа блока заголовка cgm

Geolog6 разработан для приема всех типов данных ГИС.

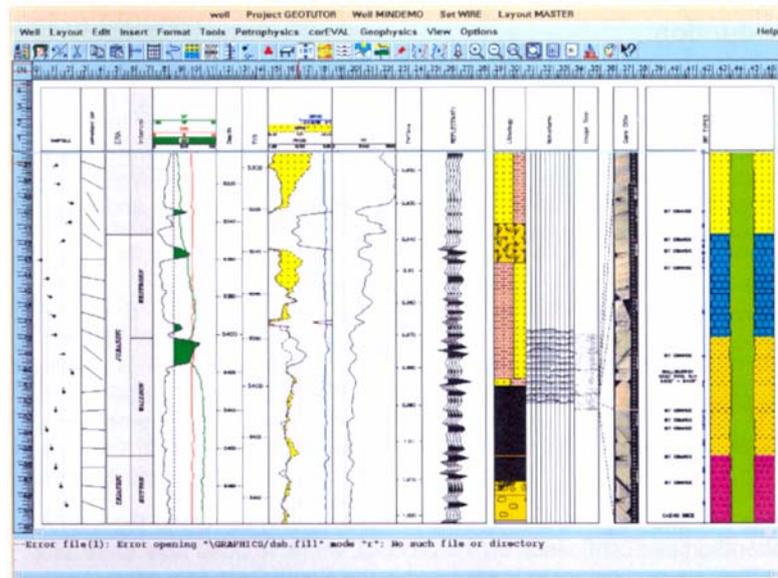


Рис.3. Пример компоновки Geolog6 при отображении диаграмм ГИС, диаграмм АК, керновых данных, текста, интервалов, маркирующих горизонтов...

Это следующие типы данных:

- числовые кривые (диаграммы)
- постоянные кривые (скважины)
- кривые интервалов
- кровли
- числовые кривые в двух направлениях/измерениях
- картинки cgm

Возможность чтения всего, что находится на ленте DISC (а также LIS, BIT, в файлах ASCII, определенных пользователем), открывает широкие возможности для использования в Geolog6.

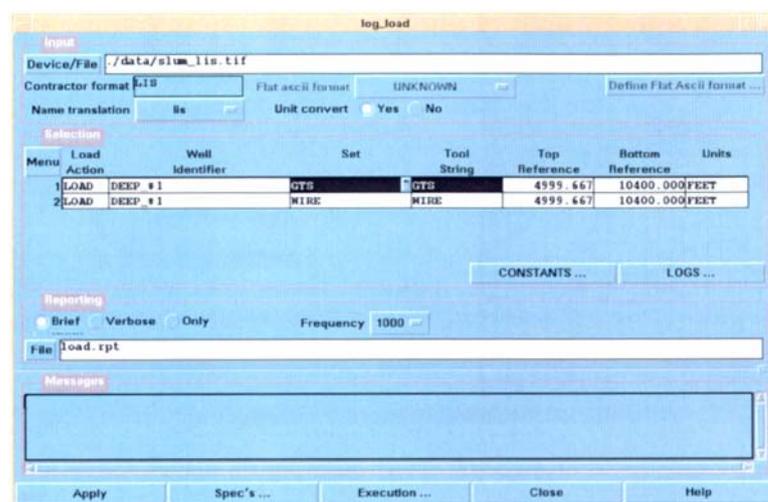


Рис.4. Загрузка данных

После загрузки, диаграммы ГИС, отобранные по одному индексу глубин, группируются во множество (набор). Geolog6 не накладывает каких-либо ограничений на

индекс глубины. Если тип глубины может быть привязан тем или иным способом к существующему индексу глубины, он может быть введен во множество начал отсчета глубин. При этом данные могут быть эталонированы по пробуренной глубине, глубине отбора керна, глубине данных ГИС, вертикальной глубине, времени пробега в одном направлении или полному времени пробега.

Geolog6 оперирует горизонтальными скважинами, и позволяет проецировать этот тип скважины на разрез или составное изображение.

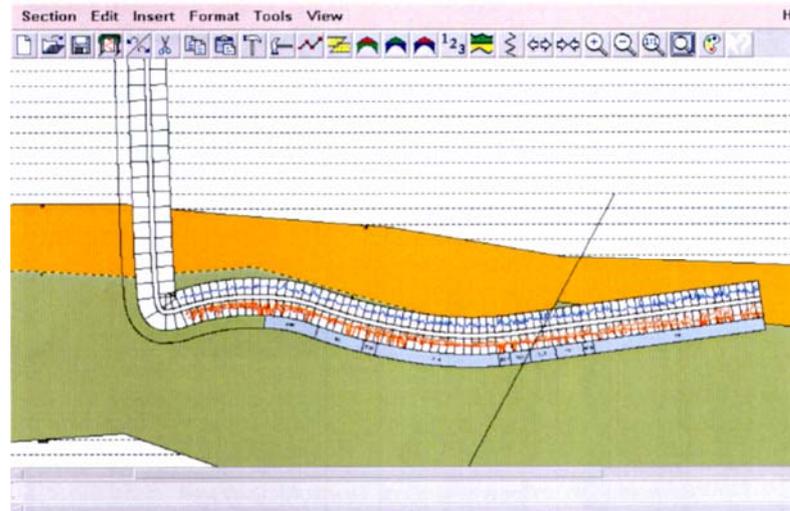


Рис.5. Горизонтальные скважины

Интерпретация числовых данных выполняется классическим способом в несколько шагов:

Ввод поправок за влияние среды

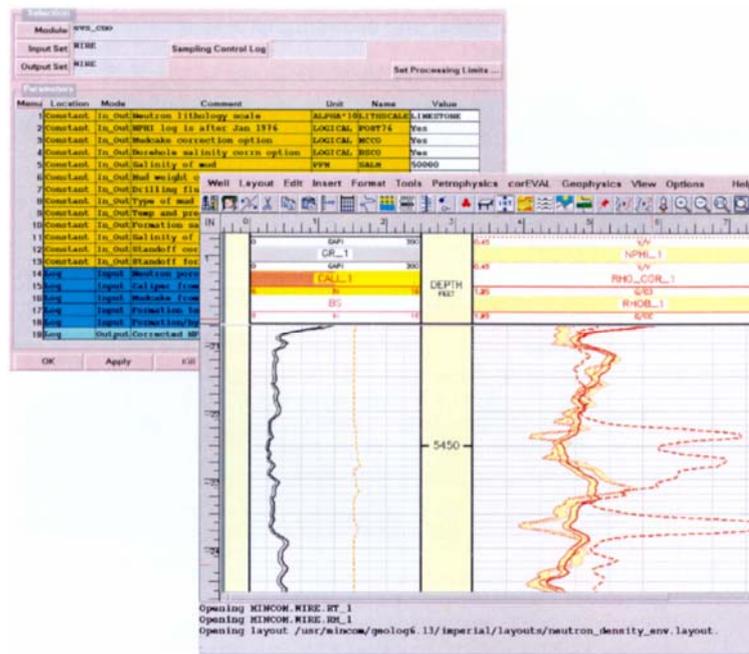


Рис.6. Ввод поправок за влияние среды

Поправки применяются согласно таблицам, которые предоставляются исполнителем работ. Гибкость Geolog6 позволяет выполнять оцифровку в собственной координатной сетке и связывать программы коррекции с библиотеками, которые поставляются исполнителем работ.

При совмещении глубин можно применить два вида поправок: интерполяцию точек, которая сопровождается данным индексом глубины, или создание нового неравномерного индекса без какой-либо модификации значений диаграммы ГИС.

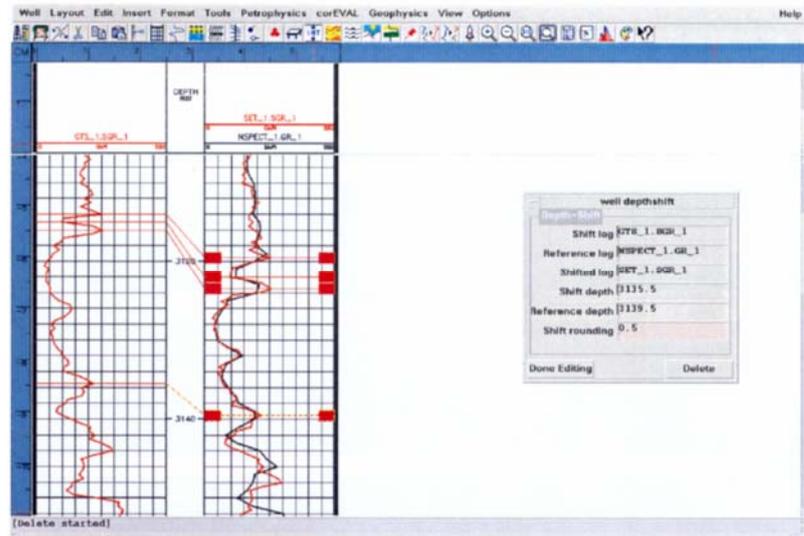


Рис.7. Совмещение глубин

Начиная с версии 6.13, коррекция данных охватывает также керновые данные. Сейчас в Geolog6 имеются алгоритмы компании ACS, которые используют специфичный модуль COREVAL (core evaluation – оценка керна). Этот модуль позволяет перейти от лабораторных условий к скважинным.

Оперативная интерпретация облегчена, поскольку имеются простые и составные изображения (расположения или компоновки).

Интерпретация графиков взаимной зависимости может быть выполнена путем анализа разбивки на зоны, который затем можно проверить на разрезе.

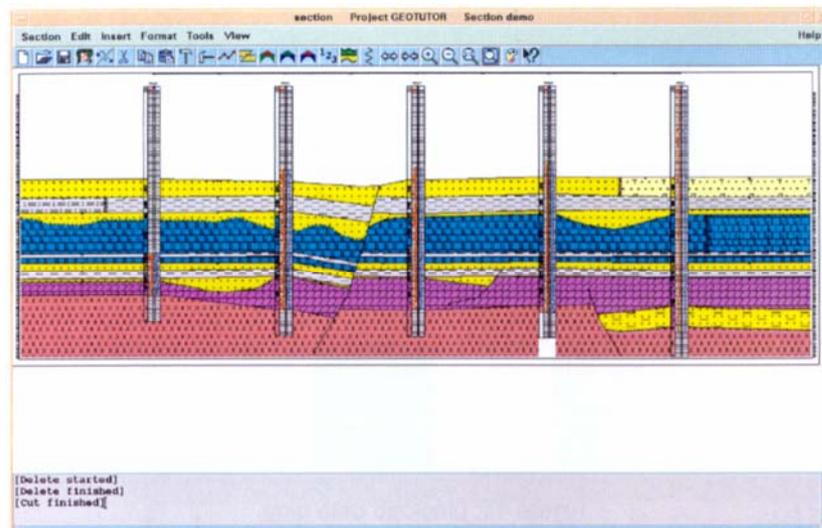


Рис.8. Различные разрезы по нескольким скважинам

Модуль Section позволяет обратиться к скоростной корреляции, используя следующие варианты:

- сглаживание корреляции
- определение проекции с помощью падения и азимута
- автоматическая корреляция маркирующих горизонтов в скважинах
- смещение разломов
- отклонение скважины
- временной разрез

Как и в окне Project, файл sgm может быть введен в качестве фонового изображения, что позволяет отображать сейсмические разрезы.

Константы, используемые в графиках взаимной зависимости, сохраняются по зонам, и могут быть использованы при качественной интерпретации.

Количественная интерпретация может быть выполнена в односкважинном режиме (классический случай стадии разведки), и в многоскважинном режиме (стадия добычи). Интерпретация по нескольким скважинам довольно проста, т.к. файлы параметров могут быть сохранены и повторно вызваны для каждого рабочего сеанса.

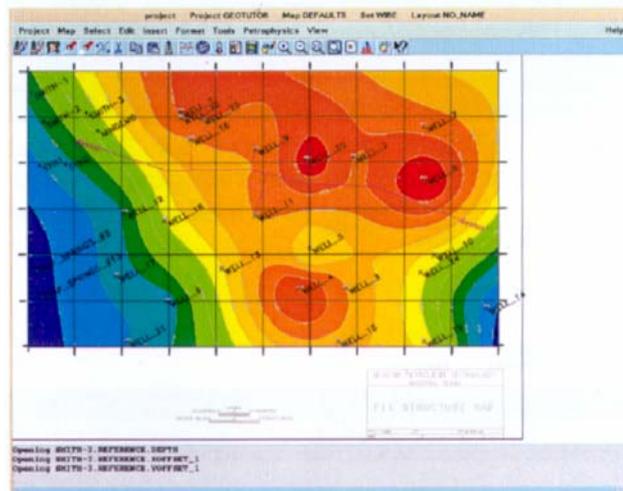


Рис.9. Исследования нескольких скважин и определение разреза

В классическом варианте Geolog6 предлагает дополнительные методы интерпретации: детерминистический и последовательный метод (DETERMIN) и стохастический полиминеральный анализ (MULTIMIN).

Контекстная и интерактивная помощь позволяет пользователям переходить от одного шага к другому, давая советы, касающиеся алгоритмов и интерфейса. Следовательно, Geolog6 полностью выглядит как «белый ящик», предлагая пользователю всю имеющуюся информацию.

Пользователь может редактировать алгоритмы, применяя средство LOGLAN (это язык описания алгоритма; код должен быть предварительно скомпилирован в язык

C (C-language)). Используя предварительную компиляцию, LOGLAN предлагает связь с существующими библиотеками заказчика, и оптимизирует лабораторные исследования посредством простого, дружественного к пользователю интерфейса.

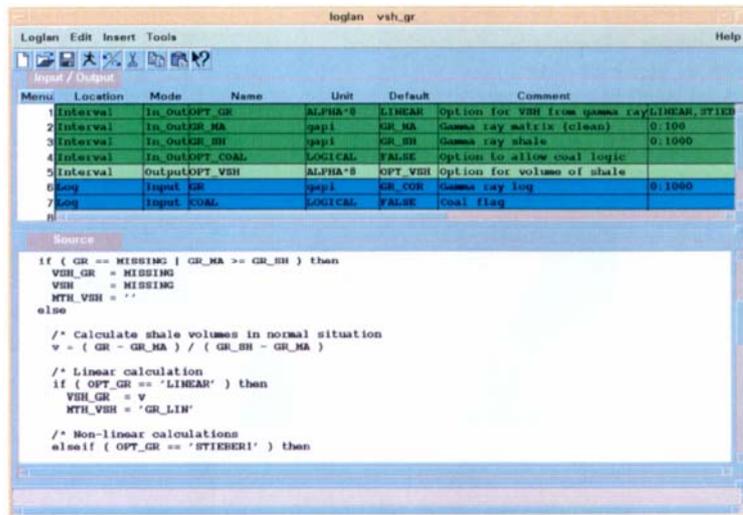


Рис.10. Интерфейс LOGLAN с отображенным исходным кодом

### Интеграция в IntegralPlus 3.06

В автономной версии, Geolog6 обращается к данным посредством специфичной библиотеки обращения: канала данных Geolog6. Автономная и интегрированная версии различаются только тем, что связь между каналом и структурой данных Geolog6 замещена узлом обслуживания данных между каналом и IntegralPlus.

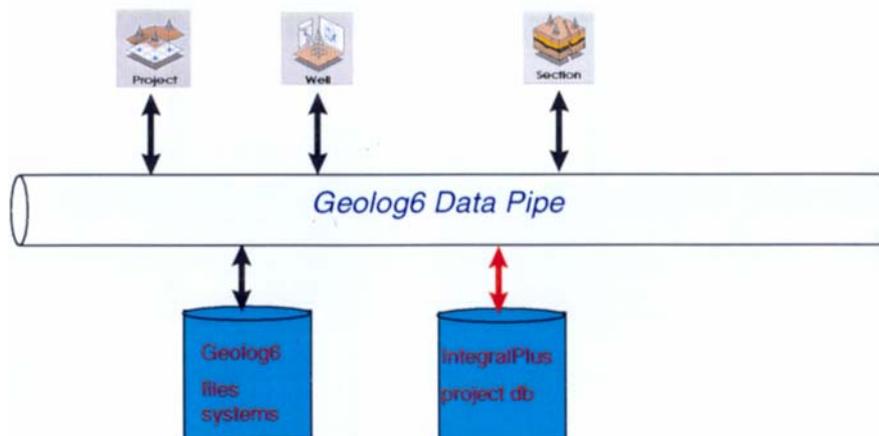


Рис.11. Канал данных Geolog6

При этом Geolog6 имеет одни и те же модули в обеих версиях, и интегрированная версия может работать и в автономном режиме.

Чтобы сохранить все возможности Geolog6 в IntegralPlus, в 1997-89 гг. модель данных IntegralPlus прошла эволюцию от версии 3.0 до версии 3.06, и сейчас может сохранять все кривые, изображения и файлы параметров Geolog6.



## **Краткое представление новых и прежних свойств Geolook**

### **H.Blondelle (CGG-Petrosystems/Product)**

#### **Введение**

Здесь дается краткое описание основных функциональных возможностей Geolook в его конечной фазе. На следующих страницах будут представлены основные цели Geolook и обзор последних разработанных вариантов, таких как экспортирование разбросанных данных для целей картографии.

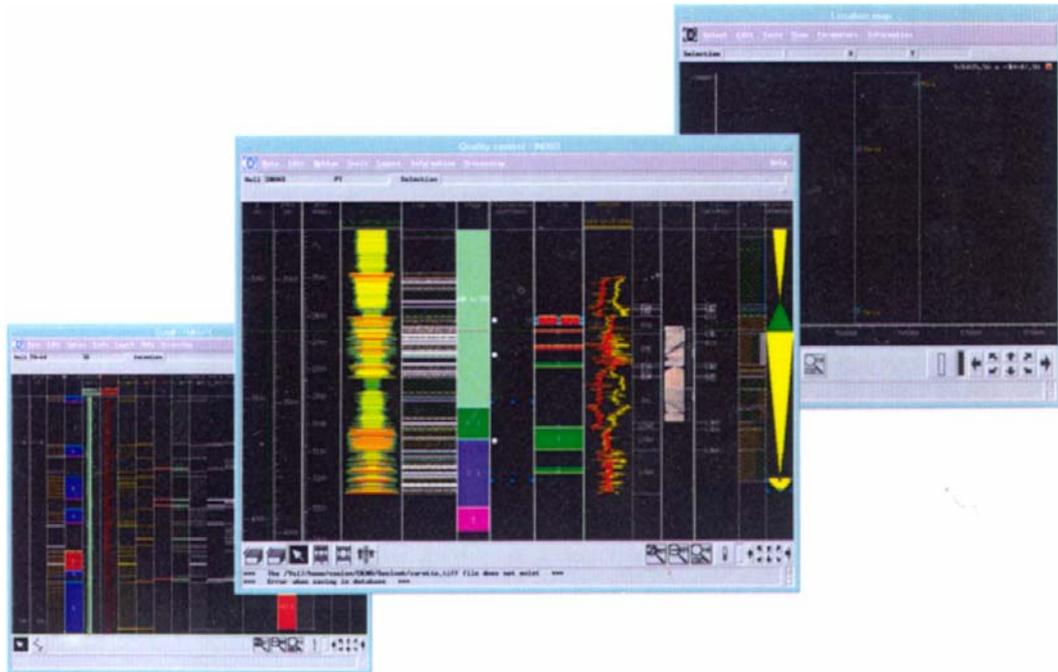


Рис.1. Geolook в обобщенном виде: контроль качества (QC), границы, топокарта (следующий шаг – картография)

Geolook можно охарактеризовать одной фразой: это интерфейс пользователя для эталонной базы геологических скважинных данных (Reference Geological Well Database – Bridge).

#### **Краткое описание Geolook**

Geolook имеет следующие основные свойства:

- ввод/вывод данных
- контроль качества данных (ГИС, керновых данных, интервалов и маркирующих горизонтов) – в конечном итоге графическое определение геологических интервалов по скважинам, т.е. свойство разделения на слои
- интерпретация данных (определение геологических вариантов)

- поиск и экспортирование данных для целей картопостроения (определение набора разбросанных геологических данных, исходя, например, из условий границы (cutoff))

Содержимое базы данных состоит приблизительно из 60 геологических тем; в это число входят около 1200 признаков. В таблице 1 в обобщенном виде показано содержимое геологической эталонной базы данных, и представлены данные, которые могут быть использованы в Geolook с версиями 3.05/6 и 3.1 IntegralPlus.

**Таблица 1.** Элементы геологической базы данных. Данные, выделенные красным цветом, используются в Geolook 3.1

Скважина и местоположение скважины	местоположение скважины скважина траектория скважины время в функции глубины	Синтез	<b>палеогеография</b> <b>условия осадконакопления</b> история осадконакопления	Петрофизика	температуры RFT DST <b>характеристики бурового раствора</b> гидродинамический профиль давление
Данные бурения	<b>диаметр скважины, обсадка, перфорация</b> проблемы бурения	Интерпретация данных наклонометрии	<b>необработанные данные</b> <b>интерпретированные интервалы</b> интерпретация структурного падения структурные элементы на керне	Флюиды	<b>интервалы флюидов</b> <b>контакты флюидов</b> <b>измерения следов</b> <b>следы нефти</b> геохимия газа геохимия нефти анализ воды
Стратиграфия	<b>интервалы скважин последовательности диаграмм ГИС</b> <b>биостратиграфия</b> <b>хроностратиграфия</b> <b>литостратиграфия</b> <b>маркирующие горизонты</b>	Оценка коллектора	<b>коллекторы</b> петрофизические данные по ГИС петрофизические данные по керну	Органическое вещество	палинология и TA1 петрография кероген выделение
Литология	литология по окончательным ГИС <b>обработанные данные литологии</b> описание проб минералогия	Справки	сводка по скважине <b>описание скважинных данных</b> <b>список образцов керна</b> список данных ГИС	Разная информация	цели бурения результаты бурения статус скважины

### Geolook 3.1, новые возможности

Пользователи последней версии Geolook 3.1 откроют множество новых свойств. Некоторые из них были запланированы, начиная с первой фазы разработки (например, выбор данных и подготовка разбросанных точек), но основная часть новых свойств создана по запросу пользователей. Весьма интересно отметить, что для данного изделия была достигнута высокая степень сотрудничества пользователей и CGG Petrosystems на уровне определения оценок.

Основными улучшениями являются:

- новое расположение: вертикальная ось масштабирована, и ширина дорожки определена в сантиметрах (или в дюймах). Чтобы перемещаться

от скважины к скважине, пользователь применяет зоны прокрутки по горизонтали и вертикали. Как следствие, графическое построение является действительно WYSIWYG, и определение нового расположения значительно упрощается

- управление сеансом. Добавлены некоторые функции, которые упрощают работу в сеансе:
  1. можно добавить или удалить из сеанса скважину
  2. диаграммы ГИС можно выбирать по схеме «скважина за скважиной», как и раньше, а также используя геотипы (geotypes)
  3. доступ к новым темам (седиментология)

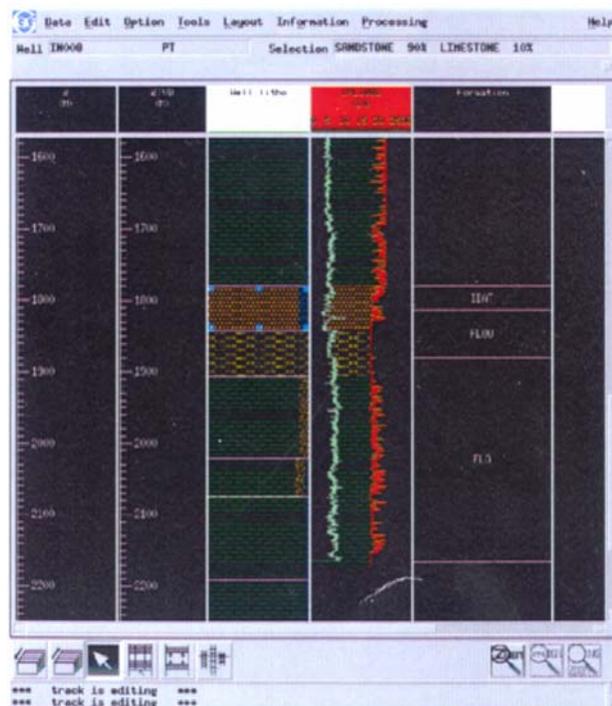


Рис.2. Зоны прокрутки по горизонтали и вертикали

- контроль качества. Для упрощения контроля качества введена возможность отображения темы между диаграммами ГИС. Это позволяет отображать литологию между диаграммами кавернометрии и ГК, или флюид на диаграмме сопротивления
- графические файлы. Сейчас графическими данными можно оперировать, как и другими темами. Это означает, что в дорожку можно включить несколько картинок, и разделять одну картинку на несколько частей, перемещаемых по отдельности. Другими словами, можно отобра-

зять керн, разделить его на несколько частей и перемещать их по колонке глубин

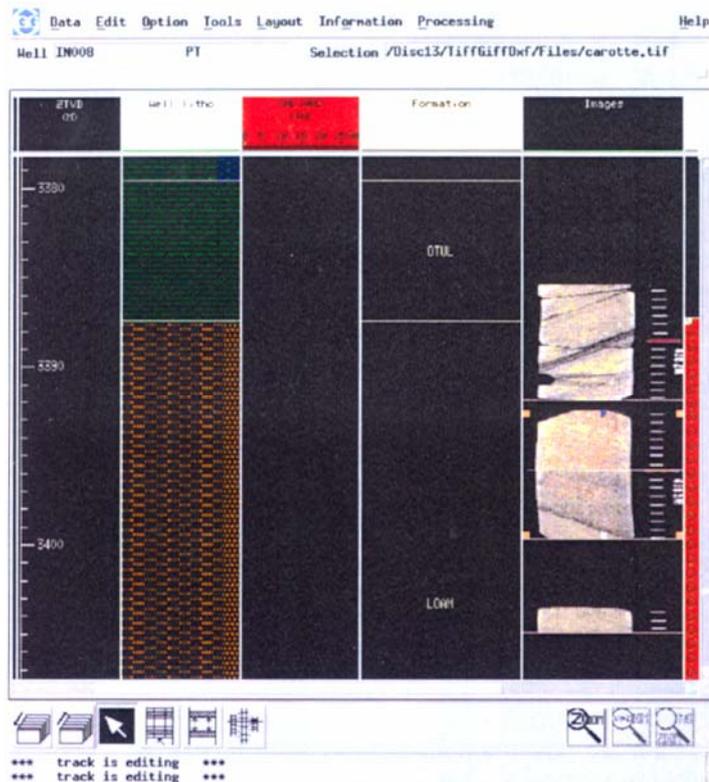


Рис.3. Разделение кернов

- граница. Вариант границы (cutoff) также улучшен. Сейчас можно определить границы между маркирующими горизонтами (а не только между интервалами, как раньше), и выбрать несколько значений в условиях одной и той же границы (т.е. Formation = BrentA, или BrentB или BrentC). Другое интересное свойство – возможность определения условия по производной кривой, что позволяет определить комплекс пород, основываясь на форме кривой

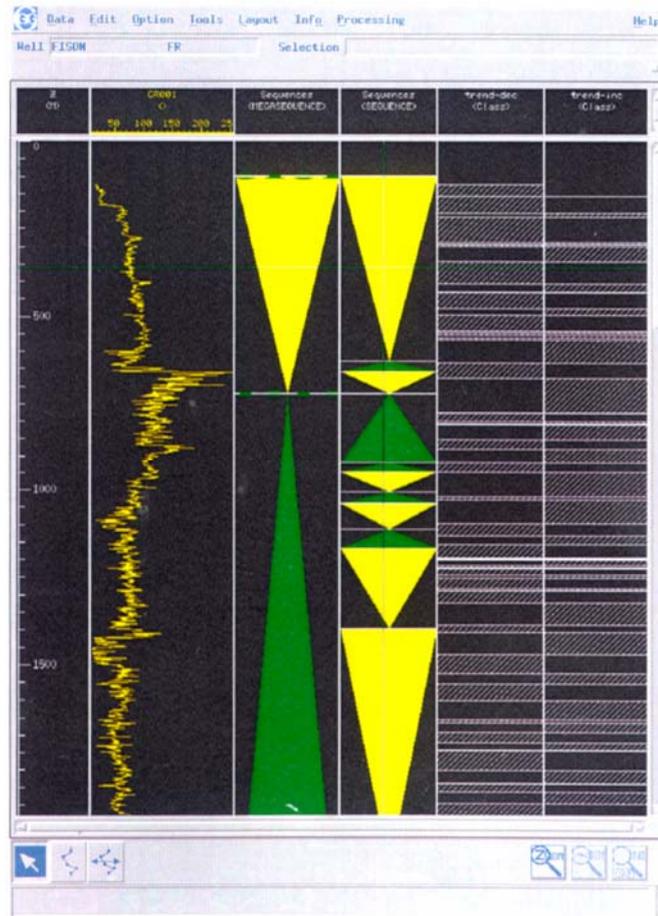


Рис.4. Определение границ

- набор разбросанных данных. Вся статистика по классу границ сейчас может быть экспортирована в файл ASCII или в базу данных Distribution. Это новшество облегчает выбор данных и создание набора разбросанных данных в интерактивном режиме. Сейчас, выполнив минимум действий, можно добавить в сеансе новую скважину, вызвать существующее условие границы и обновить наборы разбросанных данных (глубина, мощность, вертикальная мощность, градиент,...)



Рис.5. Экспортирование набора разбросанных данных

Архитектура Geolook имеет следующие особенности:

- она позволяет эволюционировать до эталонной базы данных Epicenter
- в конечном счете, она согласует доступ к данным по уровню DAE
- распределение базы данных Bridge сейчас усовершенствовано
- PetroVision предназначен для такого вида расширения с применением SIP

База данных Well является основным компонентом последовательной архитектуры данных. Geolook рассматривается как возможность быстрого развития СУБД Epicenter Well:

- широкий спектр существующих программных средств
- опыт управления эталонными геологическими данными

Сейчас у нас имеется технология и опыт проведения работ, и мы можем рассмотреть вопрос о сотрудничестве с основными заказчиками, имеющими общие с нами цели.

**Новые функциональные возможности,  
обеспечиваемые FastQC2.0**

**J.F.Dutzer (CGG-Petrosystems/MSA)**

**Введение**

В настоящее время FastEdit замещается FastQC – порожденным элементом FastEdit и внутреннего изделия CGG, называемого XQC. Впервые FastQC был введен в средствах Crossplot ранней версии 2.0 IntegralPlus, и сейчас поступает в виде многогридной (multi-grid) многооконной прикладной системы, которая позволяет пользователям быстро редактировать, обрабатывать и оперировать данными, поступающими из базы данных Distribution или из внешних файлов. Отметим, что FastQC может быть поставлен в полностью интегрированной среде IntegralPlus или в виде автономного изделия (рассмотренные здесь новые свойства доступны в том случае, когда среда известна прикладной системе). Уровень функциональных возможностей может быть адаптирован к вашим потребностям (редактирование, или редактирование и кригинг), согласно ключам расширения.

## **Новые свойства**

### Data Access (доступ к данным)

В соответствии с общей политикой доступа к полному набору имеющихся данных, сейчас FastQC способен читать различные данные из различных источников:

- чтение горизонтов из Interpret (2- и 3-мерные данные, такие как разбросанные данные или гриды)
- запись трехмерных горизонтов в Interpret
- чтение горизонтов из Stratimagic (гриды или разбросанные данные)
- чтение из Stratimagic полигонов, образованных разломами
- чтение из Stratimagic трехмерных разломов
- запись в Stratimagic трехмерных горизонтов
- свойство чтения/записи разбросов, гридов, изолиний, разломов из Progress (прикладная система Reservoir)
- доступ к топографическим профилям в IntegralPlus
- доступ к местоположениям скважин
- доступ для чтения/записи во внешние файлы наборов разбросанных данных Interbase, NAN/P1, Compact
- доступ для чтения во внешние файлы XQC
- доступ для чтения/записи во внешние файлы гридов Interbase и Compact

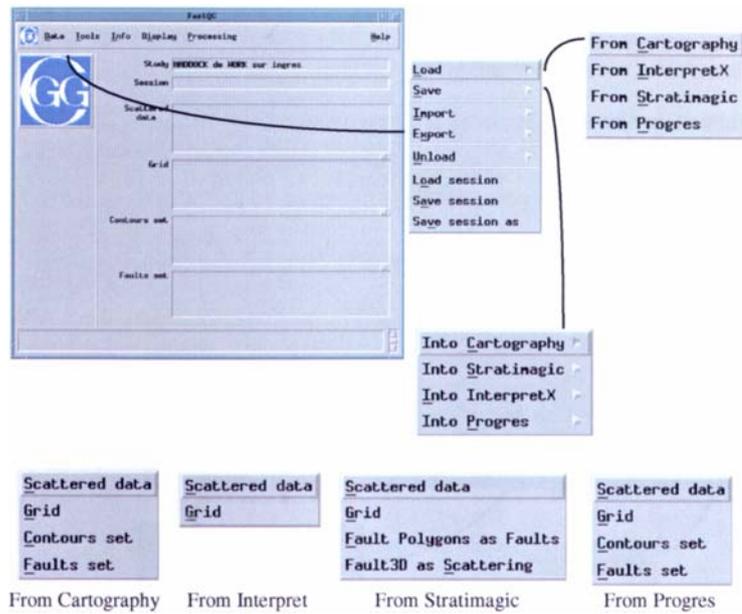


Рис.1. Меню ввода/вывода FastQC

Кроме того, сейчас точки разбросанных данных можно пометить двумя признаками (no1 и no2) для форматов, определенных пользователем. Эти признаки, в конечном счете, используются для соединения или отображения. Признаки T будут сопровождать обработанные разбросанные данные в схеме обработки, и могут быть отредактированы, экспортированы и т.д.

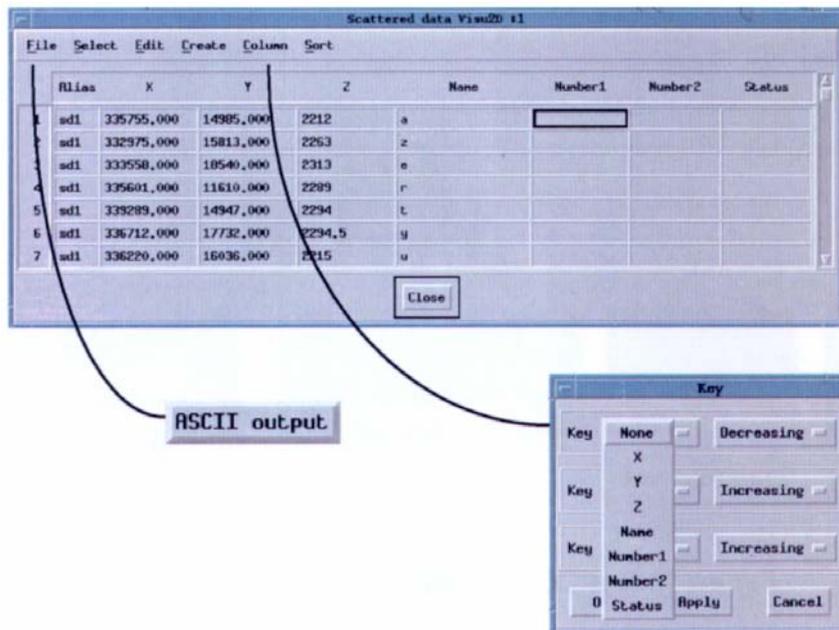


Рис.2. Крупноформатная таблица, сортировка, вывод разбросанных данных

После загрузки можно ассоциировать единицу (и ширину) для каждой оси данного объекта. Более того, в окнах двумерного изображения, с данным набором разбросанных данных может быть ассоциирован символ.

### Data Processing (обработка данных)

В предыдущей версии FastQC была введена возможность фильтрации, редактирования и подбора геометрии разломов. Сейчас можно фильтровать изолинии, используя тот же алгоритм, что и для фильтрации разломов.

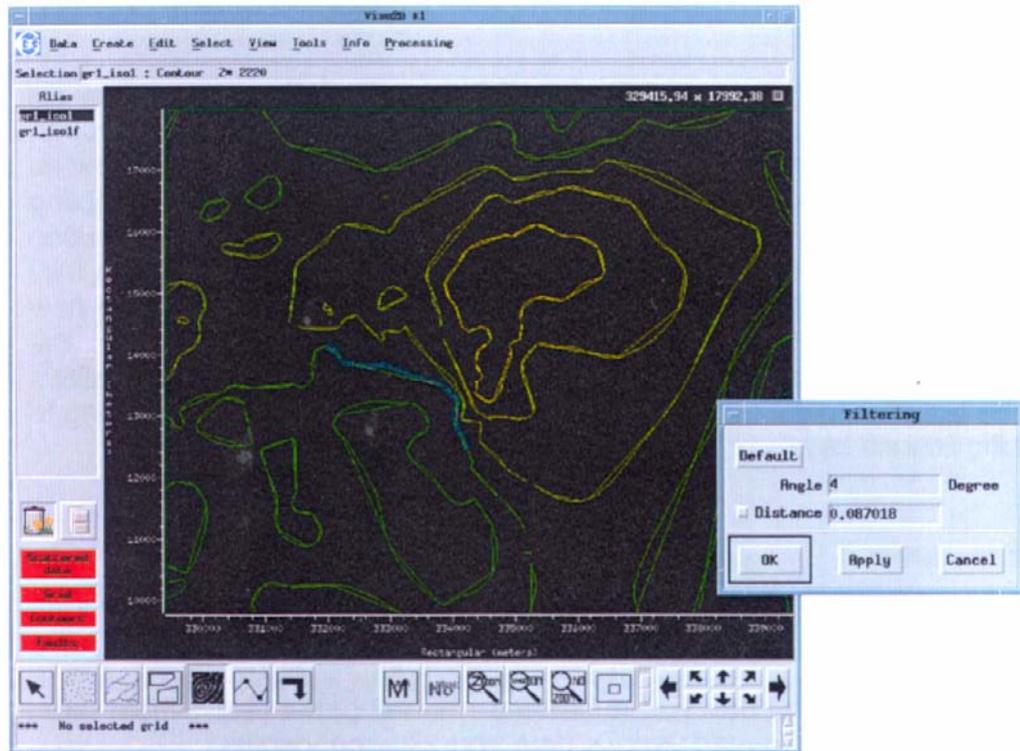


Рис.3. Фильтрация изолиний: изолинии до фильтрации и после фильтрации наложены друг на друга

В качестве геометрии гридинга можно взять любую уже загруженную геометрию, или геометрию, которая известна Interpret, Stratimagic или Progress. Обеспечивается возможность немедленного доступа к гриду, который необходим для картографических целей.

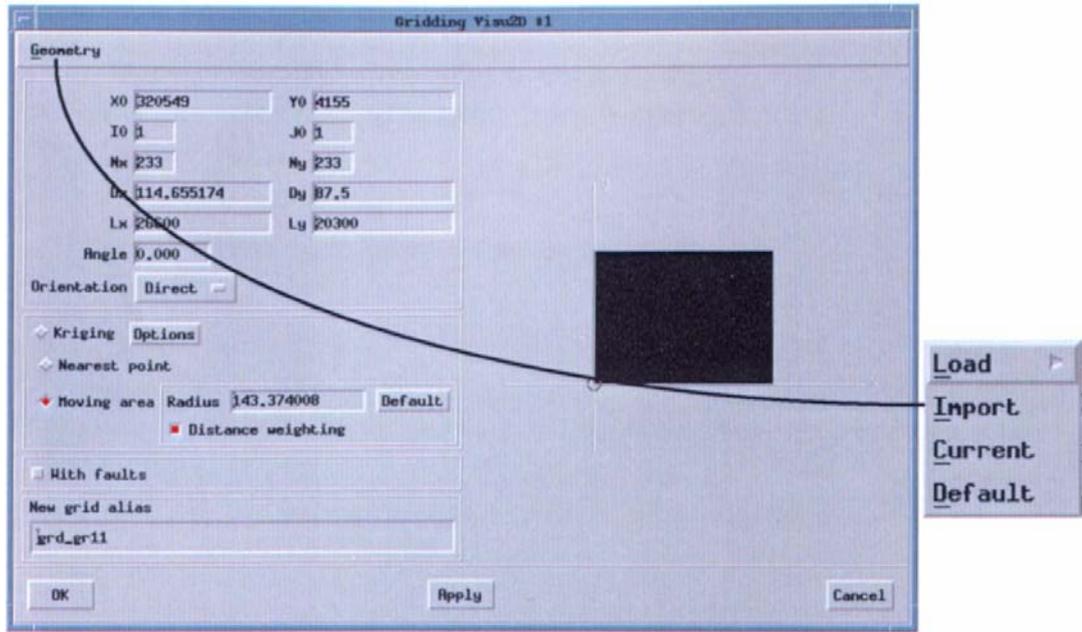


Рис.4. Загрузка геометрии из внешних прикладных систем (Interpret, Cartography,...)  
Кригинг: сейчас возможен автоматический кригинг, кригинг выбора модели с применением однозначной или скользящей окрестности. Эта возможность предоставляется по специальному запросу при поставке программных средств, и управляется специальным ключом разрешения.

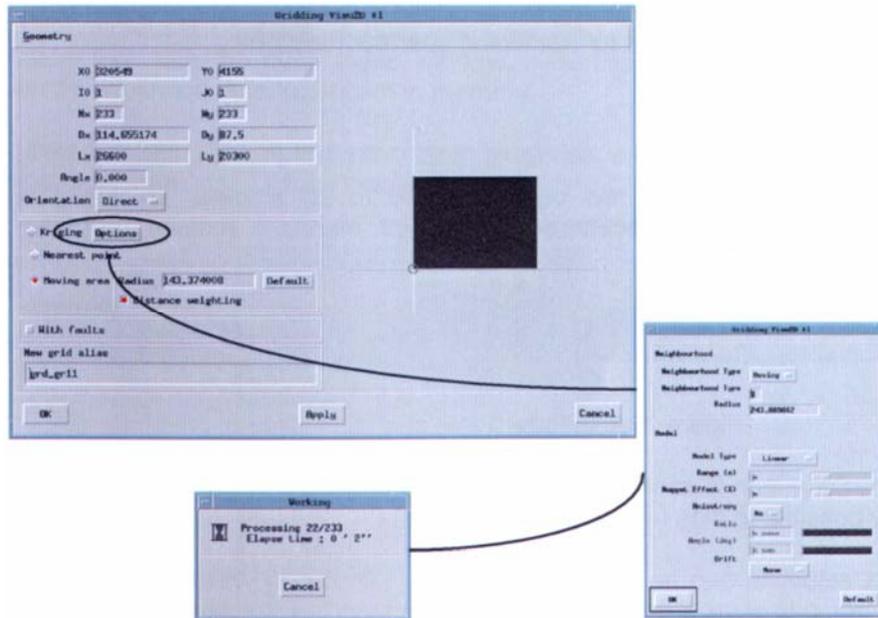


Рис.5. Параметры кригинга и контроль времени работы системы

К функциям обработки града добавлен алгоритм сглаживания, основанный на Interbase, который использует значения, расположенные вокруг оцениваемой величины града.

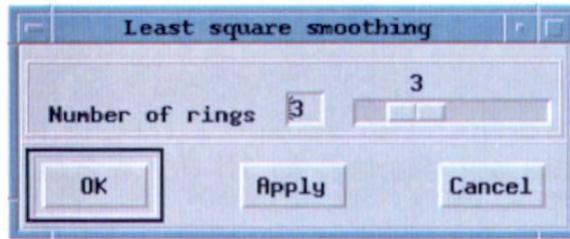


Рис.6. Параметры для сглаживания града

К рассчитанным законам добавлены функции SquareRoot (квадратный корень) и Power (степень).

### Data edition (редактирование данных)

К двумерным изображениям добавлено окно крупноформатной таблицы, которое позволяет редактировать вручную любую точку разбросанных данных (т.е. значения и положения).

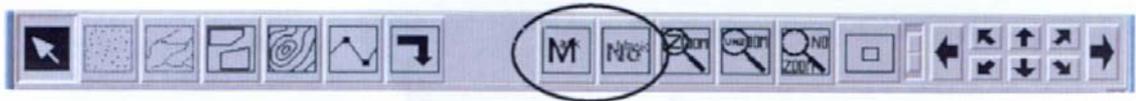


Рис.7. Дополнительные средства, такие как маскировка,...

Справа внизу в двухмерных окнах имеется пиктограмма маскировки, позволяющая спрятать (замаскировать) невыбранные данные.

Выбор данных, сделанный в одном окне, может быть унаследован в другом окне в соответствии с несколькими критериями (разбросанные данные по признакам, разломы по типу и т.д.).

Выбор может быть создан одним или несколькими полигонами. Вертикальный разлом может быть преобразован в неперпендикулярный.

### Data Display (отображение данных)

Из-за многочисленных действий обновления, скорость смены изображения в первых версиях FastQC была небольшой. Рабочие характеристики изображения улучшены таким образом, что прирост от версии 1 к версии 2 изменяется от 6 (для отображения 1 000 000 разбросанных точек данных) до 10 (для отображения 8 000 000 разбросанных точек данных).

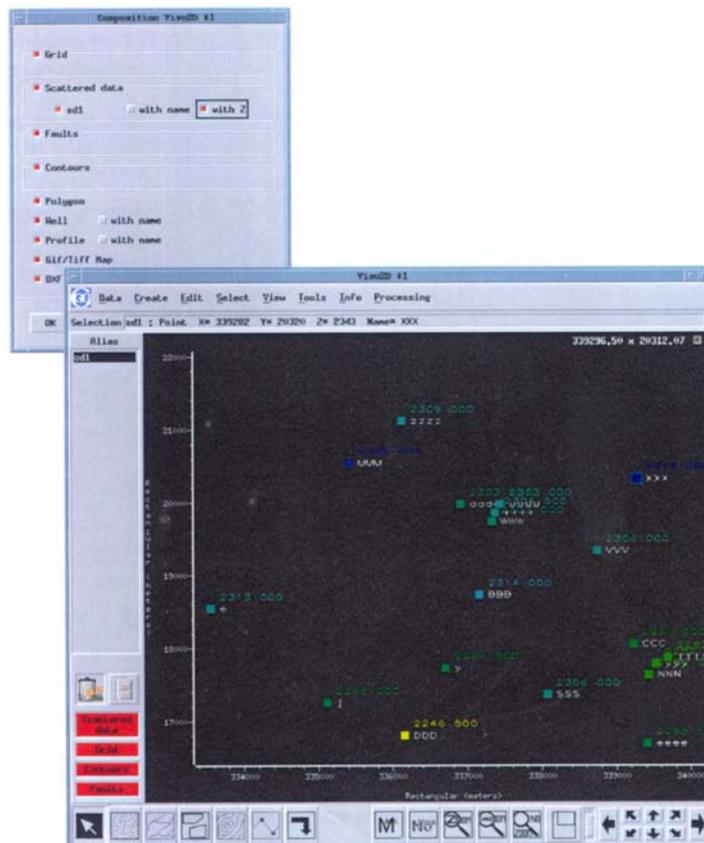


Рис.8. Цветные пояснительные надписи

Трёхмерные окна предлагают признак глубина/альтитуда, который позволяет направлять ось вверх или вниз, давая реалистичное изображение данных глубины.

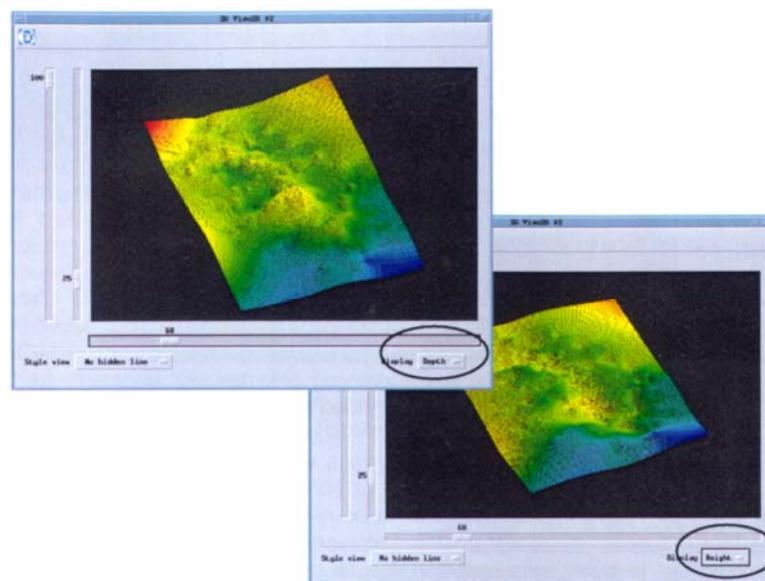


Рис.9. Изображение глубин и значений в трех измерениях

### Эргономика и прочие свойства

Утомительная операция по сохранению закона, выполняемая в окне графика взаимной зависимости перед использованием в числовом операторе, больше не требуется: разработано средство перемещения и сброса (drag and drop). Поэтому

доступ к экспериментальным функциям открывается немедленно, когда выполняются операции на данных.

Сейчас к числовому оператору можно обратиться из окна двумерного изображения и из окна основного меню. Таким образом, гарантируется быстрый доступ к средству, когда данные находятся в памяти.

Связи между двумерными изображениями расширены, и сейчас относятся к большей части действий пользователя.

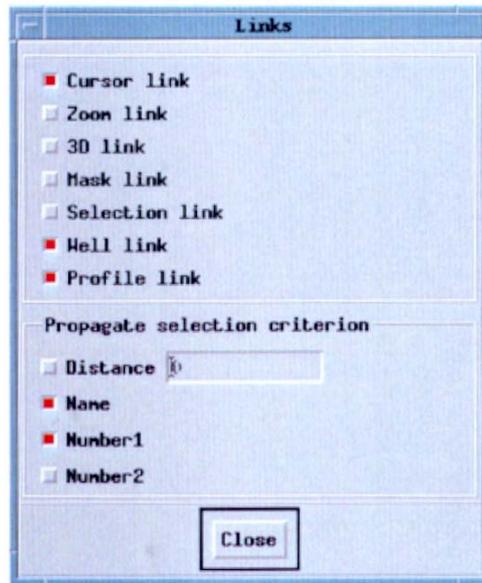


Рис.10. Распространение связей

Могут быть распечатаны информация (Information) и архивные данные (History).

Средство Pixcoru (получение изображения окна Unix) расширено до изображений легенды, гистограммы и трехмерных изображений (они могут быть применены для последующих графических построений с помощью таких средств как, например, XV).

Графические построения могут быть определены в форматах A3, A4 с указанием количества страниц и размера построений в сантиметрах.

Как и в FastEdit, скважины и профили могут быть ассоциированы таким образом, что становится возможным определение точного положения данных (гридов, разбросанных данных).

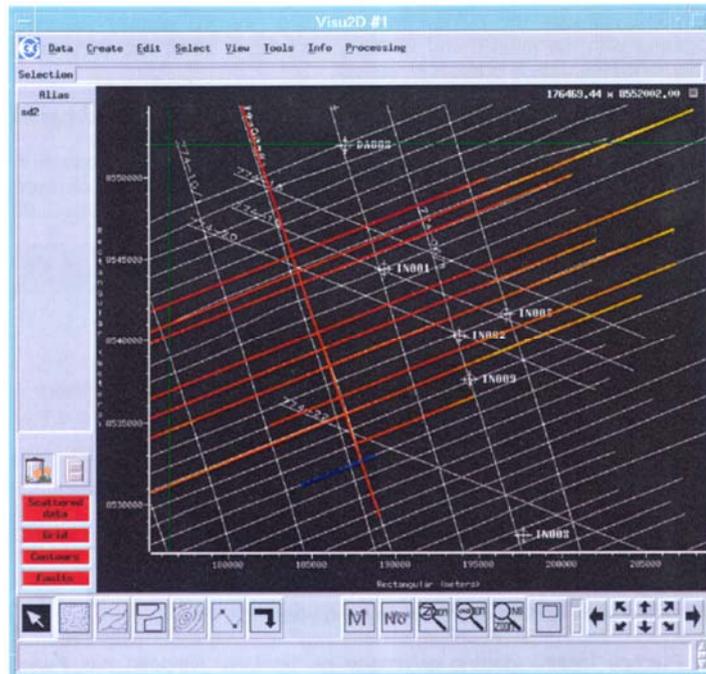


Рис.7. Пояснительные данные скважин и сейсмических профилей

Будет возможной адаптация высоты каждого блока типа данных в основном окне прикладной системы к действительному содержанию списка. Это позволит пользователю получать списки, которые отвечают его требованиям, и устраняет необходимость длительной прокрутки.

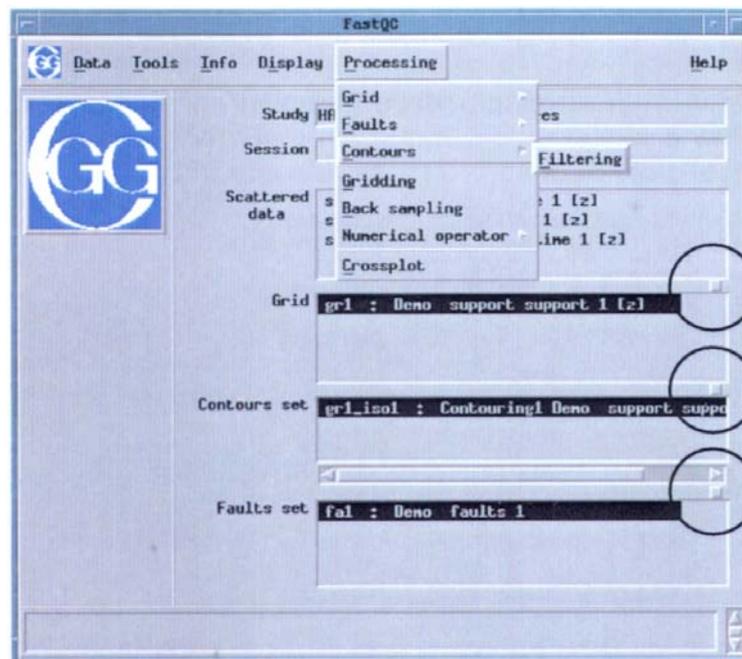


Рис.8. Основное окно, позволяющее адаптировать высоту каждого типа данных к тому, что загружается

## Заключение

FastQC является более чем редактором данных и обеспечивает манипулирование, анализ, обработку разбросанных данных, гридов, разломов изолиний. Все это предлагается в простом для применения и дружелюбном к пользователю интерфейсе, хотя варианты становятся более специализированными. Сейчас идет работа над средствами управления данными, библиотекой макроопределений, специализированным редактированием изолиний, которые отвечали бы требованиям пользователя в области управления наборами разбросанных данных и гридами. Обсуждение таких свойств с целью скорейшей реализации проводится в клубе пользователей (User`s Club).

***Карта сейсмических фаций, сформированная в нейронной сети, и ее применение в различных геологических условиях: примеры из бассейна Южный Техас***

***S.K.Addy (CGG-ASI – Houston, Texas)***

**Аннотация**

Здесь будет рассмотрена новая технология классификации сейсмического интервала, параллельного горизонту в трехмерном объеме, на основе формы трассы, зарегистрированной способом переменной амплитуды. Поскольку сейсмические трассы содержат всю полезную информацию, такую как фаза, частота, амплитуда и т.д. отраженной волны, форма трассы является фундаментальным свойством сейсмических данных. Карта, представляющая распределение трасс одинаковой формы, подобна карте фаций, которая показывает сходные геологические элементы, и определена здесь как «карта сейсмических фаций». Эти карты могут быть созданы с помощью Stratimagic, самого последнего программного средства стратиграфической интерпретации трехмерных сейсмических данных, созданного CGG-Petrosystems. Программные средства используют технологию нейронной сети, чтобы создать множество модельных трасс, а затем организует модельные трассы, демонстрируя происходящие в них изменения. Каждой модельной трассе присваивается цвет и номер. Эти трассы представляют разнообразие форм в интервале, который может изменяться от нескольких миллисекунд до сотен миллисекунд. Затем каждая трасса в сейсмическом интервале коррелируется со всеми модельными трассами; определяется ее принадлежность к классу, степень корреляции с которым является наибольшей. Трассе присваивается номер и цвет модельной трассы. В конце создается карта подобия или карта сейсмических фаций. При построении такой карты не требуется ввод скважинных данных. Разрешение на эту технологию получено от Elf Aquitaine.

Будут представлены примеры технологии, несколько карт фаций, построенных по данным трехмерной съемки в центре бассейна Южный Техас.

На карте сейсмических фаций верхнего уилкокса (Upper Wilcox) мы идентифицировали множество элементов аллювиальной дельтовой речной системы, такие как русловые отложения, отложения ветвящихся русел, косы, конусы расщелин, дельтовые конусы, отложения отмерших дельт и т.д.

С помощью карт сейсмических фаций было определено распространение горизонтов нижнего уилкокса с подошвенным налеганием на основание Lavaca Channel, и подтверждено картированием подошвенного налегания.

Используя карты фаций и других признаков, мы получили возможность идентифицировать обширные площади развития пористости в известняке Edwards мелового возраста, который является основным источником углеводородов на этой площади.

Карты фаций интервала, в котором заключен известняк Sligo, показали наличие рифа, ориентированного с северо-востока на юго-запад, на краю шельфа по всей длине съемки (14 км). Мы также имели возможность интерпретировать парал-

лельные рифы, бассейны, заполненные осадками тылового рифа, изолированные рифы и приливно-отливные отмели.

Процесс является довольно быстрым, и за относительно короткое время для нескольких интервалов можно классифицировать множество фаций. Это позволяет интерпретатору быстро просматривать данные и сосредотачивать внимание на представляющих интерес участках, где процесс классификации может быть повторен в масштабе участка работ.

## **Введение**

Концепция увязки сейсмических фаций со скважинными данными и прогнозирования литологии на удалении от скважин с помощью карт сейсмических фаций была успешно использована в нескольких случаях (например, Addy и др., 1982). Но в большинстве случаев, карты сейсмических фаций являются результатом визуального опознания рисунка отражения в сейсмических данных и отнесения их к таким описательным классам как непрерывные, сигмовидные, прерывистые, бугристые, прозрачные и т.д. Это медленный процесс, который носит интерпретационный характер. Карты строятся вручную, и каждый интерпретатор вносит в них свои изменения.

Мы представляем новую технологию, учитывая эту концепцию и используя способность нейронной сети опознавать рисунок отражения. Процедура включает классификацию сейсмического интервала, параллельного горизонту в трехмерной съемке. Классификация основывается на форме трасс, зарегистрированных способом переменной амплитуды. Поскольку сейсмические трассы содержат всю полезную информацию, форма трассы является фундаментальным свойством сейсмических данных. Карта, которая показывает распределение трасс сходной формы, подобна карте фаций, демонстрирующей геологические элементы. Мы назвали эту карту распределения форм трасс картой «сейсмических фаций». После создания карты сейсмических фаций, она может быть преобразована в карту геологических фаций. Для этого используются скважинные данные, или геологические фации прогнозируются по стратиграфии комплекса. Важность использования сейсмических данных в качестве начальной точки для построения карты геологических фаций заключается в том, что такая карта дает глобальную изменчивость фаций. Вероятность этого приближается к нулю, если используются только скважинные данные. Мы представили здесь четыре примера применения карты сейсмических фаций в интерпретации геологических фаций.

## **Методология**

Трехмерная съемка была отработана CGG в 1995 году вблизи Hallettsville в округе Lavaca (Южный Техас). Съемка охватывает 114 кв. км на участке с несколькими нефтяными и газовыми месторождениями. Интерпретация набора данных и построение карт сейсмических фаций выполнялись с применением Stratimagic, самых последних программных средств стратиграфической интерпретации трехмерных сейсмических данных, созданных CGG Petrosystems. При интерпретации горизонта использовались пики, впадины или переходы через нуль с применением усовершенствованной модели, основанной на трехмерной функции распространения. При редактировании использовалось устройство автоматического от-

слеживания горизонта. К горизонту, отслеженному этим устройством, функция сглаживания не применялась.

Создается постоянный интервал, параллельный горизонту. Он содержит элементы, представляющие интерес, которые мы ожидаем увидеть на карте фаций. Мощность интервала может изменяться от нескольких миллисекунд до нескольких сотен миллисекунд, но обычно интервалы от 40 до 150 мс дают интерпретируемые карты фаций. Нашей целью является формирование карты фаций по этому интервалу, исходя из формы сейсмических трасс. В обработке имеются два шага:

1. Различные формы трасс в интервале анализируются «нейронной сетью», которая формирует последовательность синтетических трасс. Эта последовательность наилучшим образом представляет разнообразие форм в интервале и организует синтетические трассы, присваивая каждой из них цвет и номер. Количество классов определяется пользователем. Kohonen (1984) дает более подробное описание этого метода самоорганизации.
2. Определяется степень совпадения каждой трассы в интервале со всеми синтетическими трассами, и каждой трассе присваивается цвет и номер синтетической трассы, с которой она совпадает наилучшим образом.

Полученная в результате карта, называемая сейсмических фаций, фактически является картой подобия действительных трасс ряду синтетических трасс. Это неуправляемый (unpiloted) метод, который не требует моделирования данных АК или ввода скважинных данных. Сейсмические фации могут быть спроецированы на сейсмический профиль вдоль линии, которая пересекает этот профиль. Такая технология «нейронной сети» запатентована Elf Aquitaine и используется по ее разрешению.

### Пример Upper Wilcox (1)

В этом примере исследуется русловая система Upper Wilcox. На рис.1 и 2 поперечный и продольный профили показывают русловую систему, на которой интерпретированы верхний и нижний русловые горизонты.

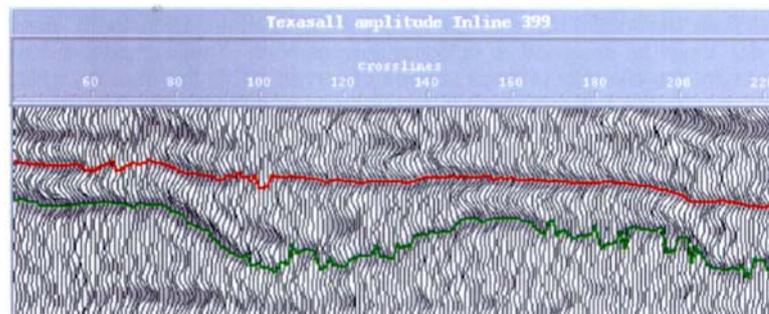


Рис.1. Продольный профиль, показывающий русло Upper Wilcox

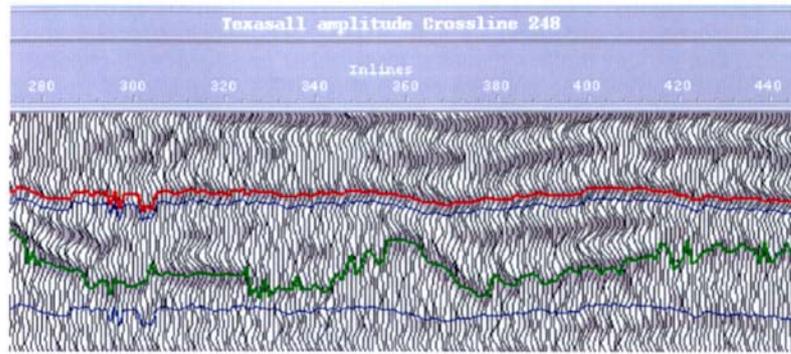


Рис.2. Поперечный профиль, показывающий русло и анализируемый интервал

На рис.3 показана структурная карта времен верхнего руслового горизонта, который является нашим опорным горизонтом. На временах от 10 до 90 мс ниже этого отражения находится нижний русловый горизонт. На рис.4 показана структурная карта времен нижнего руслового горизонта, на которой можно видеть две небольшие меандрирующие реки, которые, объединяясь, образуют лучистую (radiating) дельту.

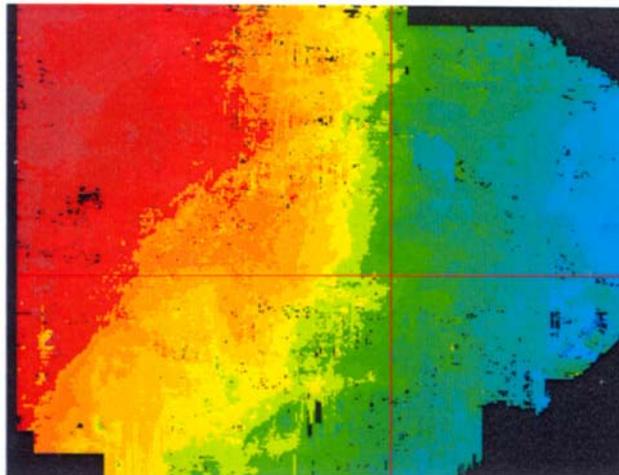


Рис.3. Структурная карта времен верхнего руслового горизонта от 1540 мс (красный цвет) до 1780 мс (синий цвет). Размер площади 9.3 км × 8 км

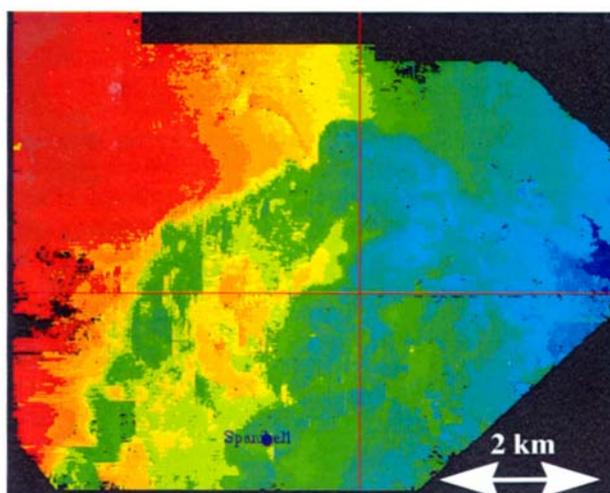


Рис.4. Структурная карта времен нижнего руслового горизонта от 1560 мс (красный цвет) до 1860 мс (синий цвет)

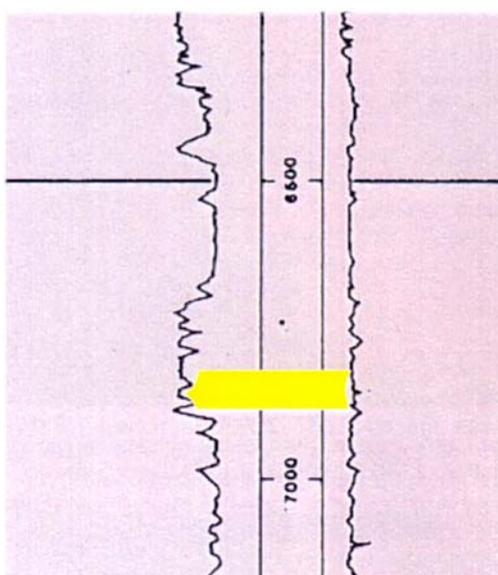


Рис.5. Диаграммы по скв. Mobil Spanihel 1, показывающие русловые отложения. Местоположение скважины показано на рис.4

На рис.5 показаны русловые отложения мощностью более 200 футов, вскрытые скважиной Mobil Spanihel 1. На 10 мс ниже верхнего руслового горизонта построен постоянный 100-миллисекундный интервал (см. рис.2). Этот интервал, параллельный верхнему русловому горизонту, был проанализирован «нейронной сетью» с целью классификации трасс в соответствии с их формой. В первом шаге, по подмножеству данных был создан набор из 12 модельных трасс, которые принадлежат 12 классам (рис.6). Затем каждая из действительных трасс в 100-миллисекундном интервале коррелируется со всеми модельными трассами, и строится карта сейсмических фаций (рис.7). На рис.6 представлена карта корреляции. Она показывает, что, в общем, корреляция между модельными и действи-

тельными трассами в пределах русел незначительна. Это предполагает, что для участка русла характерно большее разнообразие, чем 4 или 5 классов фаций, показанных здесь. Карта фаций может быть также спроецирована на сейсмический профиль, что позволяет понять геологическую значимость определенных типов фаций (рис.9). Интерпретация карты фаций показывает множество интересных физиографических элементов, таких как косы, разветвленное речное русло, намытый вал, пойменные конусы, равнины, дельтовые конусы, отмершие дельты и т.д. Все это помечено на рис.10, который представляет собой смешанную карту, полученную путем наложения карты средних амплитуд (белым цветом показаны высокие амплитуды, черным цветом – низкие амплитуды) на карту сейсмических фаций с целью более четкого обозначения малозаметных элементов. Такая карта, полученная на ранней стадии программы разведки, позволяет интерпретатору быстро сосредотачиваться на существенных элементах.

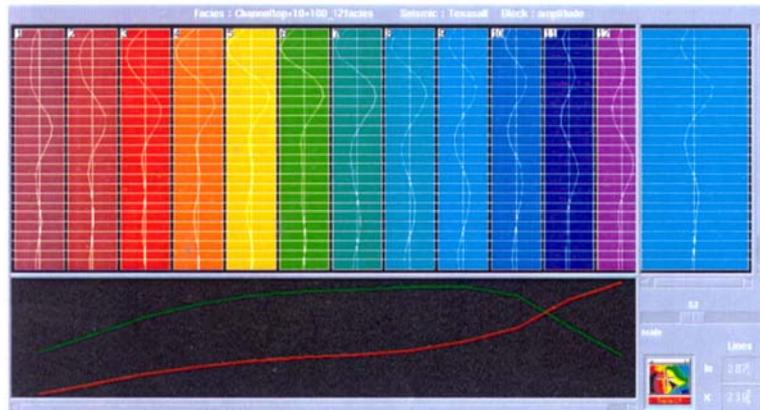


Рис.6. Классификация 12 модельных трасс, наилучшим образом представляющих разнообразие действительных трасс в 100-мс интервале Upper Wilcox. Обратите внимание на постепенное изменение формы трасс. Кривой красного цвета обозначена накопленная разность между соседними трассами. Справа показана действительная трасса, соответствующая речным русловым отложениям, которые обозначены стрелкой на карте фаций (рис.7). Кривая зеленого цвета показывает изменение степени корреляции этой трассы со всеми модельными трассами

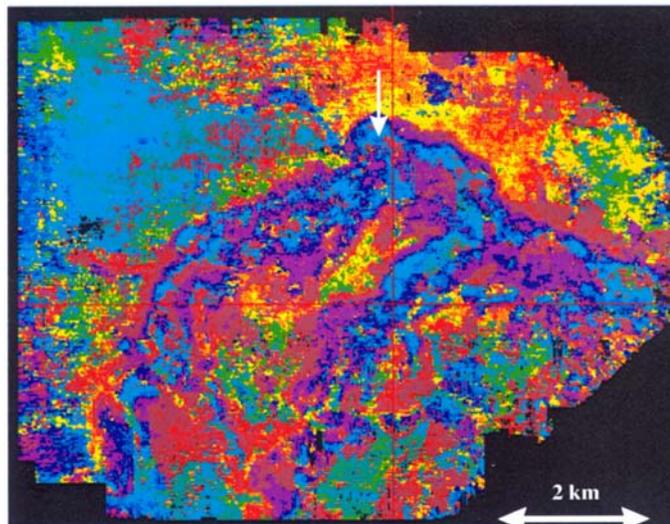


Рис.7. Карта классификации трасс или карта сейсмических фаций 100-мс интервала Upper Wilcox. Каждый цвет представляет одну из 12 модельных трасс, показанных на рис.6

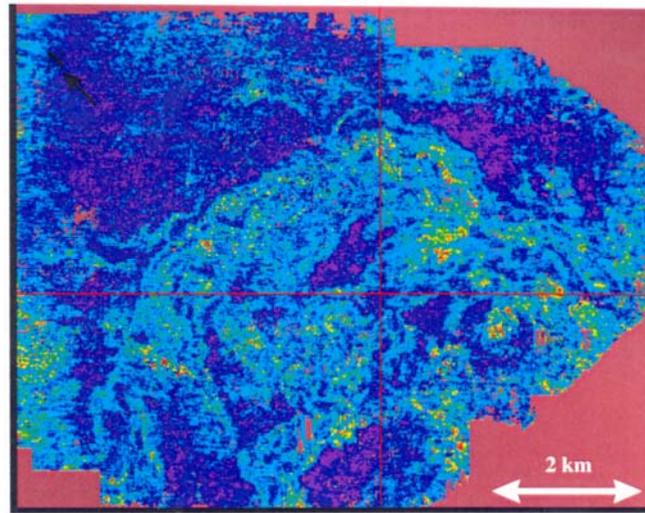


Рис.8 Карта, которая показывает корреляцию сейсмических трасс с модельной трассой. Темно-синий цвет соответствует высокой степени корреляции, а светло-синий и зеленый цвета (в основном в пределах русла) указывают на низкую степень корреляции

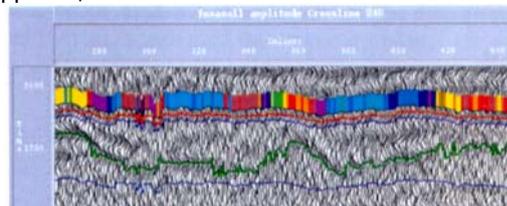


Рис.9. Карта фаций, спроецированная на сейсмический профиль с целью упрощения геологической интерпретации типа фаций

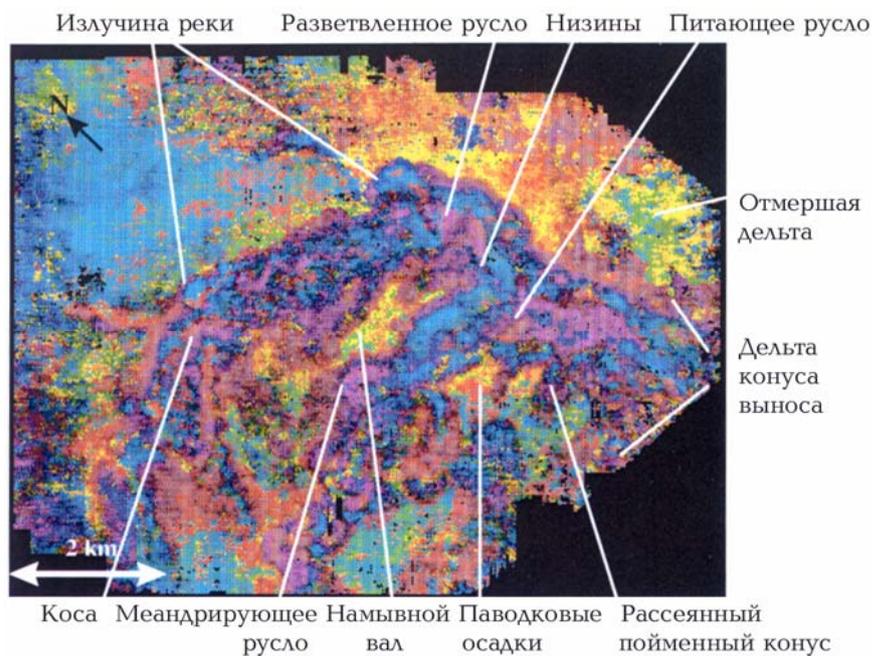


Рис.10. Карта, полученная путем сведения карты фаций с картой средних амплитуд. Несколько осадочных элементов интерпретировано и обозначено на рисунке.

### Пример Lower Wilcox (2)

Русло Lavаса было сформировано в период, соответствующий низкому уровню моря в эоцене, и в дальнейшем было изменено подводными процессами в течение

ние последующего затопления до полностью морского русла. Основание русла Lavaca представляет собой глубинное несогласие; это показано на рис.11А, где можно видеть продольный профиль из южной части площади. На исследуемой территории этот горизонт образует погружение на северо-востоке и юго-востоке (рис.12). Выполнение каньона на краю шельфа, известное также как комплекс Hallettsville, было отложено в русле Lavaca в период, соответствующий высокому уровню моря. В этом комплексе с преобладанием ила, пески Lower Wilcox характеризуются подошвенным налеганием на основание русла и являются хорошим объектом разведочных работ.

На рис.13 представлена часть кривой по скв. Mobil Spanihel 1. Стрелкой показаны пески в интервале 9820-9870 футов в основании заполнения, которые при испытании дали 1030 MCFD газа и нефти (Devine и Wheeler, 1989). Эти пески соответствуют верхнему подошвенному налеганию на рис.11А. Мы наблюдали сходные налегания вниз по падению (они показаны стрелками на рис.12).

Нашей целью является картирование таких горизонтов, характеризующихся подошвенным налеганием, с помощью карты сейсмических фаций. Выше русла Base Lavaca был создан 110-мс интервал для включения горизонтов с подошвенным налеганием (рис.11). При классификации интервала использовались 10 классов; карта сейсмических фаций показана на рис.14.

Используя скважинные данные и несколько ограниченных прерываний подошвенных налеганий, мы выполнили интерпретацию всей картины, наблюдаемой на карте фаций. Результаты были подтверждены дополнительной интерпретацией подошвенного налегания. Последовательность концентрических фаций вокруг поднятия отражает подошвенное налегание отдельных горизонтов комплекса Lower Wilcox Hallettsville на склон русла Lavaca. Сейсмические фации построены также по профилю, что облегчает корреляцию подошвенных налеганий с типами фаций (рис.11В).

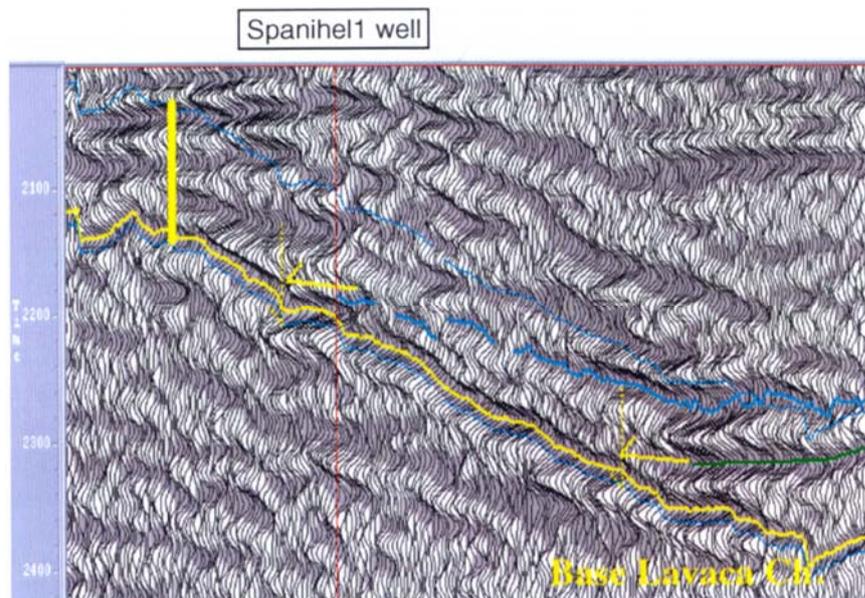


Рис.11А. Продольный профиль, демонстрирующий несогласное залегание русла Base Lavaca, а также верхнее и нижнее подошвенные налегания. Верхний песчаный горизонт, характеризующийся подошвенным налеганием, был вскрыт скв. Mobil Spanihel 1, из которой при испытании получен газ. Показан также 110-мс интервал

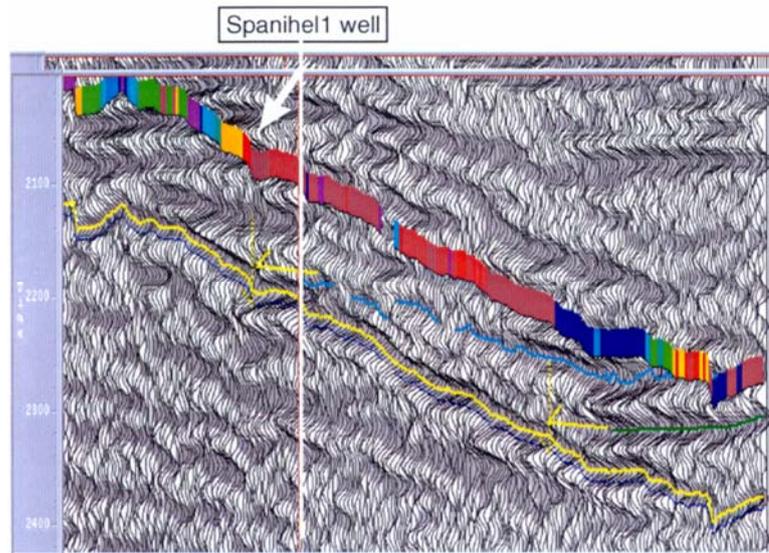


Рис.11В. Тот же продольный профиль со сформированными фациями, которые показаны выше анализируемого интервала. Отметим, что подошвенные налегания показывают начало других фаций: верхние – красные, нижние – синие

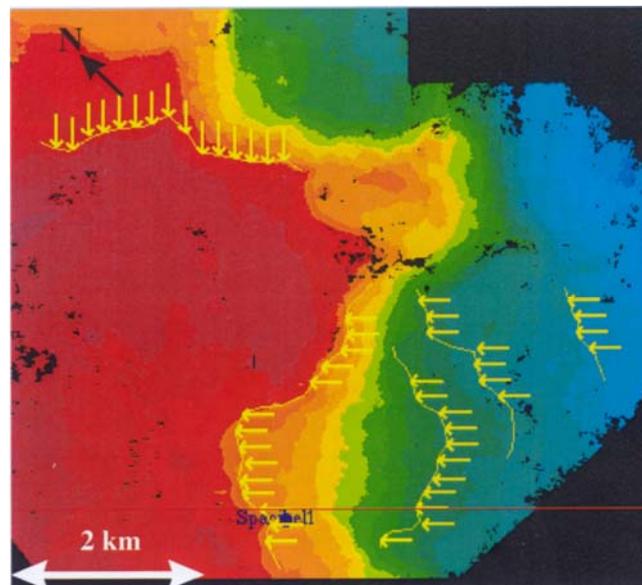


Рис.12. Структурная карта времен для русла Base Lavaca от 2000 мс (красный цвет) до 2650 мс (синий цвет). Стрелками показаны интерпретированные подошвенные налегания. Показано положение продольного профиля, представленного на рис.11А, и скважина Spanihel 1

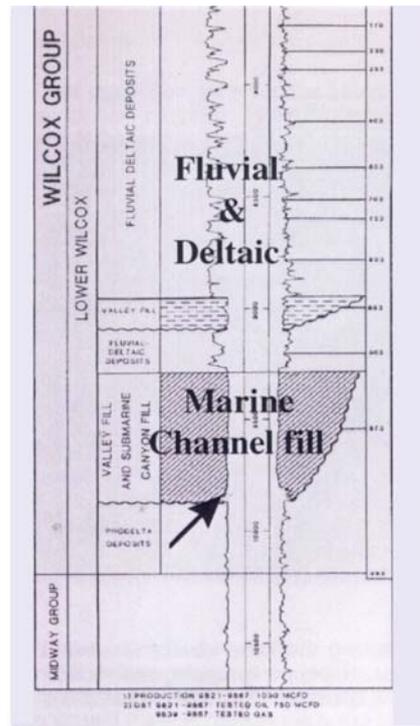


Рис.13. Заполнение морского русла в Lavaca Ch. (1) и аллювиальные дельтовые отложения L. Wilcox (2). Стрелкой отмечены пески верхнего подошвенного налегания, давшие приток газа (модификация по Devine и Wheeler, 1989)

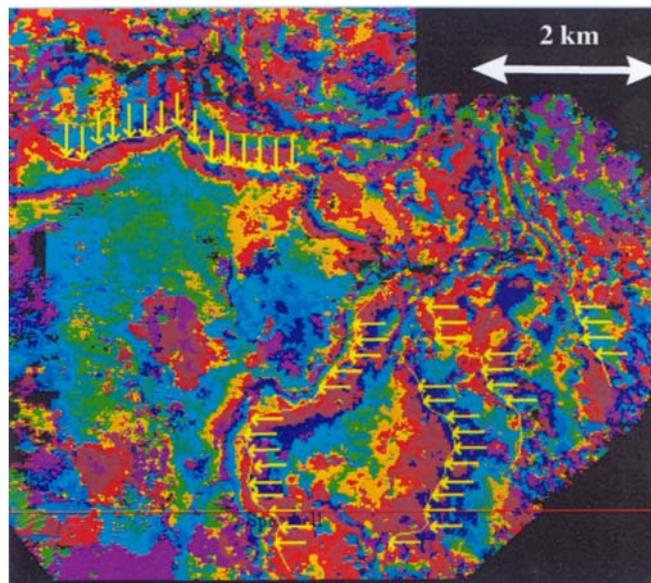


Рис.14. Карта сейсмических фаций с 10 классами, на которой можно видеть круговое (circular) подошвенное налегание вокруг поднятия на юго-западе. Стрелками отмечены интерпретированные подошвенные налегания нижнего русла (base channel). Обратите внимание на ориентировку стрелок вдоль сходных сейсмических фаций

### Пример известняков Edwards (3)

Известняк Edwards мелового возраста в округе Central Lavaca демонстрирует развитие пористости в верхних 350 футах; считается, что причиной возникновения пористости является трещиноватость и развитие карстов. Прогнозирование пористости и ее выдержанности в латеральном направлении являются основными темами разведочных работ после того, как на нескольких месторождениях, таких как Word, Hallettsville и т.д. был получен газ из Upper Edwards. На рис.15А показан параллельный профиль с отражающей поверхностью Edwards и 80-мс интервалом, созданным для классификации с применением нейронной сети. На карте фаций (рис.17) можно видеть полосу различных фаций (красные, желтые и т.д.) в центре съемки вдоль края шельфа (F1 на рис.16), простирающихся на несколько километров по обеим сторонам. При сопоставлении типов фаций и средней пористости в нескольких скважинах (Weathers, 1996) наблюдается общий тренд, в котором скважины, находящиеся в красной и желтой полосах, показывают повышенную пористость. Лучшая пористость соответствует положению скважины в красной полосе и около разлома (например, скв. WW12). Addy (1997) предположил, что пористость является реакцией на образование карстов на краю шельфа в условиях низкого уровня моря Edwards (рис.18).

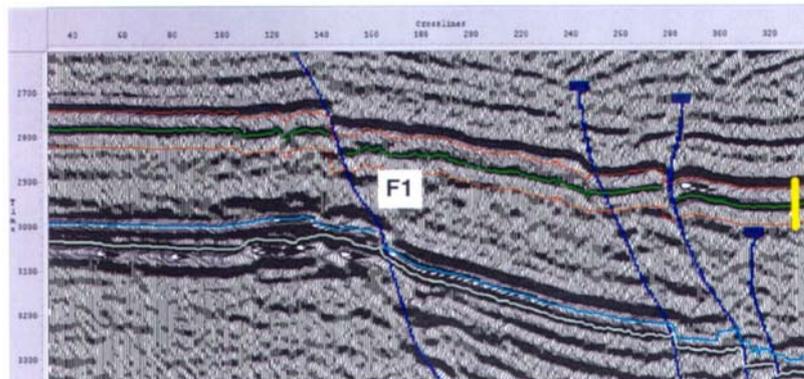


Рис.15А. Продольный профиль, который показывает отражающую поверхность Edwards мелового возраста с 80-мс интервалом. F1 – интерпретированный край шельфа

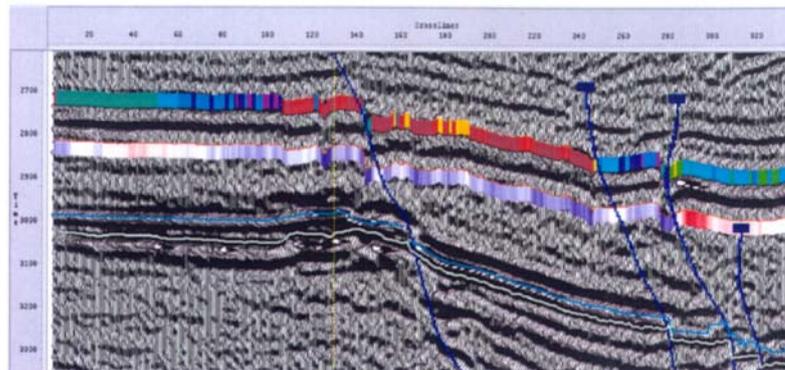


Рис.15В. Тот же самый продольный профиль, демонстрирующий сейсмические фации выше интервала и средние амплитуды ниже интервала

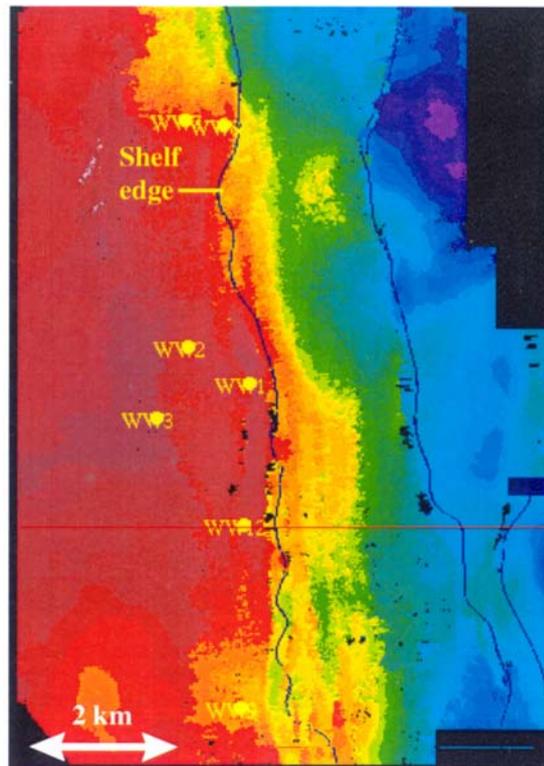


Рис.16. Структурная карта времен известняка Edwards. Погружение с юго-запада (2750 мс) на северо-восток (3000 мс). F1 – интерпретированный край шельфа.

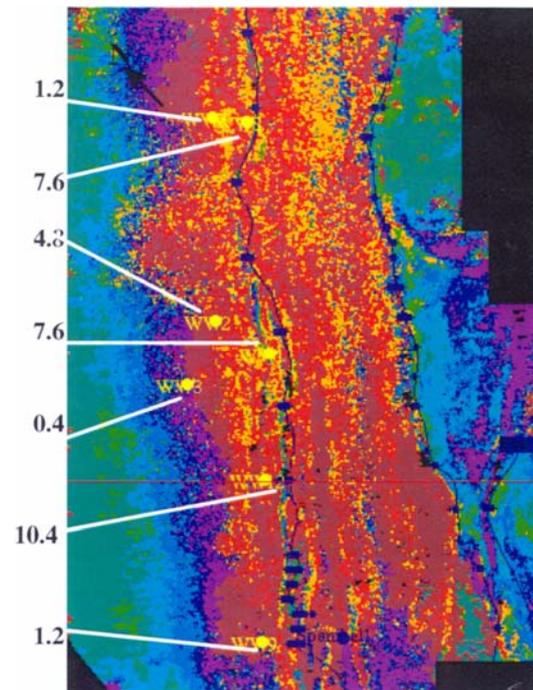


Рис.17. Карта сейсмических фаций 80-мс интервала Edwards показывает полосу фаций красного цвета вблизи края шельфа со средней пористостью, измеренной по скважинным данным

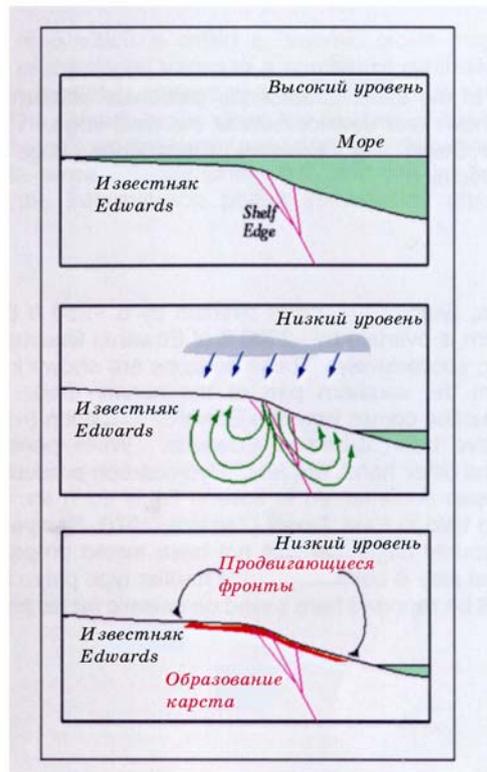


Рис.18. Мультипликация, показывающая формирование карста в период низкого уровня моря: 1- высокий уровень.

#### Пример рифа Sligo (4)

Внешний край нижнемеловой карбонатной платформы вблизи Мексиканского залива показывает развитие рифов на краю шельфа. Этот тренд носит название рифового тренда Stuart City, Edwards, Glen Rose, Sligo (в зависимости от местоположения). На исследуемой площади известняк Sligo перекрывается глинами Pear-sall мощностью приблизительно 250 футов, которые, в свою очередь, перекрываются последовательно 2000-футовыми известняками Edwards и 300-футовыми отложениями мела Austin. Эти отложения показаны на рис.23 и 24, где представлен продольный профиль AA', расположенный в южной части съемки. Продуктивность связана с формацией Edwards (~ 1320 футов), вскрытой несколькими скважинами. Известняки Sligo (~ 1500 футов) вскрыты меньшим количеством скважин. Добыча углеводородов из этого рифового тренда документирована на нескольких месторождениях (например, Fairway и Fort Trinidad в Восточном Техасе (Terrieger, 1976; Pampe, 1967)). В округе Central Lavaca риф Sligo не исследован надлежащим образом. Выклинивание (play) рифа Sligo считается выклиниванием граничного (frontier) типа. Детали геометрии будут рассмотрены, исходя из карты сейсмических фаций.



Рис.19. Структурная карта времен для известняка Sligo. Край шельфа обозначен близкими расположенными изолиниями. Риф простирается вдоль края шельфа. Показано положение профиля AA' (см. рис.23 – 24). Размер площади – приблизительно 8 × 12 км

На рис.19 представлена структурная карта времен для Sligo. Ниже горизонта Pearsall создан 90-мс интервал, который показан на рис.24. Мощность интервала составляет около 500 футов; он включает глины Pearsall и верхнюю часть Sligo. Построены также различные карты объемных признаков, например, карта средних амплитуд, карта минимумов, карта максимумов и т.д. Процесс нейронной сети сформировал карту сейсмических фаций этого 90-мс интервала. Рассчитанные модельные трассы показаны на рис.20.

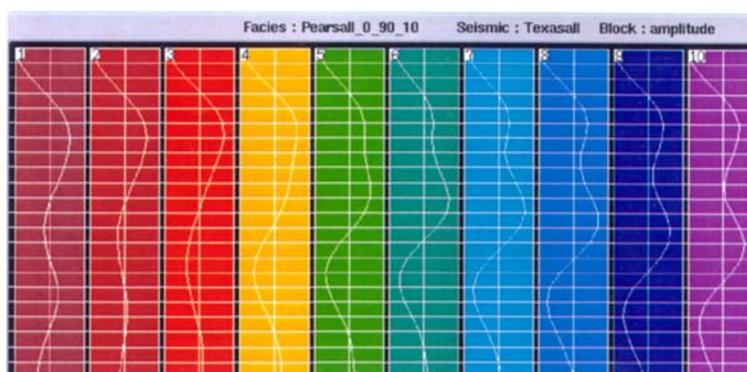


Рис.20. Классификация десяти синтетических трасс, представляющих все трассы в 90-мс интервале ниже глин Pearsall, которые были интерпретированы на прогибе. Модельные трассы начинаются в верхней части прогиба. Интервал включает верхнюю часть известняка Sligo и перекрывающие глины Pearsall. Обратите внимание на постепенное изменение формы трасс. Действительные трассы в пределах интервала коррелируются с этими модельными трассами с целью формирования карты сейсмических фаций.

Карта, называемая картой сейсмических фаций, в действительности является картой подобия сейсмических трасс ряду синтетических трасс (рис.21). Это не-

управляемый (unpiloted) метод, которые не требуют предварительного моделирования АК или ввода скважинных данных. Сейсмические фации в направлении профиля можно отобразить посредством простого механизма перемещения и сброса (drag and drop) – рис.23. В целом процесс весьма быстрый, и может быть выполнен в начале фазы интерпретации сразу после окончания интерпретации горизонта.

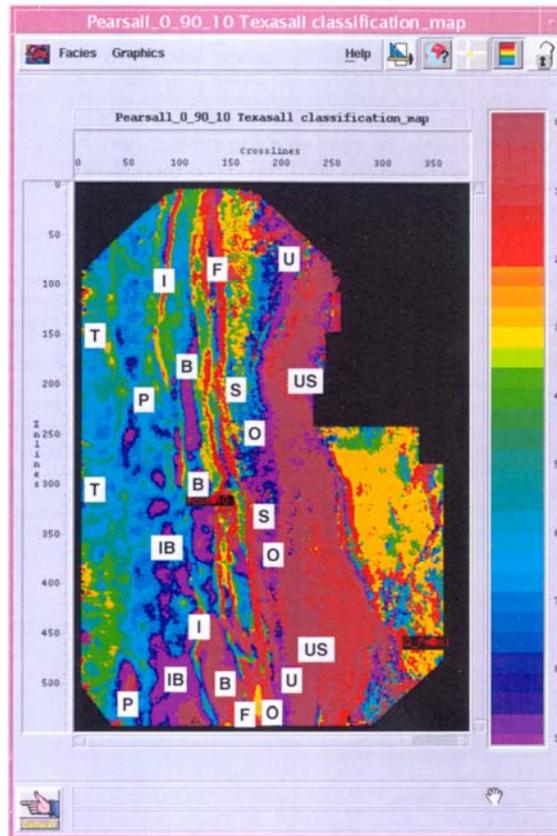


Рис.21. Карта сейсмических фаций 90-мс интервала, расположенного ниже глин Pearsall. Интервал включает известняки Sligo, показывающие развитие рифа. Карта представляет площади, характеризуемые десятью классами форм трасс.

F: береговой риф; O: внешний склон берегового рифа; B: бассейн тылового рифа; IB: внутренний бассейн тылового рифа; S: край шельфа; U: верхний склон с обломками рифа; US: верхний склон, возможно, без обломков рифа; I: внутренний риф; P: изолированный риф; T: приливно-отливная отмель

На рис.21 показана карта сейсмических фаций интервала, определенного выше. В сочетании с сейсмическими разрезами и рисунками на карте фаций, интерпретация показывает край шельфа, береговой риф, внутренний риф, изолированный риф, бассейн тылового рифа и приливно-отливные отмели. Карта показывает различные малозаметные элементы и их латеральное распространение, которые на обычной структурной карте не отмечаются (см. рис.19). Хорошо видно, что слабо различимый внутренний риф параллелен береговому рифу шельфа. Между двумя этими рифами имеется бассейн тылового рифа, в южной части которого происходит увеличение мощности осадков. На запад от внутреннего рифа имеется другой бассейн тылового рифа, в южной части которого также увеличивается мощность осадков. Мы также интерпретировали изолированные рифы, **intervening** бассейны и приливно-отливные отмели на внутреннем шельфе.

Образование пористости является ключевым вопросом разведки. Read (1985) классифицировал риф Sligo как край аккреционного окаймленного шельфа с поло-

гим склоном. В этом типе рифа поддерживается равновесие с повышением уровня моря, которое вызывает рост рифа вверх. При понижении уровня моря рост рифа задерживается, и в таких случаях вследствие выветривания развивается вторичная пористость. Зоны такой пористости можно определить по картам амплитуд. Карта средних амплитуд в интервале (см. рис.22) показывает уменьшение амплитуды на нескольких участках рифа, которое идентифицируется картой сейсмических фаций. Аналогично полосе сейсмических фаций, показанной выше интервала, амплитуды можно представить в виде полосы ниже интервала для визуальной корреляции (рис.23 - 24).

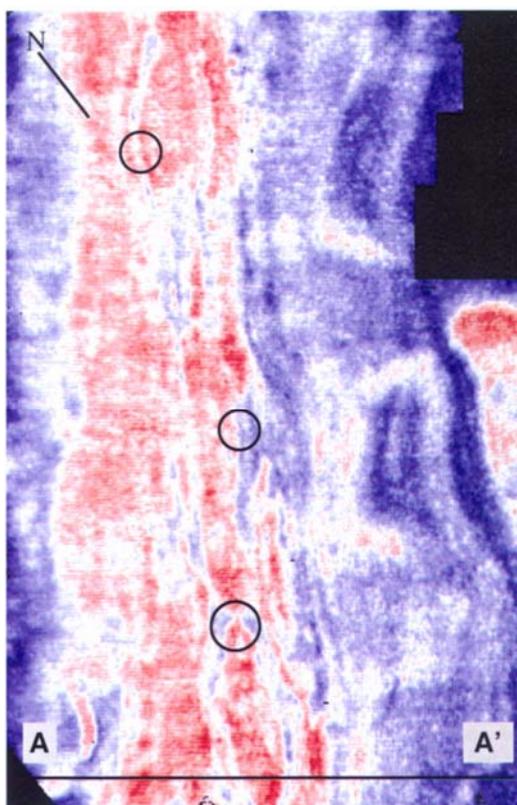


Рис.22. Карта средних амплитуд 90-мс интервала ниже глин Pearsall. Кружками обозначены участки низких амплитуд, предположительно связанные с развитием пористости

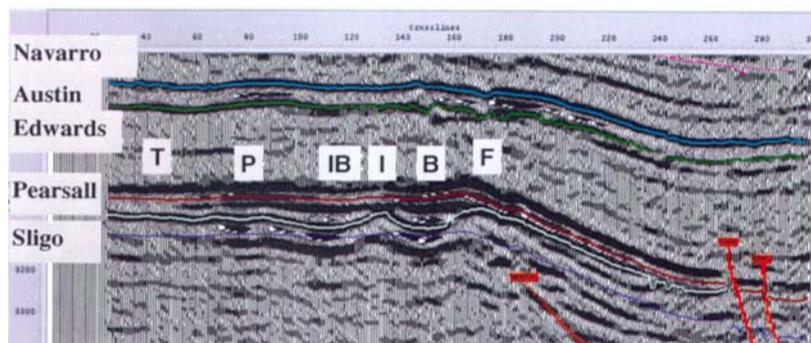


Рис.23. Продольный профиль AA', на котором можно видеть аустинский мел, известняки Edwards, глину Pearsall и известняки Sligo. Положение этого профиля показано на всех картах. Вертикальная полоса представляет анализируемый интервал. На разрезе интерпретированы: береговой риф (F), бассейн тылового рифа (B), внутренний риф (I),.... Распространение этих элементов в латеральном направлении показано на карте сейсмических фаций.

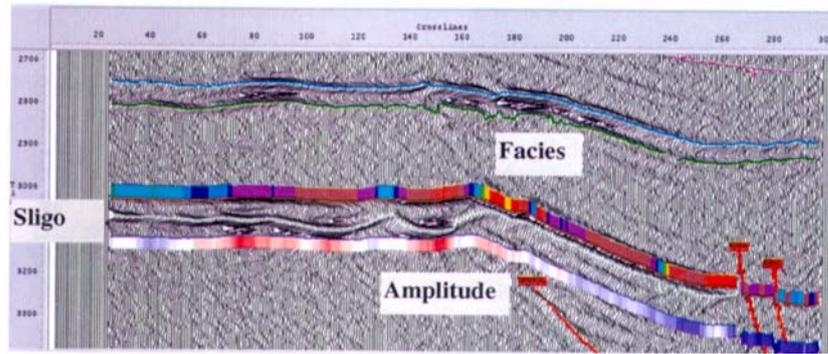


Рис.24. Этот же продольный профиль AA` с 90-мс интервалом, анализированным с целью получения карты сейсмических фаций. Полосы фаций показаны над интервалом. Полосы ниже интервала представляют средние амплитуды в интервале (высокие амплитуды обозначены более светлым оттенком). Такой способ представления облегчает интерпретацию

В общепринятой интерпретации используется карта структур и изохрон, но применение карты сейсмических фаций существенно упрощает интерпретацию.

## Заключение

Карта сейсмических фаций, сформированная нейронной сетью, является средством быстрой разведки. Такие карты могут ответить на ключевые вопросы в начале фазы разведочных работ. За очень короткое время мы интерпретировали большое количество осадочных элементов дельтовой речной системы в Upper Wilcox, картировали протяженность горизонтов Lower Wilcox с подошвенным налеганием, идентифицировали обширные площади развития пористости в известняках Edwards мелового возраста, которые являются основным источником углеводородов на этой площади, интерпретировали риф Sligo и ассоциированный береговой риф, бассейн тылового рифа, внутренние рифы и другие элементы.

## ***Stratimagic – краткое представление интервальных признаков***

### ***P.Neri (CGG-Petrosystems/MV)***

## Введение

Задачей данной статьи является представление пользователям Stratimagic обзора интервальных признаков, имеющихся в программных средствах текущей версии.

По возможности, мы попытались указать на наиболее частое использование каждого признака и на ситуации, которых следует остерегаться.

Особенностью Stratimagic является исключительная гибкость, доступная для специалиста в области геологии. Вы можете исследовать, открывать и вносить новшества в аналитические процессы на всех стадиях работы. Приведенная здесь информация является ступенью на пути к действительно созидательному подходу к использованию сейсмических признаков.

## Интервальные признаки: общие сведения

Интервальные признаки представляют собой множество величин, рассчитанных на объеме сейсмических данных, который определен верхней и нижней границами. Каждая граница – это поверхность, параллельная отражающей поверхности.

В именах многих признаков упоминается амплитуда (это сейсмический признак, загружаемый и используемый в этой прикладной системе). Фактически, все расчеты могут быть применены к любой версии сейсмических данных, к которой можно обратиться из Stratimagic: фаза, импеданс и т.д. Для выбора других версий сейсмических данных используется кнопка «...» (см. рис.1, правый нижний угол). В таком случае, некоторые комментарии об опасных ситуациях и типичные случаи применения определенных признаков могут оказаться недействительными.

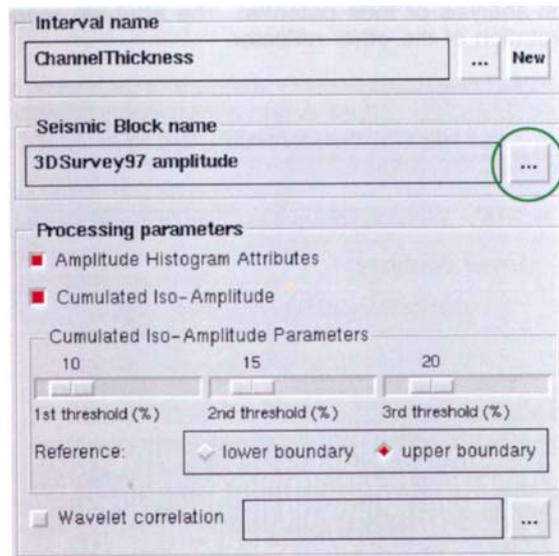


Рис.1. Выбор других версий сейсмических данных

## Интервальные признаки: Интервалы постоянной мощности (Constant thickness intervals)

### Постоянный интервал

У постоянного интервала верхняя и нижняя границы удалены от отражающей поверхности на одну и ту же величину.

### Применение

Постоянные интервалы используются для анализа интервалов без интерпретации верхней и нижней отражающих поверхностей. Во многих обстоятельствах, для интервала, внутри которого исследуется элемент, представляющий интерес, одна из его границ определяется относительно просто (например, несогласие над русловой системой или коренная порода, на которой развилась рифовая система и т.д.). Другая граница (дно русла, риф и т.д.) является весьма сложной отражающей поверхностью. Признаки, рассчитанные на постоянном интервале, который включает такие элементы, дают первый анализ их потенциала. Карты признаков могут оказать помощь в интерпретации другой отражающей поверхности.

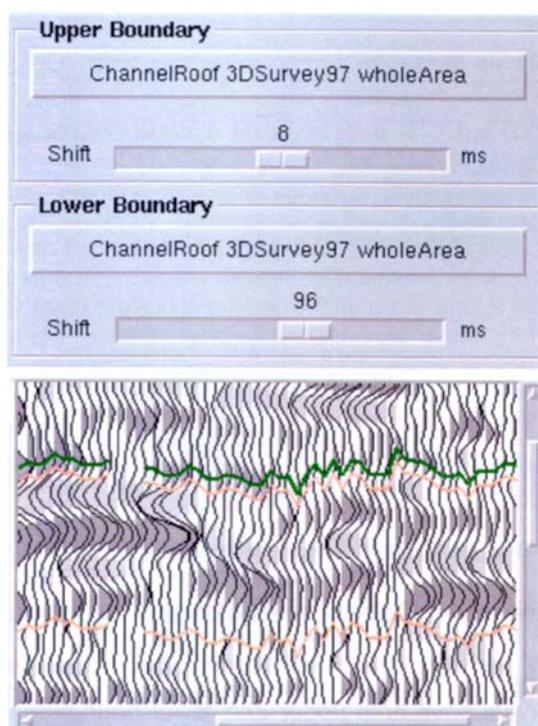


Рис.2. Интервал с постоянной мощностью

## Интервальные признаки: интервалы с переменной мощностью

### Применение

Интервалы с переменной мощностью придают большее значение признакам, которые идентифицируют амплитуду, характеристики пика – впадины и другие элементы.

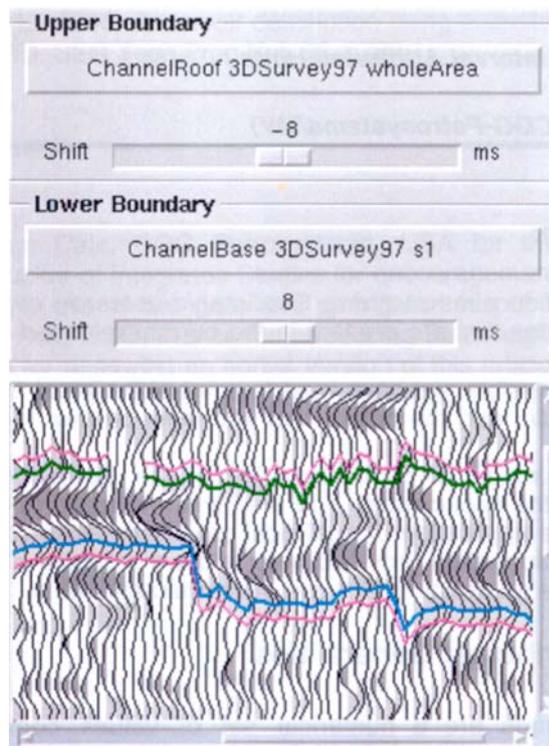


Рис.3. Интервал с переменной мощностью

Следует, однако, помнить, что результирующие карты основаны на интерпретации (например, на интерпретации сложной отражающей поверхности, которая представляет собой дно русла), и что ошибка в этой интерпретации может привести к появлению ложных объектов на картах.

## **Интервальные признаки: типы, отображение и свойства проекций**

### Типы результатов

Могут быть получены два различных результата:

- числовые карты, которые значения, рассчитанные в положении каждой трассы
- карты положений времен (time position maps), где результатом расчета признака является величина времени, расположенная внутри интервала. Первоначально эти карты отображаются как карты времен, отсчитываемых от уровня приведения сейсмических данных. Пиктограмма TOOL отображает варианты просмотра значений времени в виде изопахит, относящихся к верхней или нижней границе.

### Проекция на сейсмические разрезы

Карты числовых величин, спроецированные на сейсмические разрезы, отображаются по верхней границе с помощью цветной полосы, которая аналогична полосе,

используемой для изображения карты. Чтобы изменить параметры изображения, нужно дважды отметить их кнопкой мыши.

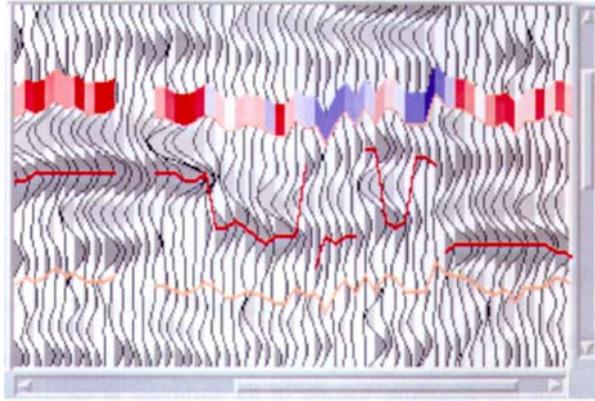


Рис.4. Изображение карты положений времен в виде линии на рассчитанном времени

## Группы интервальных признаков: Введение

### Управление данными для интервалов

Согласно концепции Stratimagic в области управления данными, каждый объект идентифицируется определенным способом. Следовательно, интервалы представляют собой отдельный тип данных. При создании интервала, пользователь присваивает ему имя по своему выбору. Все карты, которые будут построены для этого интервала, будут автоматически помечены и рассортированы в группы.

### Группы

Каждая группа содержит ряд признаков, основанных на общем принципе. Некоторые группы имеют дальнейшее подразделение для того, чтобы организовать информацию способом, воспринимаемым пользователем.

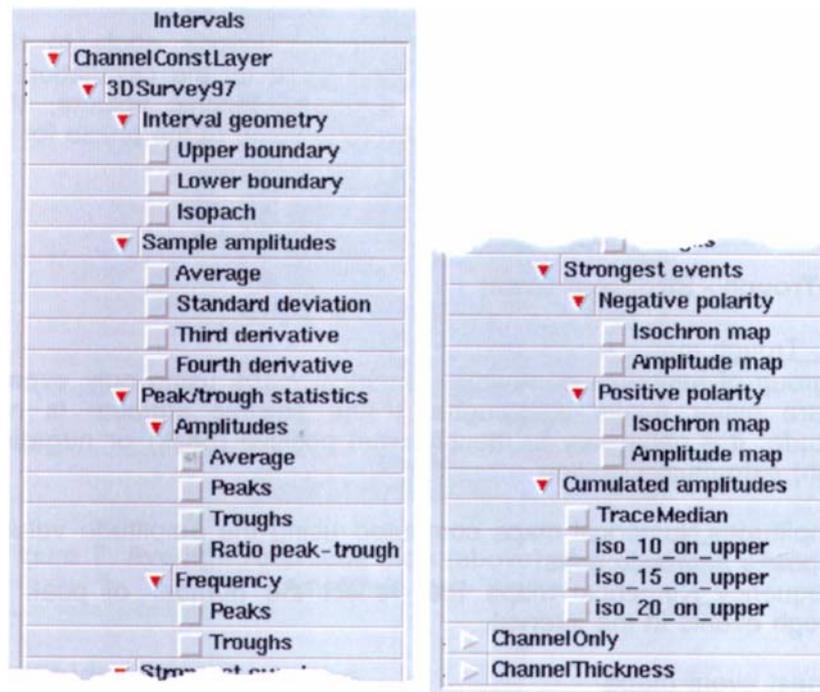


Рис.5. Списки групп

## Геометрия – Амплитуда

### Карты геометрии интервала

Эти карты представляют собой временные поверхности, используемые для определения интервала (верхней и нижней границ) и соответствующей изопахиты. Информация используется для выделения данных с целью расчетов и для определения положения результирующих данных на изображении сейсмических данных. Отметим, что последующее редактирование отражающих поверхностей, используемое для формирования границ, НЕ отражается на картах границ и признаках. Чтобы обновить интервальные признаки после редактирования опорных отражающих поверхностей, нужно создать новый интервал и повторно выполнить расчеты.

### Карты амплитуд

Эти карты рассчитываются с применением всех значений выборок в интервале, и представляют статистические результаты, полученные на этих значениях, такие как среднее и т.д.

Как отмечалось выше, эти расчеты применяются к значениям выборок, присутствующим в данных, которые используются для вычислений. Если вычисление выполняется, например, на фазе, результаты будут отражать среднее значение фазы для всех выборок в интервале.

## Пик – впадина: наиболее интенсивное отражение

### Карты пиков – впадин

Эта группа признаков рассчитывает числовые карты, используя только оси синфазности, проведенные по пикам или впадинам. Если сейсмический признак не является амплитудой, необходимо установить, какой экстремум имеет значение – положительный (пик) или отрицательный (впадина).

- числовые карты амплитуд рассчитываются с применением значений амплитуд пиков и/или впадин
- числовые карты частот отражают количество пиков или впадин в интервале

#### Карты наиболее интенсивных отражений

Эти карты определяют положение и описывают наиболее интенсивные отражения в интервале для положительной и отрицательной полярностей.

#### Карты накопленных амплитуд

Эта группа признаков получается путем суммирования абсолютных значений каждой выборки, пока не будет достигнут порог, определенный пользователем. При этом записывается положение времени.

#### Направление суммирования

Суммирование может выполняться, начиная с верхней границы интервала вниз, или с нижней границы интервала вверх (в некоторых случаях это несущественно).

#### Пороговая величина

Эта величина может быть определена по принципу «трасса за трассой», или относительно определенной опорной величины.

### **Интервальные признаки**

#### **Амплитуды: Среднее**

Для каждой трассы рассчитывается среднее абсолютных величин всех выборок. Карта показывает существование амплитудных аномалий в интервале. Этот признак выявляет трассы, где амплитуды имеют высокие или низкие значения, что полезно для первого просмотра участков, представляющих интерес. Данный признак в основном применяется к относительно малым интервалам (20 – 200 мс). При увеличении интервала увидеть дискретные аномалии становится труднее.

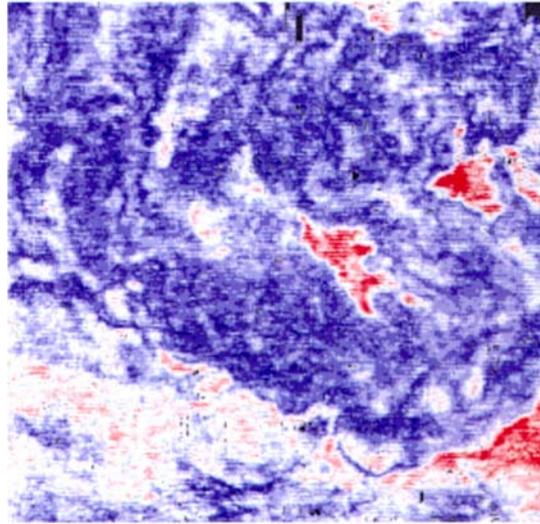


Рис.6. Карта средних амплитуд

### Амплитуды: Стандартное отклонение

Для каждой трассы рассчитывается стандартное отклонение среднего абсолютных величин всех выборок. Карта показывает участки сильного изменения амплитуд в интервале. Этот признак выявляет трассы, где среди равномерного распределения амплитуд по трассе встречаются anomalously высокие значения, что полезно при первом просмотре участков, представляющих интерес. Следует отметить, что карта стандартных отклонений более информативна, чем карта средних амплитуд по этому же интервалу. Последующие 3-я и 4-ая производные дают дальнейшее улучшение информативности при увеличении интервалов. Данный признак наиболее применим к интервалам средних размеров (100 – 500 мс).

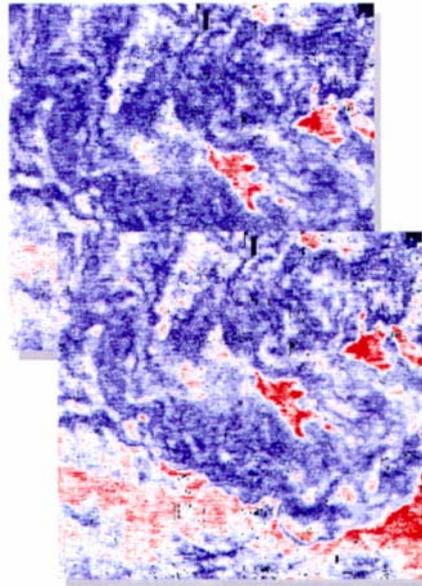


Рис.7. Карта средних амплитуд (вверху) и карта стандартных отклонений амплитуд (внизу)

### Амплитуды: Третья производная

Для каждой трассы рассчитывается третья производная среднего абсолютных величин всех выборок. Карта указывает участки, где в относительно большом интервале амплитуды сильно изменяются в малых временных окнах. Этот признак выявляет трассы, где среди равномерного распределения величин амплитуд по трассе встречаются аномально большие амплитуды. Это полезно при первом просмотре участков, представляющих интерес. Данный признак применяется в основном для больших интервалов (250 – 1000 мс).

#### **Амплитуды: Четвертая производная**

Для каждой трассы рассчитывается четвертая производная среднего абсолютных величин всех выборок. Как и в случае третьей производной, эта карта показывает участки значительного изменения амплитуд в интервале. Данный признак выявляет трассы, где среди равномерного распределения величин амплитуд встречаются аномально большие амплитуды. Это полезно при первом просмотре участков, представляющих интерес в больших интервалах (500 – 2000 мс).

#### **Пик – впадина: Амплитуда: Среднее**

Для каждой трассы рассчитывается среднее абсолютных величин всех пиков и впадин. Карта показывает существование аномалий в пиках или во впадинах. Отметим, что аномалии могут относиться к величинам, которые превышают нормальные величины, или к аномально низким величинам. По отношению к среднему всех выборок, это признак является более информативным, особенно в сравнительно низкочастотных или осложненных помехами данных. В малых интервалах присутствие или отсутствие отражения на границе или внутри интервала может оказать существенное влияние на результат. Важным шагом является проверка аномалий на разрезе.

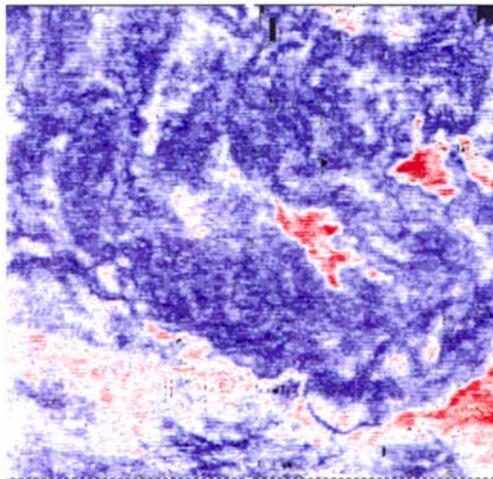


Рис.8. Карта средних амплитуд «пик – впадина»

#### **Пик – впадина: Амплитуда: Средний максимум**

Для каждой трассы рассчитываются средние величины всех пиков. Карта показывает существование аномалий в пиках в пределах интервала. Этот признак выяв-

ляет трассы, где один или два пика (максимума) являются аномально высокими или аномально низкими; он более информативен, чем среднее трассы, т.к. сосредотачивается только на максимумах. Данный признак в общем случае применяется к относительно малым интервалам (50 – 250 мс). Если интервал слишком большой, аномалию на одном или двух пиках увидеть трудно. Положительные (белые) аномалии на этой карте означают в основном газоносные элементы русла: меандры, намывные валы, косы.

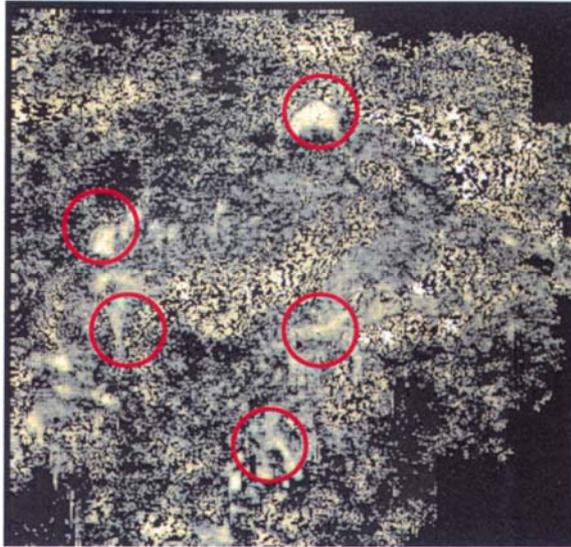


Рис.9. Положительные (белые) аномалии обозначают газоносные элементы русла

### **Пик – впадина: Амплитуда: Средний минимум**

Для каждой трассы рассчитываются средние величины всех минимумов. Карта показывает существование аномалий в минимумах в пределах интервала. Данный признак выявляет трассы, где один или два минимума являются слишком высокими или слишком низкими; он более информативен, чем среднее трассы, т.к. сосредотачивается только на минимумах. В основном, признак применяется к относительно малым интервалам (50 – 250 мс). При увеличении интервала трудно увидеть аномалию на одном или двух минимумах.

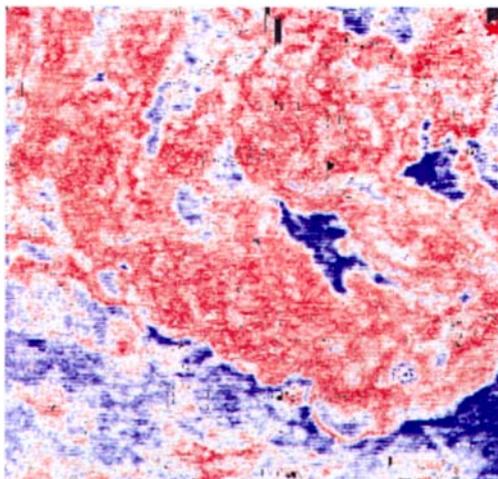


Рис.10. Положительные (белые) аномалии обозначают газоносные элементы русла: меандры, намывные валы и косы

### **Пик – впадина: Амплитуда: Отношение минимум-максимум**

Для каждой трассы рассчитывается среднее значение всех минимумов и максимумов, и вычисляется отношение минимум-максимум. Обычно карты организованы в участки единичного отношения, и аномальные участки, где равновесие нарушено. Отметим, что аномалии могут относиться к величинам, которые превышают нормальные величины, или к аномально низким величинам. В больших интервалах отношение максимумов к минимумам стремится к единице. В малых интервалах исчезновение оси синфазности приводит к изменению равновесия. Назначением данного признака является выявление отсутствия дублетов, рассогласования с отражающей границей или других сходных событий. Нужно следить за соответствием границ отражающим поверхностям. Если отражающие поверхности (особенно хорошо выраженные) пересекаются на границах, это может нарушить общее равновесие и привести к образованию аномалий.

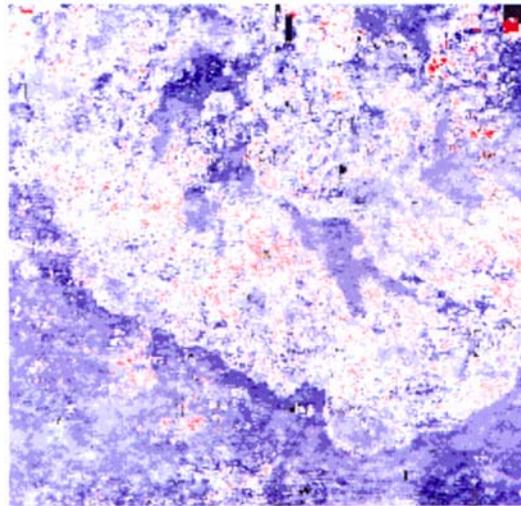


Рис.11. Карта отношений максимум-минимум

### **Максимум-минимум: Частота: Максимумы**

Полное количество выборок с положительной полярностью в интервале делится на количество выборок, которые представляют собой максимумы. Карта показывает участки, где количество максимумов изменяется. Это может быть связано с изменениями характера сигнала, обусловленными наличием геологических или геофизических ложных объектов, которые влияют на отражательную способность. На результаты также оказывают воздействие механизмы врезания, такие как русла. Данный признак применим ко всем типам интервалов, но лучше всего он подходит к ситуации, когда интервал охватывает постоянное количество основных отражающих поверхностей (от 2 до 10), где мы разыскиваем дублеты или резонансные эффекты. Следует быть внимательнее при интерпретации данного признака в интервале переменной мощности. Значения карты представляют собой отношения выборок, а не частоту, выраженную в герцах.

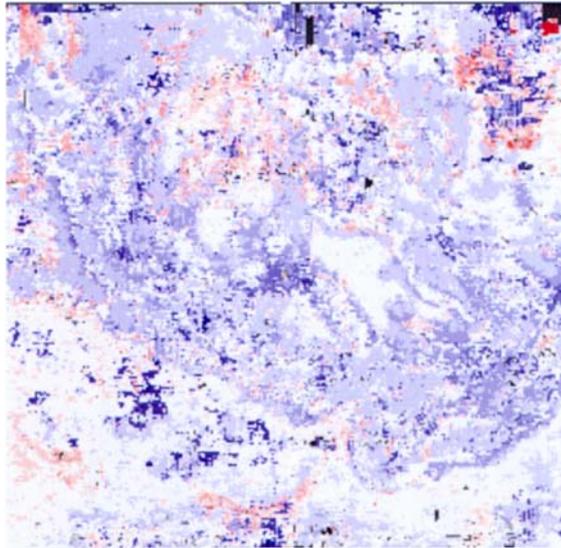


Рис.12. Карта максимумов частоты пик-впадина

### **Максимум-минимум: Частота: Минимумы**

Общее количество выборок с отрицательной полярностью в интервале делится на количество выборок, которые представляют собой минимумы. Карты показывают участки, где количество минимумов изменяется. Это может быть связано с изменением характера сигнала, обусловленным наличием геологических или геофизических ложных объектов, которые влияют на отражательную способность. Механизмы влияния, такие как русла, также оказывают влияние на результаты. Данный признак применим ко всем типам интервалов, но лучше всего он подходит к ситуации, где интервал охватывает постоянное количество основных отражающих поверхностей (от 2 до 10), где мы разыскиваем наличие дублетов или резонансные эффекты. Следует быть внимательнее при интерпретации этого признака в интервале переменной мощности. Значения карты представляют собой отношения выборок, а не частоту в герцах.

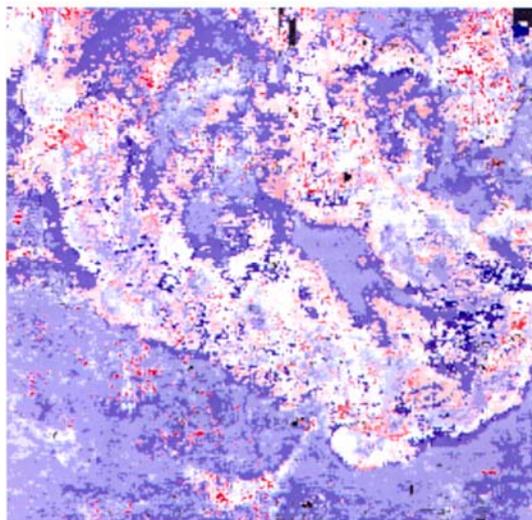


Рис.13. Карта минимумов частоты пик-впадина

**Наиболее интенсивное отражение: <Тип отражения>: Изохрона**

В интервале разыскивается наиболее интенсивное отражение определенной полярности и записывается время, на котором оно располагается. Просматривая данный признак относительно верхней или нижней границы интервала, можно оценить местоположение наиболее «громкого» отражения. Обычно этот признак используется в кластических отложениях, где амплитудные аномалии могут быть связаны с газоносностью. Интервал нужно определять так, чтобы он не включал граничный горизонт, если последний является сильной отражающей поверхностью. В противном случае он будет идентифицирован как наиболее интенсивное отражение. Если в интервале присутствуют многочисленные амплитудные аномалии, данный процесс выявит наиболее интенсивные из них.

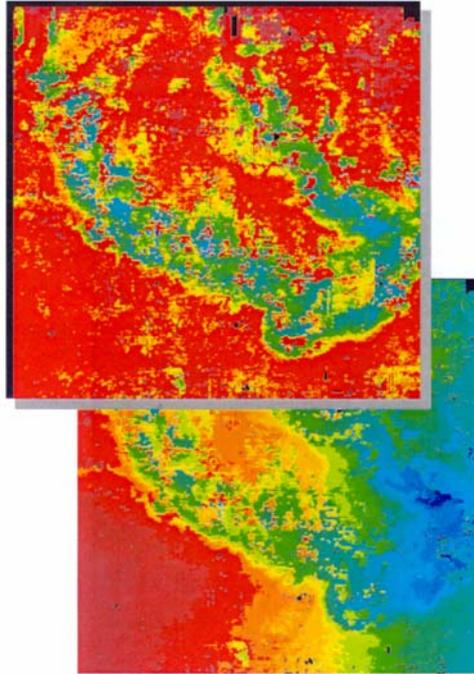


Рис.14. Вверху – наиболее интенсивное отражение карты изохрон (полное время пробега) относительно верхней границы интервала; внизу – наиболее интенсивное отражение карты изохрон (полное время пробега) относительно поверхности приведения сейсмических данных

#### **Наиболее интенсивное отражение: <Тип отражения>: Амплитуда**

В интервале разыскивается наиболее интенсивное отражение определенной полярности, и записывается величина амплитуды. После того, как на соответствующей карте времен и на разрезах подтверждается, что обнаруженное наиболее интенсивное отражение образует значимый элемент интерпретации, карта амплитуд подчеркивает особенности, которые должны улучшить читаемость результатов.

Данный признак обычно используется в кластических отложениях, где амплитудные аномалии могут быть связаны с газоносностью. Интервал нужно определять так, чтобы он не включал граничный горизонт, если последний является сильной отражающей поверхностью. В противном случае он будет идентифицирован как наиболее интенсивное отражение. Если в интервале присутствуют многочисленные амплитудные аномалии, данный процесс выявит наиболее интенсивные из них.

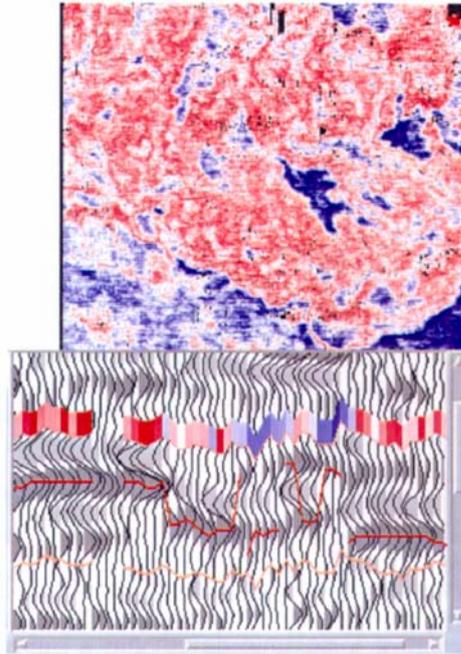


Рис.15. Тип отражения – Амплитуда

### Накопленные амплитуды: Медиана

Для каждой трассы суммируются абсолютные значения всех выборок. Сумма используется как эталонная величина. Затем процесс суммирования повторяется и останавливается на выборке, где достигнуто 50% суммы. Записывается время этой выборки. Карта показывает участки, где по вертикали изменяется распределение значений выборок. Это можно ассоциировать с отдельными отражающими поверхностями, которые показывают локальные аномальные значения, или с присутствием «тусклых» или «громких» зон в интервале, которые влияют более чем на одну отражающую поверхность. Осадочные элементы (например, русла) обычно демонстрируют картину амплитуд, отличающуюся от окружающих геологических единиц, в которые врезаны эти элементы. Чтобы понять природу изменений сигнала, проявляющихся на карте, необходимо спроецировать этот признак на сейсмические разрезы.

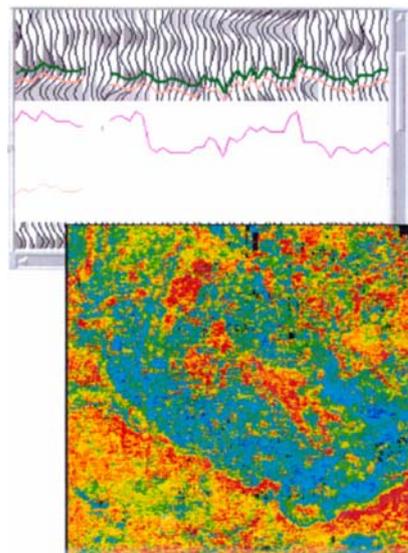


Рис.16. Медианная величина накопленной амплитуды

Рассчитывается сумма абсолютных величин всех выборок, наибольшая в интервале. Для каждой трассы суммируются абсолютные значения выборок, пока полная сумма не достигнет трех пороговых величин, определенных пользователем. Эти пороговые величины выражаются в процентах от суммы эталонных величин. Времена трех выборок записываются в три отдельные карты, помеченные пороговыми величинами. Суммирование выполняется от нижней границы вверх или от верхней границы вниз. Карта показывает участки изменения по вертикали величин выборок. Осадочные элементы (например, рифы), как правило, показывают амплитудные характеристики, отличные от окружающих геологических единиц. «Тусклый» (dull) риф будет идентифицирован путем суммирования от нижней границы вверх. Слишком высокие процентные отношения могут привести к переполнению из противоположной границы. Затем выполняется срезание результата.

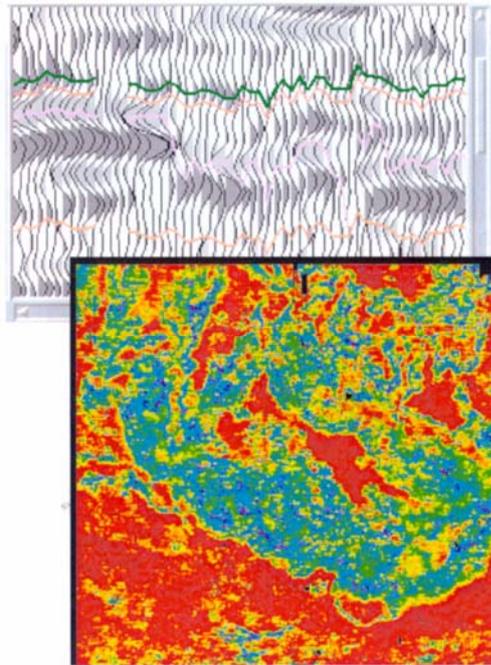


Рис.17. Десятипроцентный порог от верхней границы

## Заключение

В данной статье рассматривается множество способов анализа признаков в рабочем сеансе Stratimagic. Дружественный к пользователю интерфейс позволяет легко установить объекты разведки. Кроме того, пользователь имеет возможность обращаться к внешним базам данных (Landmark,...) или к скважинам, что обеспечивает первый шаг к калибровке скважин. Дается четкое представление детальной информации, предоставляемой каждой картой, области ее применения и ситуаций, которых следует остерегаться.

## Архитектура аппаратных и программных средств Oracle, IntegralPlus

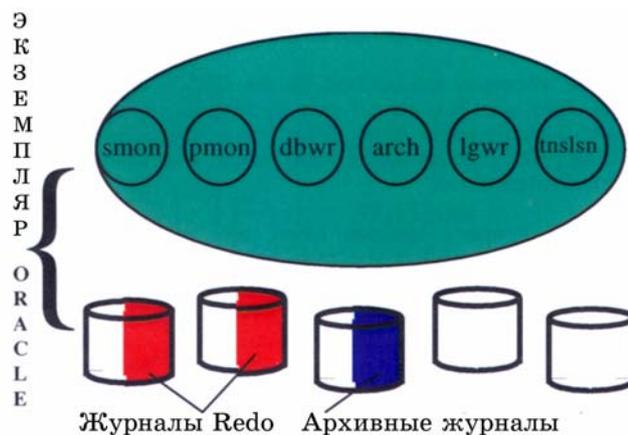
L.Jacob (CGG-Petrosystems) и M.D.Goibert (Oracle France)

### Введение

С начала 1998г. IntegralPlus использует Oracle в качестве системы реляционных баз данных. В настоящей статье дается краткое описание модификаций для пользователей Empress. Различные улучшения программных средств дополняют конфигурации аппаратных средств, которые соответствуют предложению на рынке компьютеров. В данном документе мы опишем некоторые возможности управления и эксплуатации вычислительной установки.

### Oracle в нескольких словах

Empress предложил тесную связь между директориями Unix и понятием базы данных. Oracle унифицирует все структуры внутри уникального экземпляра. Экземпляр Oracle состоит из нескольких процессов и нескольких файлов. Доступ к каждому файлу управляется процессами экземпляра, которые позволяют проверять и записывать каждое действие, выполненное пользователем (в т.ч. параллельные доступы). Например, один из этих процессов обнаруживает конфликты из-за доступа, которые не могут быть решены (тупиковые ситуации), и отменяет действительность самой простой (lightest) транзакции, так что база данных не блокируется. Поскольку доступ к файлам реализуется с помощью процессов, безопасность базы данных не связана с безопасностью файла. **К файлам нельзя получить доступ посредством простых команд Unix, пока администратор вычислительной установки не остановит экземпляр и, следовательно, любую возможную работу.**



С одной стороны, все файлы процессов и экземпляров располагаются на одном и том же компьютере, т.е. на сервере Oracle. С другой стороны, к этому экземпляру может обратиться любой компьютер, включенный в рабочую сеть. Это требует инсталляции сокращенного (reduced) Oracle. На рис.1 представлены различные процессы и их задания.

- smon (системный монитор) выполняет запуск, холодное или горячее восстановление базы данных
- rmon (монитор процесса) восстанавливает нарушенные связи, очищает ресурсы
- dbwr (устройство записи в базу данных) записывает буферы в базу данных
- lgwr (устройство записи в журналы) управляет буферами журналов redo, которые запоминают выполненные операции и позволяют возвращаться назад на несколько стадий, если найден сбой при выполнении операции. Журнал redo используется также для восстановления базы данных
- arch (устройство архивирования) выполняет архивирование заполненных файлов redo; они основаны на трехфайловой системе; размер файлов фиксирован, и их заполнение выполняется циклами (файл 1,2,3,1...). Когда режим архивирования приведен в активное состояние, Oracle выполняет архивирование файла журналов redo перед переходом к следующему файлу. **Режим архивирования повышает безопасность, но требует дискового пространства**
- tnslnr (слушатель) наблюдает за подключениями пользователя

Первые пять процессов имеют суффикс, представляющий собой имя экземпляра Oracle (4 знака). Они работают в зоне разделенной памяти, которая определена на уровне экземпляра (SGA, System Global Area). Каждому подключению присваивается частный участок памяти (PGA, Process Global Area), характеристики которого также определяются на уровне экземпляра.

Среда Oracle включает иные средства, нежели сервер и протоколы связи. В настоящее время IntegralPlus не использует их, поскольку данные средства адаптированы для финансовых прикладных систем или систем информационных центров, а не для графических интерактивных прикладных систем, образующих основу IntegralPlus.

## Реализация IntegralPlus

### Данные IntegralPlus

Данные IntegralPlus включают три вида:

- признаки базы данных (заголовки скважин, имена карт...)
- массивы (координаты профилей, значения разбросанных данных...)
- файлы частных форматов (сейсмические данные, данные ГИС, карты...)

Различие между этими тремя видами связано с операциями, которые выполняются на них, и с объемами этих видов. Система базы данных используется для сортировки или для определения того, какими будут выборы на реляционных данных

в таблицах: простыми или усложненными (например, все диаграммы ГК, принадлежащие скважине ААА-1В, все профили, принадлежащие сейсмической съемке ХХХ-12). Выбор выполняется на признаках.

Массивы представляют собой совокупности данных, привязанных к записи. На данных, которые читаются и записываются, операция сортировки или выбора не выполняется. В общем случае, мы используем этот вид данных для множеств, где количество значений не превышает 5000.

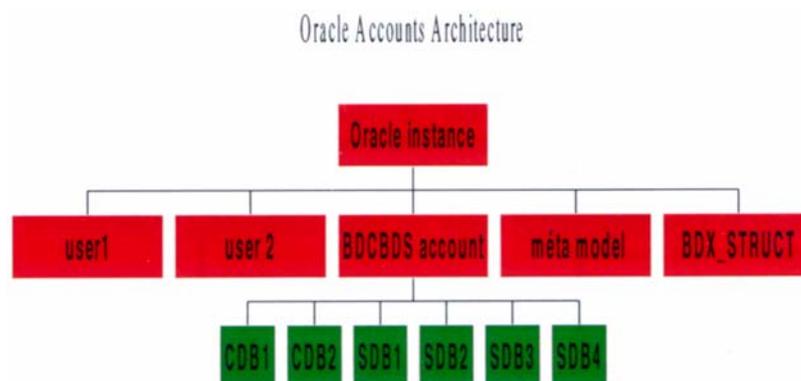
Файлы имеют структуру, адаптированную к типу данных (графическим, сейсмическим, данным ГИС), который допускает физическую оптимизацию доступа к значениям.

Физическая модель IntegralPlus, будучи разработанной сначала в Empress, включает таблицы с несколькими объемами – вариант, который отсутствует в Oracle. Разработка внешних систем (не считая базу данных) обеспечивала моделирование такого поведения; добавлены функциональные возможности окон. Поскольку все прикладные системы используют уникальный интерфейс программирования (API), система транзакции равносильно одной из систем базы данных.

Данные IntegralPlus, организованные с помощью структуры CDB (Common Data Bases – общих баз данных; данные не модифицируются процессом интерпретации) и SDB (Specific Data Base – специфичных баз данных; интерпретированные данные). Одна CDB может быть связана с несколькими SDB. Некоторые специальные таблицы (BDCBDS) содержат описание взаимосвязи между CDB и SDB, а также информацию о физическом положении данных и привилегии для пользователей IntegralPlus.

### Архитектура счета в экземпляре Oracle IntegralPlus

Внутри базы данных каждый заявленный пользователь - собственник своего счета, который фактически является пустым. Назначение этого счета состоит в обеспечении любых подключений к экземпляру. IntegralPlus состоит из нескольких сотен прикладных систем; подключение происходит без запроса пароля. Каждая группа BDCBDS, SDB, CDB владеет своим счетом Oracle; эти счета ассоциируются с их собственными табличными пространствами. Без какого-либо ручного управления со стороны администрации, каждому табличному пространству дается один физический файл, что освобождает дисковое пространство при удалении площади работ.



## Физическая архитектура

Чтобы полностью использовать преимущества архитектуры «заказчик-сервер» (client-server) в неоднородной рабочей сети Oracle, место базы данных сделано независимым от других мест данных. Сервер RPC (Remote Procedure Call – дистанционный вызов процедуры) позволяет получить стандартные процедуры управления с любого АРМ заказчика IntegralPlus.

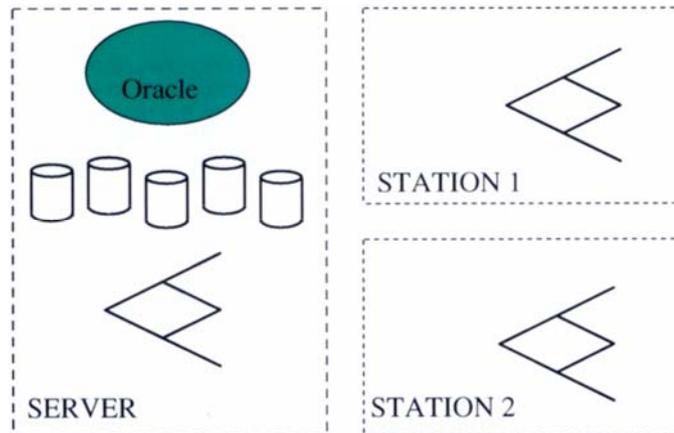


Рис.3.

Естественно, доступ к данным, не содержащимся в базе, который выполняется с АРМ заказчика на сервер, возможен только в том случае, если дисковые файлы смонтированы с помощью NFS.

С учетом всего вышеизложенного, мы можем рассмотреть возможность получения самых различных аппаратных средств на вычислительной установке, при условии отсутствия ограничений со стороны программного обеспечения, которые дают преимущество одному выбору перед другим. С другой стороны, архитектура «заказчик-сервер» подразумевает жесткую политику архивирования/образования данных.

## Архитектура аппаратных средств

Рассмотрим две конфигурации аппаратных средств и попытаемся показать относительные преимущества. Обе конфигурации представляют потенциал для развития, и их оптимальные характеристики зависят от количества пользователей, природы и размера применяемых данных и имеющихся прикладных систем. Поэтому каждая установка должна быть адаптирована к той или иной модели в соответствии с ее приоритетом.

### Архитектура «отдел» (Department)

Можно придумать уникальный многопроцессорный сервер (multi-processor server) – компьютер, который выполняет функцию сервера данных, сервера файла, программного сервера. На этом сервере локальная рабочая сеть связана с Х-терминалами (с одним или с двумя экранами).

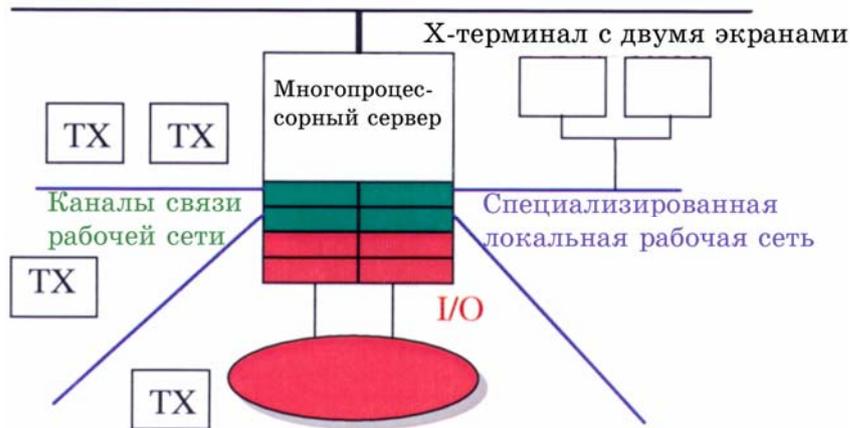


Рис.6

Эта архитектура проста для инсталляции и сопровождения; обслуживание зависит от количества пользователей и характера прикладной системы; использование прикладных систем, управляющих памятью (*memory-demanding applications*) обуславливает значительную изменчивость количества памяти (в соотношении от 1 до 10). При ограничении числа пользователей производительность резко возрастает, т.к. все ресурсы памяти расположены на одном компьютере.

Естественно, можно внести такие изменения, которые обеспечивают получение универсальной системы или повышение скорости обслуживания на данных прикладных системах. Имеется ряд возможностей:

- подключение устройств, ЦП которых будет использоваться, или дисков, выделенных для специализированных файлов данных
- перевод сервера Oracle на другой ЦП

Это естественный способ получения архитектуры «заказчик-сервер».

Основным принципом этого типа архитектуры является получение специализированных серверов, сервера базы данных, сервера файла, сервера прикладной системы, сервера печати и т.д.

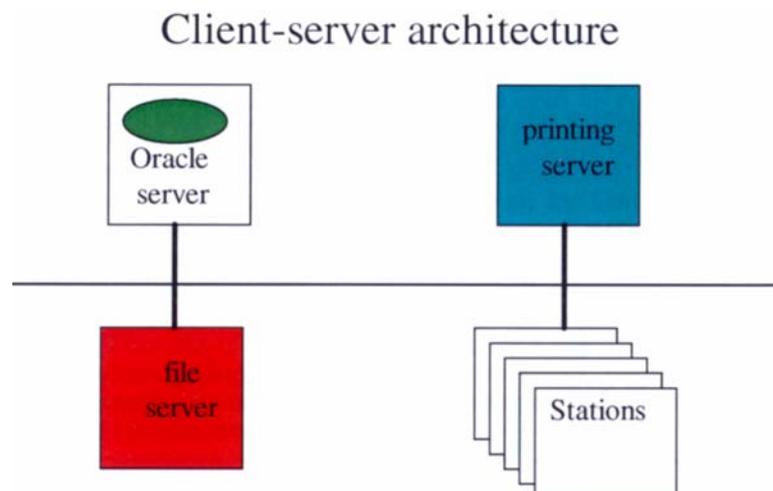


Рис.3. Архитектура "заказчик-сервер"

Этот вид архитектуры аппаратных средств характеризуется гибкостью и предлагает специализацию ЦП (например, сервер, предназначенный для nfs), эволюцию производительности и устойчивую скорость обслуживания. Архитектура «заказчик-сервер» требует наличия высокоскоростной рабочей сети (100 ВТ или ТАН), поскольку весь поток данных проходит через рабочую сеть. С другой стороны, необходимо иметь АРМ, спроектированные заново, поскольку они должны соответствовать специальным заданиям, которые запрашиваются с высокой скоростью.

Конфигурация «отдел» может поэтапно эволюционировать в сторону конфигурации «заказчик-сервер», добавляя в компьютеры специализированные задания. Начальная оценка параметров памяти в значительной мере зависит от прикладных систем, объема данных, количества пользователей.

Можно также заметить, что в Oracle можно задавать большое количество параметров, и количество задаваемых параметров инсталляции зависит от требуемого обслуживания, объема транзакции и количества пользователей.

## Эксплуатация

Потенциально данные являются физически распределенными, и поэтому разумно иметь в наличии процедуры резервирования и сохранения.

## Резервирование

На рис.4 представлен обзор физической и логической географии.

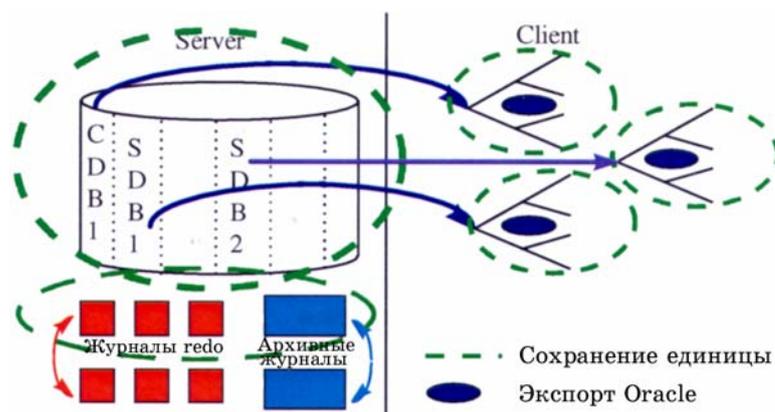


Рис.4

Для обеспечения совместимости базы данных и файлов, экспортирование счета, ассоциированного с древовидной структурой файлов, необходимо выполнять **перед** дублированием на устройство. Это быстрая операция, которая использует средства Oracle (она занимает несколько минут).

На сервере рекомендуется регулярно выполнять дублирование (резервирование) при остановленной базе данных, чтобы иметь безопасную точку запуска в случае сбоя. Возможно также ежедневное дублирование файлов архивных журналов (в т.ч. всех транзакций, реализованных на среднюю наработку (meantime)), и удаление их с диска.

Рассмотрим проблемы сбоя и восстановления.

### Случайные отказы сервера Oracle

При отказе сервера, вычислительная установка полностью останавливается. Если не запускается один диск, где присутствовали файлы, входящие в состав экземпляра, базу данных легко восстановить до последней действительной транзакции, используя последнюю резервную копию, архивные журналы и множество файлов журналов redo. Операция может потребовать некоторых знаний, но в данном случае ничего не теряется.

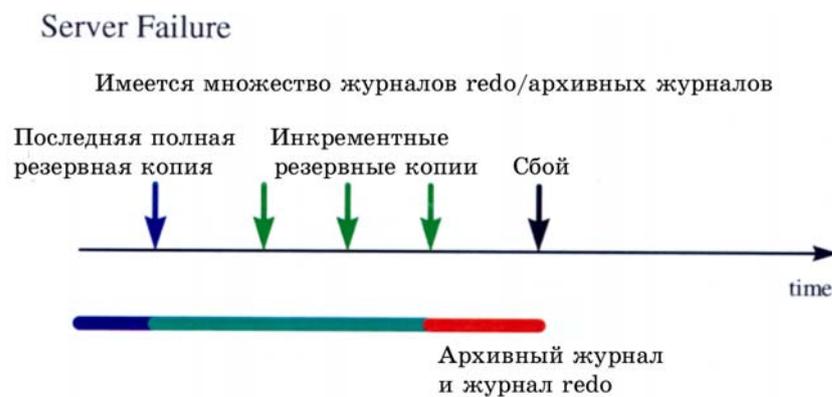


Рис.5. Сбой сервера

Поскольку журналы redo находятся на двух дисках в виде зеркального изображения, а для архивных журналов реализована зеркальная система, вероятность недоступности равна вероятности полного разрушения вычислительной установки. В этом случае допускается потеря некоторых данных, и должны быть использованы последние резервные копии АРМ. Вычислительная установка должна быть на уровне последней резервной копии для каждого АРМ.

### Сбой клиента

Останавливается только одно АРМ. Если диск отсутствует, необходимо взять резервную копию; соответствующий счет (счета) освобождается, и импортируется экспортная часть Oracle; это гарантирует связность между содержимым базы данных и восстановленными файлами. АРМ должно быть на уровне последней существующей резервной копии.



Рис.6. Сбой клиента

На производственных вычислительных установках рекомендуется ежедневное полное дублирование сервера, ежедневное дублирование АРМ и ежедневное инкрементное дублирование сервера.

В ходе испытаний продемонстрировано, что даже при неожиданных сбоях питания, база данных Oracle всегда запускается без проблем; сложности могут возникнуть только в случае дублирования в момент сбоя (это означает, что к площади работ нельзя обратиться из-за привилегий – восстановление не завершилось надлежащим образом). Восстановление должно быть выполнено повторно после удаления сбойной операции (это требует некоторых сведений об Oracle).

Такая методика дублирования имеется также для повторяющихся операций загрузки и разгрузки данных. Разработаны средства восстановления резервных копий, которые изменяют свое физическое положение.

## Архивы

Резервные копии имеют формат, специфичный для пользователя. Они не зависят от какого-либо конструктора Unix, и могут эксплуатироваться любой версией, которая следует за версией создания. Резервные копии зависят от структуры базы данных, поэтому мы сохранили функциональную возможность архивирования (нейтральный формат) для целей долгосрочного архивирования. CGG-Retrosystems гарантирует полное сопровождение этого формата. Сохраненные в нем данные могут быть восстановлены на любой системе (например, это может быть формат Epicentre).

Использование Oracle в IntegralPlus не является полностью стандартным, т.к. происходят частые обновления и загрузки данных. Следует включить в программу регулярные визиты специалистов, которые занимаются усовершенствованием архитектуры или рабочих характеристик.

## Краткосрочные эволюции

Oracle предлагает дополнительные функциональные возможности, которые не учитываются IntegralPlus. Сейчас исследуется совместная работа серверов для вычислительных установок, имеющих весьма значительное количество данных. Основная идея заключается в разделении работы на несколько процессов.

В этом случае необходимы некоторые модификации для прикладных систем управления; сейчас исследуются различные упрощенные схемы.

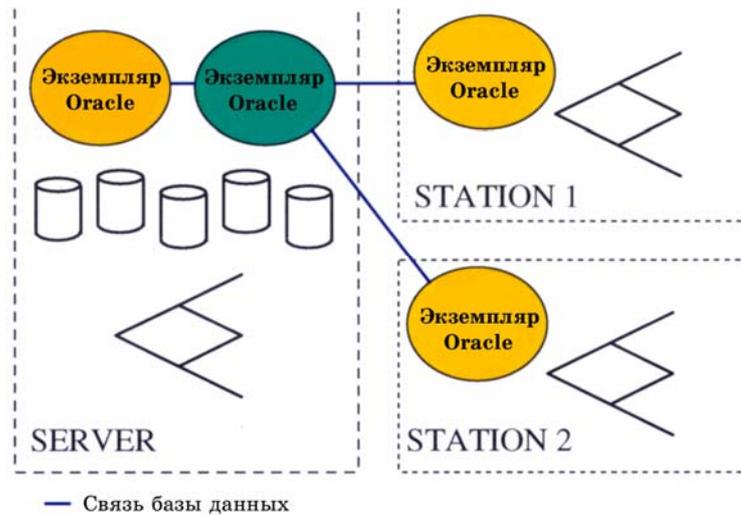


Рис.8.

## Заключение

Совместное использование Oracle и IntegralPlus обеспечивает безопасность и целостность данных. Этот важный компонент АРМ, наряду с применением современной архитектуры аппаратных средств, повышает качество услуг, предлагаемых пользователям.

### ***Интегрирование неточных данных в процесс построения модели и оценка неопределенности***

***T.Coleou (CGG-Petrosystems Norge)***

#### **Введение**

Построение модели можно рассматривать как интегрирование многочисленных измерений и распределение точек данных, которые считаются точными. Однако имеется большое количество информации, которое не дает точных измерений (например, для горизонтальных скважин внутри формации подразумевается, что кровля должна быть выше траектории скважины). Поскольку множество точных данных обычно является рассеянным, добавление неточных данных улучшает моделирование и снижает степень неопределенности.

В ходе построения модели «основного случая» (base case) неточные данные могут быть учтены, как правило, путем ручной корректировки. Эта процедура отнимает много времени и не является реалистичной там, где нужно проверить и откорректировать сотни реализаций модели. Неточные данные представляют собой ограничения, которые могут быть включены в процесс построения модели. Эти ограничения можно также добавить в конце процедуры стохастического моделирования, чтобы удалить реализации модели, которые не отвечают этим ограничениям.

Рассматриваются несколько примеров неточных данных, и предлагается методология их учета в одном прогоне с точными данными. Эта процедура действительная построения модели «основного случая» и для стохастического моделирования при анализе неопределенностей.

### Пример неточных данных

Если мы определяем неточные данные как информацию, которая ведет к ограничениям в ходе моделирования без точных измерений, то количество разнотипных данных может быть весьма значительным. Чаще всего неточные данные приводят к появлению числовых интервалов, которые преобразуются непосредственно в локальные ограничения несоответствий.

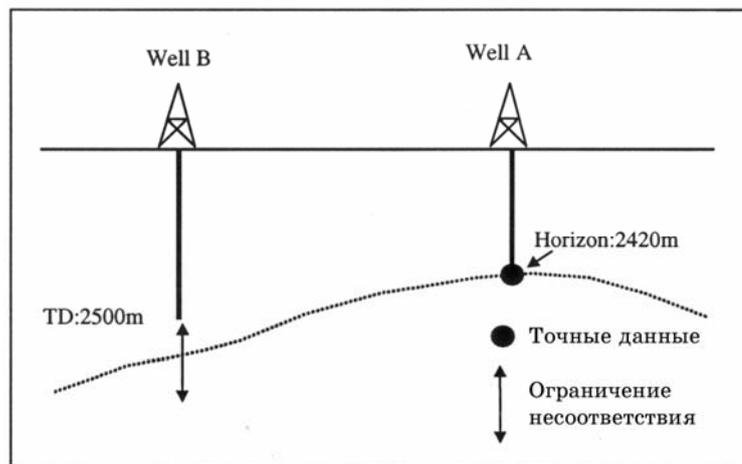


Рис.1. Вертикальный разрез, показывающий пример неточных данных

На рис.1 горизонт располагается обязательно ниже забоя скважины В, т.к. эта скважина не достигла горизонта. Для целей моделирования, поверхность, соответствующая глубине горизонта, должна быть расположена ниже забоя скважины В с учетом того, что скважина А вскрыла горизонт.

- Глубина ( $X_a$ ;  $Y_a$ )=2400 м (точные данные)
- Глубина ( $X_b$ ;  $Y_b$ )>2400 м (ограничение несоответствия)

Могут быть получены аналогичные ограничения, которые определяются геометрией скважин.

На рис.2 показаны отклоненные скважины, которые пересекают два горизонта. Нижняя точка встречи В означает, что верхний горизонт характеризуется меньшей глубиной. Это приводит к ограничению глубины верхнего горизонта в данной точке. Напротив, верхняя точка встречи А ограничивает глубину нижнего горизонта. Кроме того, дополнительные предположения о максимальных изменениях мощности могут привести к меньшему интервалу для двух ограничений несоответствия. Введение таких ограничений гарантирует согласованность моделей обоих горизонтов.

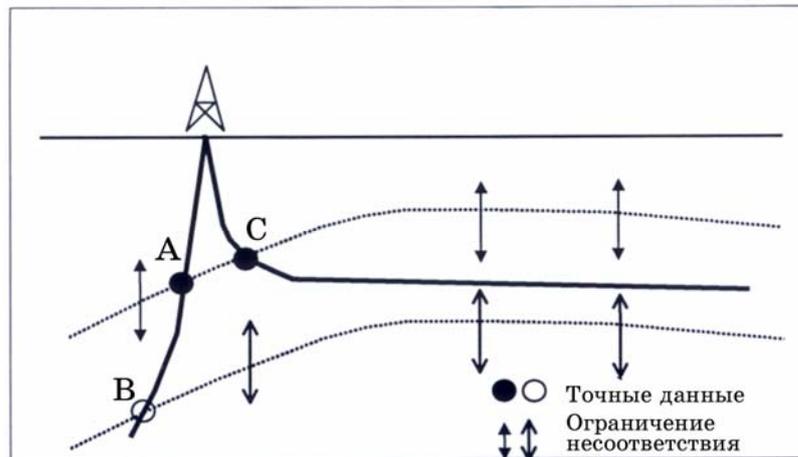


Рис.2. Вертикальный разрез, показывающий ограничения несоответствия для отклоненных скважин

Горизонтальные скважины (справа на рис.2) могут оставаться внутри формации, не выходя за ее пределы. Следовательно, в этом случае, фиксированные контрольные точки для моделирования отсутствуют (за исключением точки встречи C). Горизонтальная часть траектории может рассматриваться как формирующая ограничения для верхнего и нижнего горизонтов. Часто в ней заключено несколько километров информации.

Такие горизонтальные скважины бурятся с одной платформы, и обеспечивают ограничения на участках, где информация экстраполируется из имеющихся точных данных. Введение ограничений улучшает моделирование на таких участках.

Чтобы убедиться, что геологическая модель глубин не противоречит данным нескольких сильно отклоненных скважин, может потребоваться очень много времени, если эта информация не является частью самого моделирования. В ходе исследования стохастического моделирования нужно автоматически учитывать одну и ту же неточную информацию для сотен геологических моделей. Автоматизация представляет собой значительное преимущество при учете точных и неточных данных в процессе, выполняемом за один прогон.

Другой пример неточных данных: отсутствие данных в результате эрозии, что часто встречается в геологическом моделировании. На рис.3 нулевая мощность в скв. В не означает, что слой выклинивается точно в скважине. Этот элемент нельзя получить путем классического моделирования, когда мощность просто интерполируется от скв. А до нулевой величины в скв. В, что устанавливает выклинивание точно в скважине.

В рамках стохастического моделирования, использование неточных данных допускает изменение положения выклинивания. Можно оценить неопределенность простираения геологических тел. Различные карты, соответствующие различным реализациям стохастической модели, дают неодинаковые положения выклинивания. Это позволяет сформировать карты вероятности положения.

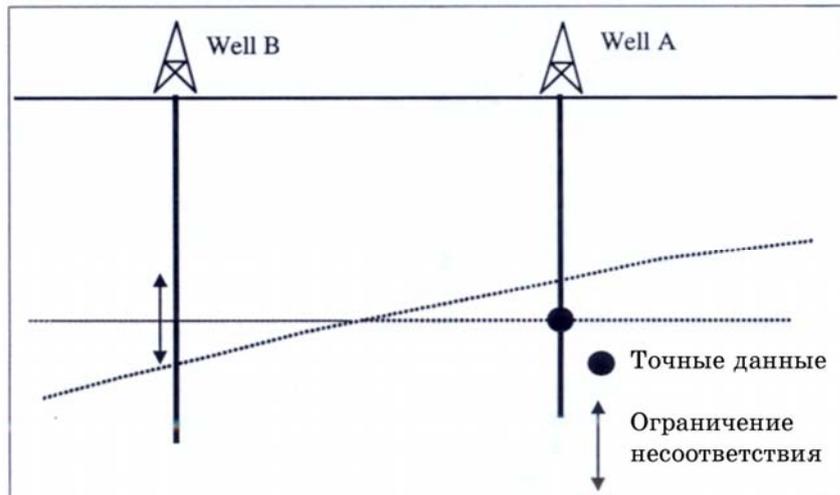


Рис.3.

На рис.3 представлен вертикальный разрез, показывающий выклинивание, обработанное как ограничение несоответствия.

Некоторые другие типы данных представляют собой ограничения: информация, подобная ODT (Oil Down To) размещает ВНК ниже определенной величины.

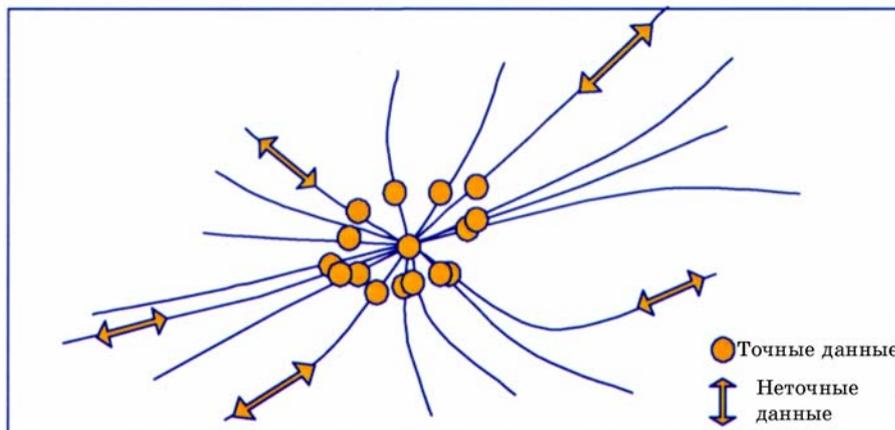


Рис.4. Ограничения несоответствия на карте

Все неточные данные, рассмотренные выше, преобразуются в локальные ограничения. Результаты должны оставаться внутри определенного интервала в данном положении. Некоторые неточные данные не обязательно преобразуются в такие локализованные ограничения несоответствия. Например, сведения о связи между блоками влияют на алгоритм определения возможной глубины точки максимального наполнения ловушки нефтью или газом. Реализации модели, которые не учитывают ограничения связи, автоматически отбрасываются.

### Методология использования неточных данных

Использование ограничений несоответствия в процессе моделирования не является новой проблемой, и в прошлом к ней обращались несколько раз [1,2,3].

Представленная методология расширена таким образом, что неточные данные, ведущие к интервалу возможных величин в данной точке, обрабатываются по методике кригинга: обычный кригинг, внешнее смещение, со-кригинг или кригинг Bayesian [4,5]. Построение модели путем оценки или имитации (simulation) выполняется в два шага. С начала итеративным методом оцениваются несоответствия, а затем строится модель; при этом используется стандартный кригинг или имитация.

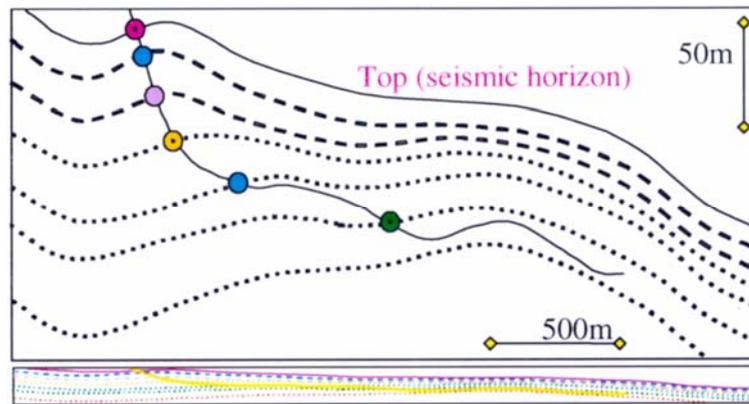
При оценивании, процесс, выполняемый за один прогон, формирует модель, которая учитывает одновременно точные и неточные данные. Сначала оцениваются ограничения; при этом используются существующие точные (фиксированные) данные и процедура стандартного кригинга. Этот первый приблизительный расчет и ассоциированная ошибка используются для определения распределения апостериорной вероятности. По этому распределению рассчитывается первая оценка в границах интервала; здесь используется методика максимального подобия [2]. Затем результаты уточняются в итеративной процедуре минимизации, которая ведет к наилучшей оценке в границах интервала для всех ограничений одновременно [5]. Значения используются как новые точные данные, и добавляются к первоначальным точкам данных в процедуре стандартного кригинга с целью построения модели.

В случае стохастического моделирования, распределение апостериорной вероятности используется для построения реализаций переменной в границах интервала. Затем выполняется стандартное условие моделирования, в котором новые значения используются в качестве точных данных. В этой процедуре различные реализации дают различные значения в точках положения неточных данных, и все эти значения остаются в предварительно определенных границах.

В отличие от локализованных ограничений, сведения о связях, которые ведут к ограничениям точки максимального наполнения структурной ловушки нефтью или газом (Spill Point), основываются на пост-обработке модели. В цикле моделирования, в процессе формирования нескольких сотен геологических моделей, вводится автоматическое обнаружение точки максимального наполнения. После сравнения с контактами может быть применен критерий отбрасывания. Сохраняются только удовлетворительные реализации. С целью ограничения величин контакта в неизвестных участках, построенных случайным образом, вводится обнаружение точки максимального наполнения.

## **Примеры**

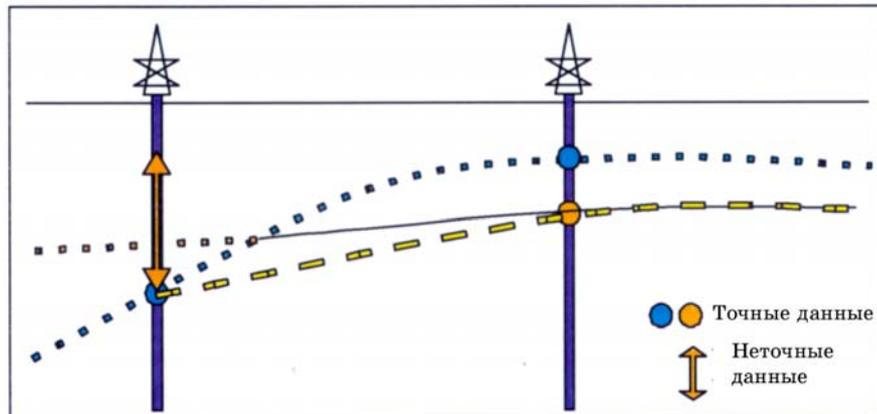
Пример 1: горизонтальная скважина – разрез, проходящий через модель



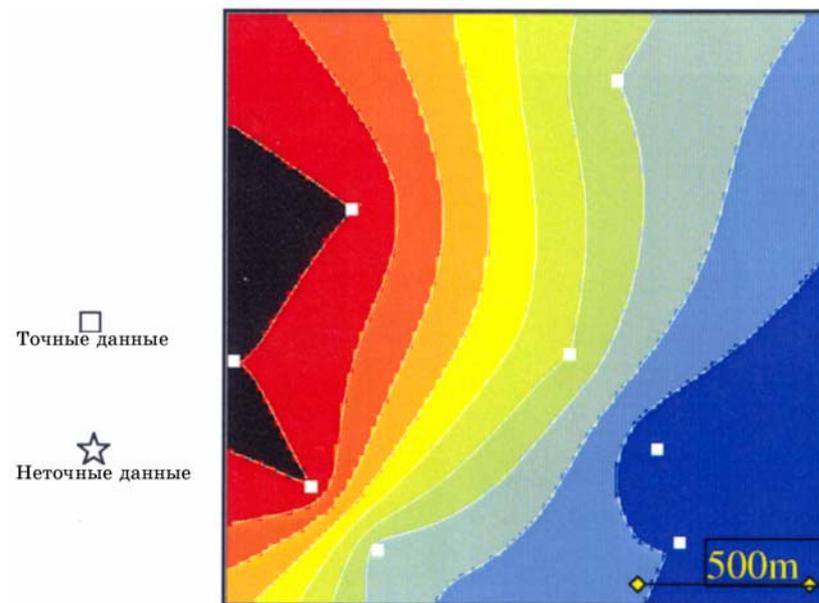
Информация горизонтальной скважины обеспечивает лучший контроль преобразования глубин для верхнего и нижнего горизонтов, и допускает автоматическое управление слоями геологической модели:

- точные данные представляют собой кровли формаций
- неточные данные представляют собой точки внутри формаций
- неточные данные численно не превышают точные данные

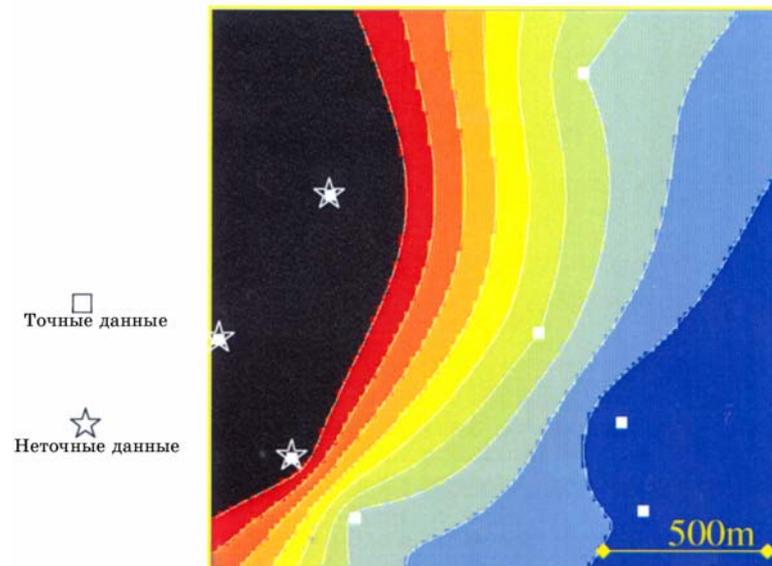
#### Пример 2: моделирование мощности



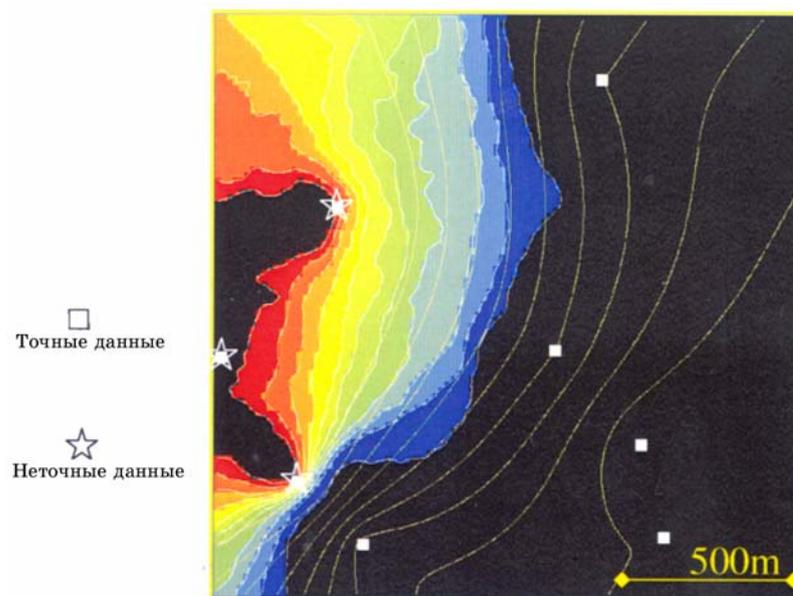
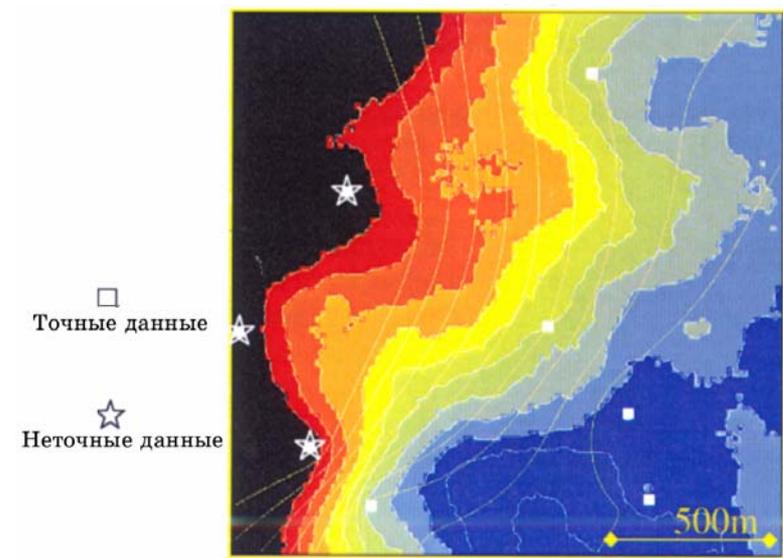
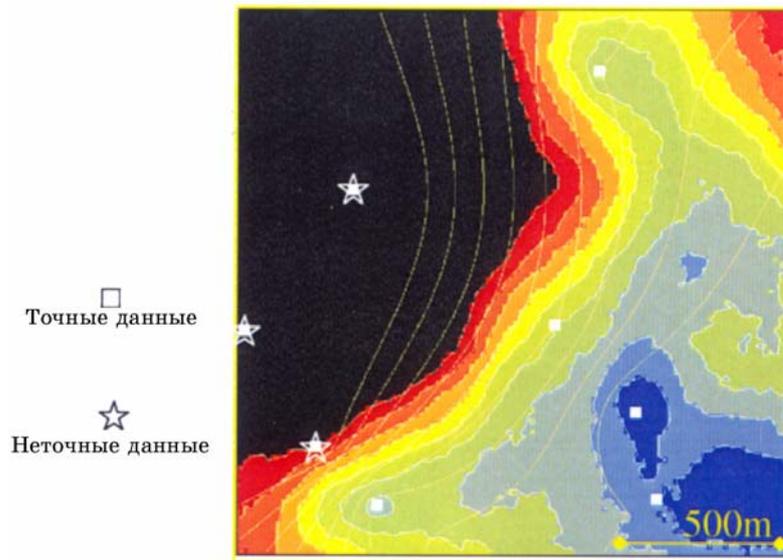
При традиционном моделировании, нулевое значение мощности определяет выклинивание точно в скважине, пока не введены дополнительные «фиктивные» контрольные точки. Использование неточных данных не обязательно дает положение выклинивания в скважине.



Точная карта мощностей от 0 (черный цвет) до 18м (синий цвет).



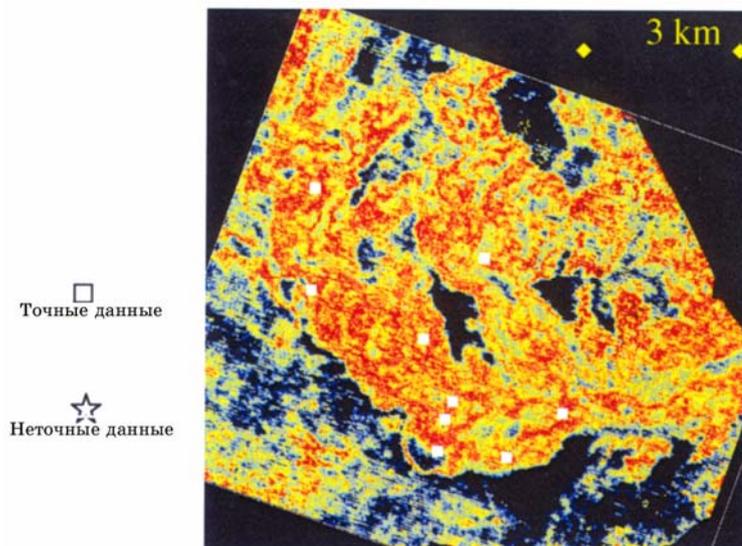
Карта мощностей, использующая неточные данные (диапазон изменения такой же, как на предыдущей карте)



Вероятность нулевой мощности изменяется от 0 (красный цвет) до 100% (синий цвет).

- Неточные данные автоматически учитываются в процессе моделирования мощности.
- Формируются изменяющиеся выклинивания.
- Карты вероятности для линии выклинивания могут быть сформированы по нескольким реализациям.

### Пример 3: сейсмические признаки



Карта сейсмических признаков (признаки изменяются от 500 (синий цвет) до 5000 (красный цвет))

В этом случае значения пористости связываются с этим сейсмическим признаком (см. следующий рисунок). Некоторые замеры пористости некорректны вследствие того, что информация является неполной или сомнительной, но величины могут быть ограничены; они обрабатываются как неточные данные.

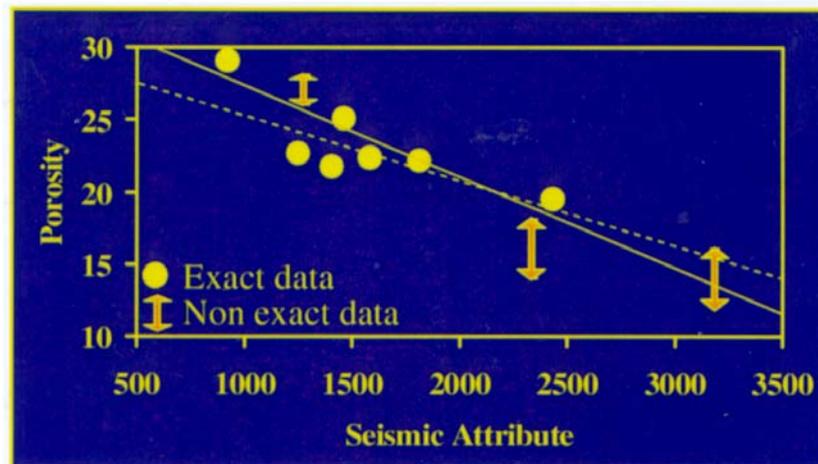
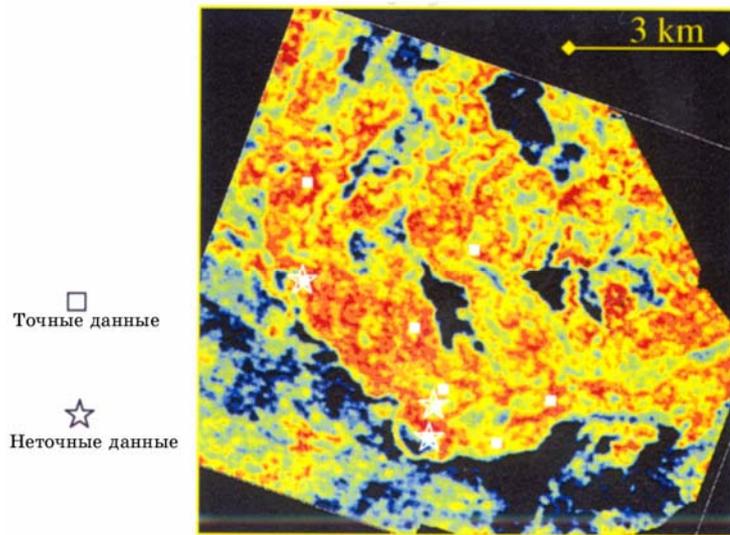
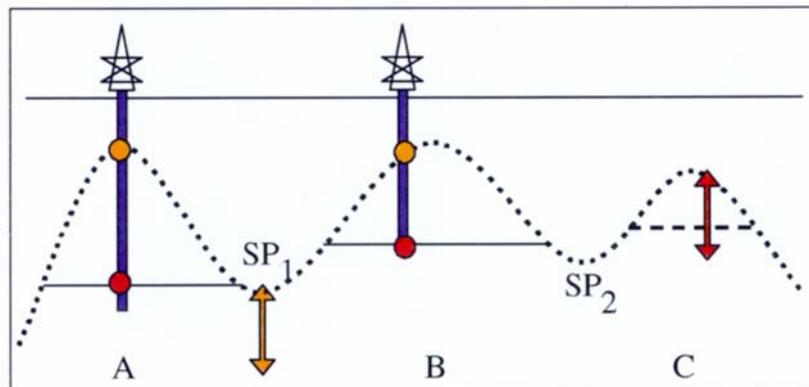


График взаимной зависимости и положения неточных данных

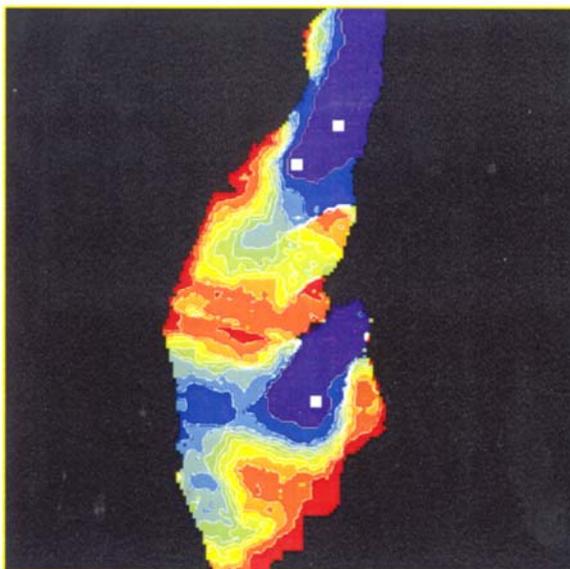


Карта оцененной пористости (от 0 (черный цвет) до 30% (красный цвет))

Пример 4: точки максимального наполнения и контакта



- нелокализованные ограничения: информация о связях дает ограничения контактов и точек максимального наполнения. Точка максимального наполнения SP1 должна находиться ниже контактов в разобращенных блоках А и В. Контакт (если он имеется) в неразбуренном блоке С должен находиться выше точки SP2
- точки максимального наполнения и контакты: при построении модели основного случая (Base Case), точки максимального наполнения и замыкание легко идентифицируются вручную. Используя информацию о связях, ограничения можно откорректировать также вручную, но для нескольких сотен моделей это невозможно
- автоматическое обнаружение точек максимального наполнения: внутри цикла моделирования для каждой модели применяется алгоритм автоматического обнаружения точек максимального наполнения. Реализации, которые не отвечают ограничивающим условиям, автоматически отбрасываются (SP1). Контакты в неразбуренных блоках строятся в соответствии с точкой SP2 и вероятностью открытия



Карта вероятности над контактом (от 0 (красный цвет) до 100% (черный цвет))

- третья проблема ограничения: изменчивость преобразования в глубины не гарантирует соблюдения ограничивающего условия связи (северный и южный блоки разобщены). Внутри цикла моделирования происходит автоматическое обнаружение точки максимального наполнения и отбрасывание реализаций, которые не отвечают ограничивающим условиям связи. Результаты не противоречат всем имеющимся данным

### **Заключение**

Поскольку модель отличается от реального объекта, она неверна, и важно знать, насколько. Один из ответов на этот вопрос можно получить, исследуя неопределенности (при условии, что есть возможность автоматического интегрирования всех имеющихся данных). На участках с большим количеством отклоненных или горизонтальных скважин, количество неточных данных может превышать количество точных данных. Использование неточных данных имеет решающее значение для правильной оценки качества и достоверности модели разреза.