

Геофизика коллектора и инженерная геофизика

Моделирование скоростей приповерхностных продольных волн по комплексу сейсмических, электромагнитных (ЕМ) и гравиметрических данных: примеры по Ближнему Востоку. Near-surface P-velocity modelling by integrated seismic, EM, and gravity data: examples from the Middle East

D. Colombo^{1*}, M. Cogan², S. Hallinan³, M. Mantovani³, M. Virgilio³ и W. Soyer представляют некоторые примеры по прибрежной зоне Ближнего Востока, демонстрирующие эффективные результаты комплексирования сейсмических, электромагнитных (ЕМ) и гравиметрических данных для усовершенствования малоуглубинной скоростной модели.

Сейсмические данные по прибрежной зоне Ближнего и Среднего Востока и всюду на земле подвержены неблагоприятному воздействию аномалий приповерхностных скоростей. Характеристика скоростей малоуглубинной части разреза представляет важную задачу для обработки наземных данных во временной и глубинной областях. На Ближнем и Среднем Востоке приповерхностная сложность может быть приписана песчаным дюнам, сухим руслам, плоским соляным участкам, периодически затапливаемым водой, малоуглубинным высокоскоростным слоям (выходы на поверхность карбонатов), закарстованным и трещиноватым пластам. Корректная оценка поля приповерхностных скоростей является основной при получении надежных сейсмических изображений.

Общепринятый рабочий процесс для создания приповерхностной модели часто включает в себя интерпретацию и преобразование информации о вступлении преломленных волн. Эти методы могут потерпеть неудачу при соответствующем воссоздании малоуглубинной скоростной степени сложности в присутствии обширных инверсий скорости, быстрых пространственных изменений скорости и зашумленного сигнала данных вступлений преломленных волн. Необходим набор дополнительных геофизических исследований (т.е. несейсмических), не подверженных влиянию проблем, воздействующих на распространение сейсмических волн, чтобы направить их на решение задачи малоуглубинного скоростного моделирования.

Эта статья описывает три различных подхода, которые в настоящее время применяются в различных условиях Ближнего и Среднего Востока, для решения задач приповерхностного моделирования. Первый пример по Объединенным Арабским Эмиратам (UAE) демонстрирует комплекс сейсмических и электромагнитных исследований во временной области (TDEM) для программ введения статической поправки за песчаные дюны. Второй пример по Саудовской Аравии также адресован статистическим поправкам за песчаные дюны, но на этот раз с одновременной с инверсией (JI) сейсмических и гравиметрических измерений. Последний пример использует совместную методику JI для приповерхностной компоненты скорости модели глубинной миграции.

Комплекс сейсмических и ЕМ исследований во временной области (статическая поправка за дюны)

В начале 2008 г. WesternGeco приобрел ~400 погонных км профилей 2D высококачественных наземных MAS (мини система сбора данных) данных на месторождении, отнесенному к «Месторождению А», расположенному в пределах UAE, недалеко от г. Дубай (van Baaren and van Kleef, 2008). Район исследований представлен дюнной топографией, пространственно переменным скоростным полем дюн и сложностью глубинного строения.

Шум, наблюдаемый по ранним временам коррелированных сейсмических данных, вызван плохим качеством первых вступлений (FBs), особенно для очень малоуглубинной части разреза, представленной песчаными дюнами.

Песчаные дюны обычно имеют небольшую и пространственно меняющуюся в зависимости от высоты и формы дюны скорость. Первая постоянная особенность FB вступлений на месторождении А представляет преломление от малоуглубинной высокоскоростной поверхности, определяемой как подошва песков или кровля горизонта грунтовых вод. Определение истинной глубины этой границы совместно с определением изменений скорости в песчаных дюнах важно для получения длинноволновой статической поправки.

Использование малоуглубинного метода ЕМ, такого как метод электромагнитной индукции во временной области (TDEM), представляет эффективное решение для изображения поднятия подошвы песка. Подошва песка в этом районе связана с большим контрастом между сухими резистивными (имеющими высокое сопротивление) песками и подстилающими осадками, которые, по крайней мере, частично насыщены водой или влагой, поднимающейся по капиллярам. Полученные по TDEM съемке параметры представлены в таблице 1.

Сбор данных вверх по стволу скважины обеспечил информацию по интервальной скорости и литологической калибровке для 1D инверсии TDEM. Результаты 1D инверсии TDEM дают геометрические ограничения для пространственной интерполяции скорости по измерениям вверх по стволу скважины в коридоре, определяемом топографической поверхностью и подошвой песков (Virgilio et al., 2008). Результативная малоуглубинная модель скорости затем была использована для вычисления длинноволновой статической поправки, которая использовалась при обработке поверхностных сейсмических данных. Этот метод предназначен для удаления влияния пространственно варьирующих скоростей песка в геологически постоянных условиях. Рис. 1 показывает результаты TDEM инверсии/моделирования малоуглубинной части песчаных дюн.

В материально-техническом отношении метод TDEM является эффективным при сокращении множества измерений вверх по стволу скважины, необходимых для установления подошвы песка. TDEM также использован в качестве альтернативы для статической поправки за отклонение или более трудоемкой статической поправки, рассчитанной по данным профилирования методом преломленных волн, хотя это последнее утверждение может быть ограничено при отдельных специфических геологических условиях. Сделанное предположение заключается в том, что основное изменение скорости на подошве дюн связано с основным изменением сопротивлений. Для определения скоростей песка могут потребоваться некоторые независимые измерения.

¹ WesternGeco, Calgary.

² WesternGeco, Houston.

³ WesternGeco, Milan.

^{1*} Автор ведущий рецензент, E-mail: dcolombo@calgary.westerngeo.slb.com.

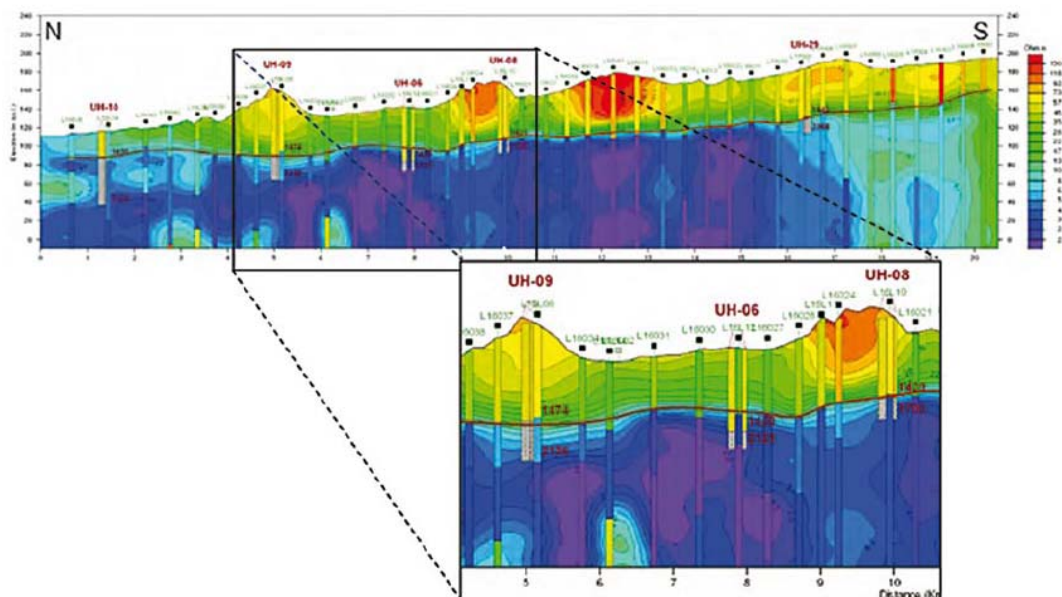


Рис. 1 Представление TDEM разреза сопротивлений, полученного на месторождении А-ОАЭ. Подошва сухих песков когерентно картируется по разрезу после литологической калибровки в местах расположения скважин. (Черные точки представляют положение TDEM промеров).

Таблица 1 Параметры регистрации TDEM.

Комплект оборудования	Системы Sirotem Mk3
Вид	Единственная петля
Размер петли	50×50 м (изредка 75×75)
Пропускание тока	От 7 до 8 Амп
Эффективное запаздывания	От 0.01 до 10 мс
#результаты зондирования	505

Предполагаемая область испытывает исходя из приповерхностной геологии усложнения в виде трещин, пустот и изменчивости характера регионального преломляющего горизонта. Региональная подошва выветрелого горизонта, Rus известняка, зачастую непрерывна, но местами выклинивается на поверхности, обнажая нижележащую изменчивую формацию. В других областях геометрия Rus подвержена влиянию палеонапряжения и смята в обширные антиклинали. В этих областях FBs не могут быть последовательно отобраны от пункта взрыва к пункту взрыва.

Необходима какая-то другая информация, чтобы укомплектовать статическую модель. Часто используются преломленные волны от более глубоких горизонтов для того, чтобы получить решение по длинноволновой части задачи, основанные на интерпретации, по которой эти глубинные горизонты являются плоскими, непрерывными горизонтами. Когда Rus отсутствует на обширных участках 2D профилей, длинноволновая статическая поправка становится неопределенной там, где различные приповерхностные модели могут привести к наклону стратиграфии в несколько градусов. На расстоянии по профилю в 300 км это может составить несколько сот метров превышения на рефлекторе.

Rub Al Khali (Саудовская Аравия) – метод сейсмо-гравиметрической Л (совместной инверсии) (статическая поправка за дюны)

Программа предназначена в качестве 2D анализа обеспечивает требуемое дополнительное ограничение в одновременной Л FBs преломленных волн и наземных областях, где FB выборка не постоянна. Для 30-ти погонных км гравиметрических исследований в Саудовской Аравии. Цель анализируемого профиля для того, чтобы создать программы заключалась в создании устойчивой приповерхностную модель, были использованы результаты близповерхностной скоростной модели для последующего совместной Л выборки FB и гравитационных данных. вычисления длинноволновой статической поправки.

Обоснование программы

В южной части Саудовской Аравии (South Rub Al Khali), совместная компания Shell и Saudi Aramco (SRAC) получила почти 18300 погонных километров 2D сейсмических данных. В настоящее будет добавлено по этому району ~300 погонных километров вновь

Геофизика коллектора и инженерная геофизика

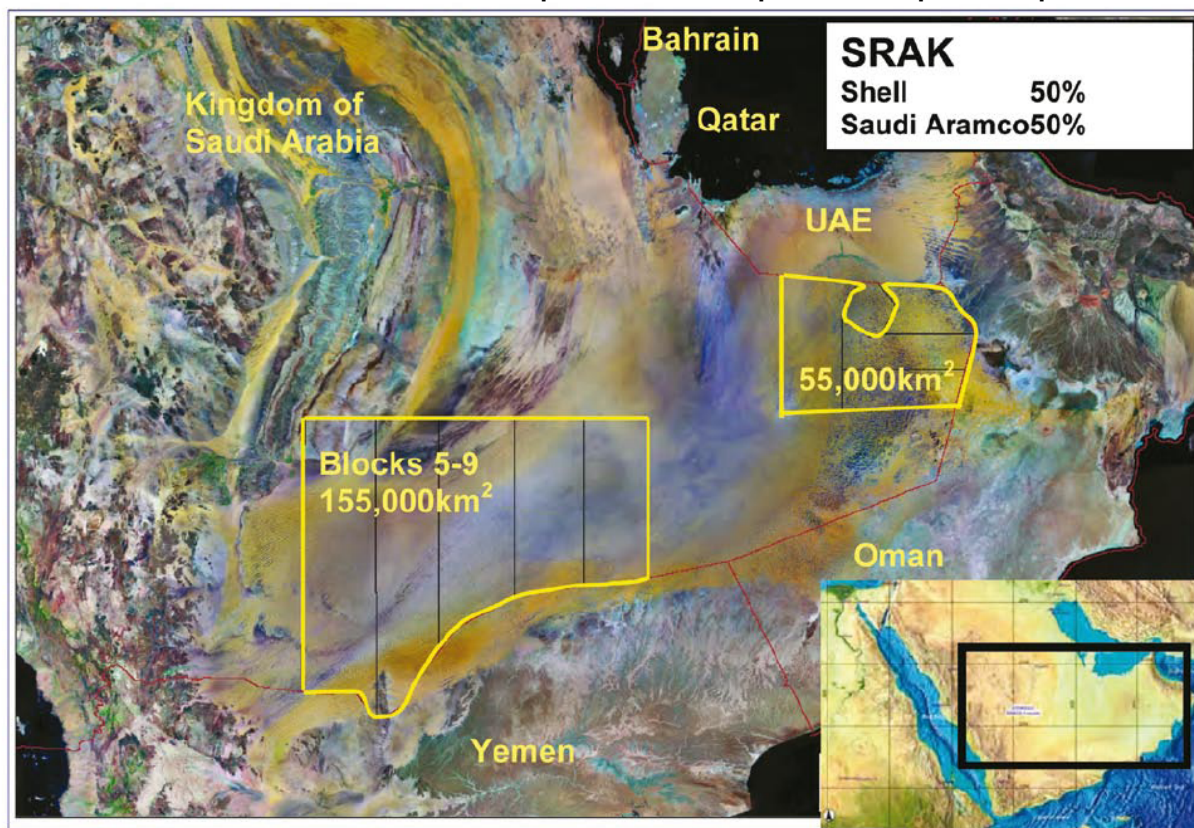


Рис. 2 Схема расположения гравиметрии SRAC для анализа данных по методу J1. 2D анализируемые профили взяты из вновь полученных данных SRAC на участках 5-9.

приобретенных данных. Новые данные в основном имеют хорошее качество с расстоянием между источником и приемной станцией 25 м и сдвигом в 6 км. Источником является вибросейсмический источник с диапазоном частот от 8 до 80 Гц.

Чтобы дополнить наземные сейсмические данные, по большинству сейсмических профилей были получены высокоразрешающие гравиметрические данные SRAC. Гравиметрические пункты совпадают с каждым 10-ым положением вибросейсмического источника. В целом, было получено 72963 гравиметрических пункта по общей длине сейсмических профилей 18300 км. Средняя точность гравиметрических данных около 0.028 мГал. Полная аномалия Буге получена при средней плотности песчаных дюн 1600 кг/м³. Другая обработка, примененная к гравиметрическим данным, полученным SRAC, включала поправки за топографию для внутренней зоны радиусом до 54 м и поправки за внешнюю зону радиусом до 30 км. Значения поправок за топографию могут оказывать самое большое влияние на точность данных. Типичные вариации поправки за топографию для внутренней зоны в дюнах составили 0.08 мГал (отчет по гравиметрической съемке и обработке данных, SRAC).

Традиционная сейсмическая обработка выдана, в основном, на интерпретируемые участки с минимальными статическими поправками, сохранением высокой частоты и хорошей привязкой к скважине. Рис. 3 показывает пример качества изображенных данных. Решение статических поправок по этим данным включает модель сглаженных длинноволновых статических поправок по расширенному обобщенному методу эквивалентного соответствия (EGRM), два просмотра остаточных статических поправок и один просмотр CMP (общая

средняя точка) или урегулированную статическую поправку. Длинноволновые статические поправки по преломленным волнам работают хорошо, когда для выборки существует устойчивая преломляющая граница. Методика терпит неудачу, когда преломляющая граница выклинивается на поверхности или сложная в структурном отношении.

Проект начался в конце 2007 г. со SRAC, чтобы оценить одновременную J1 методологию (Colombo and DeStefano, 2007), применяемую к решениям статических поправок в условиях существования дюн. Высокорастворимые гравиметрические данные, полученные вдоль сейсмических профилей, были совместно инвертированы с сейсмическими FB данными, чтобы построить приповерхностную скоростную модель. Проект включает обработку данных WesternGeco в Al Khobar, Сайдовская Аравия, и построение изображения глубинной структуры в Милане, Италия.

Построение изображения по PSDM-J1 обычно начинается с анализа FBs (т.е. в домигрированной области), который совместно одновременно инвертируется с несейсмическими данными, представленными MT или гравиметрией (рис. 10). В случае анализа набора данных SRAC PSDM-J1 сводится к одновременному J1 данных FB и гравиметрических данных. Этот подход имеет преимущество над обычными методами статических поправок преломленных волн, обеспечивая устойчивые воспроизведения малоглубинных слоев, включающих инверсии скоростей или низкоскоростные зоны, которые обычно представляют «экранированные слои» для сейсмических методов преломленных волн.

Синтетический анализ

Анализ предварительной синтетической модели приведен на рис. 4, где использована принципиальная сложная малоглубинная скоростная модель. Результаты синтетического анализа предполагают, что Л сейсмических FBs и гравитационных данных способно лучше воссоздать полную малоглубинную скоростную структуру, чем только инверсия FB данных (без добавления шума в данные). Удивительно, что плотностной разрез, полученный по Л FB-гравиметрии, является достаточно точным для малоглубинной плотностной изменчивости в пределах дюн. Это имеет место потому, что гравиметрические измерения очень чувствительны к малоглубинным плотностным вариациям вблизи точек наблюдения. Это делает высокоточные гравиметрические измерения превосходным методом отображения малоглубинных плотностных вариаций.

Совместное инвертирование FB-гравиметрии способно получить форму и скоростной/плотностной низкоскоростной канал в середине разреза, что является невыполнимой задачей, если проводить инверсию только FB, для которой самые быстрые пути пробега это пути пробега головных волн на поверхности песок-карбонаты, независимо от используемых офсетов. В действительности, формации неэластичных пород, такие как карбонаты или базальты, обладают незначительным вертикальным градиентом скоростей, таким образом, затрудняя прохождение преломленных волн через тело и предоставляя информацию о его мощности.

Рис. 5 показывает совпадение отклика синтетической модели с откликом, созданным плотностной моделью по Л. Отклик гравитационного поля, показанный как изменение силы тяжести, является максимум около 2 мГал, который близок к значению, наблюдаемому в действительности (рис. 6). Еще одно наблюдение может быть сделано относительно совпадения гравитационной аномалии. В методе гравиметрической инверсии вполне легко подогнать (подобрать) гравитационную аномалию

через инверсию (преобразование), так как большое количество плотностных распределений может быть подобрано к измеренному гравитационному отклику (аномалии) (высокая степень неоднозначности результатов преобразования). Однако в подходе одновременного Л сейсмическое и гравитационное преобразования должны прийти к компромиссу, т.е. полученная скоростная/плотностная модель подвергается Л ограничениям, необходимым для самой общей модели, соответствующей двум геофизическим измерениям. Таким образом, ослабляется неоднозначность процедуры преобразования.

Применение реальных данных

Перед статическим применением к сейсмическому массиву данных применяется очень простая последовательность обработки:

- Ввод SEG-Y
- Геометрическое задание (нагрузка)
- Восстановление истинной амплитуды
- F-K фильтрация
- Деконволюция сжатия (обратная фильтрация сжатия), длительность операции 10 мс, 1% белого шума
- Скоростной анализ NMO

Сейсмические FBs выбираются автоматически, а обработка гравиметрических данных опирается на обработку, выполненную SRAK (после тщательного контроля качества (QC) приобретенных/обработанных данных).

Таблица 2 показывает параметры и результаты Л. По наблюдениям получено, что сейсмическая и гравиметрическая сети имеют разные размеры. Гравиметрические ячейки увеличиваются в размере с глубиной, чтобы приспособить предполагаемое ослабление разрешающей способности гравиметрического метода (т.е. ослабление, пропорциональное квадрату расстояния от точки измерения). Связи между параметрами сейсмической скорости и плотности устанавливаются в течение Л с помощью эмпирического параметра взаимосвязи (Gardner, в этом случае) и структурных ограничений между скоростной и плотностной версиями преобразования (на основании взаимоградиентного соотношения). Относительные веса для

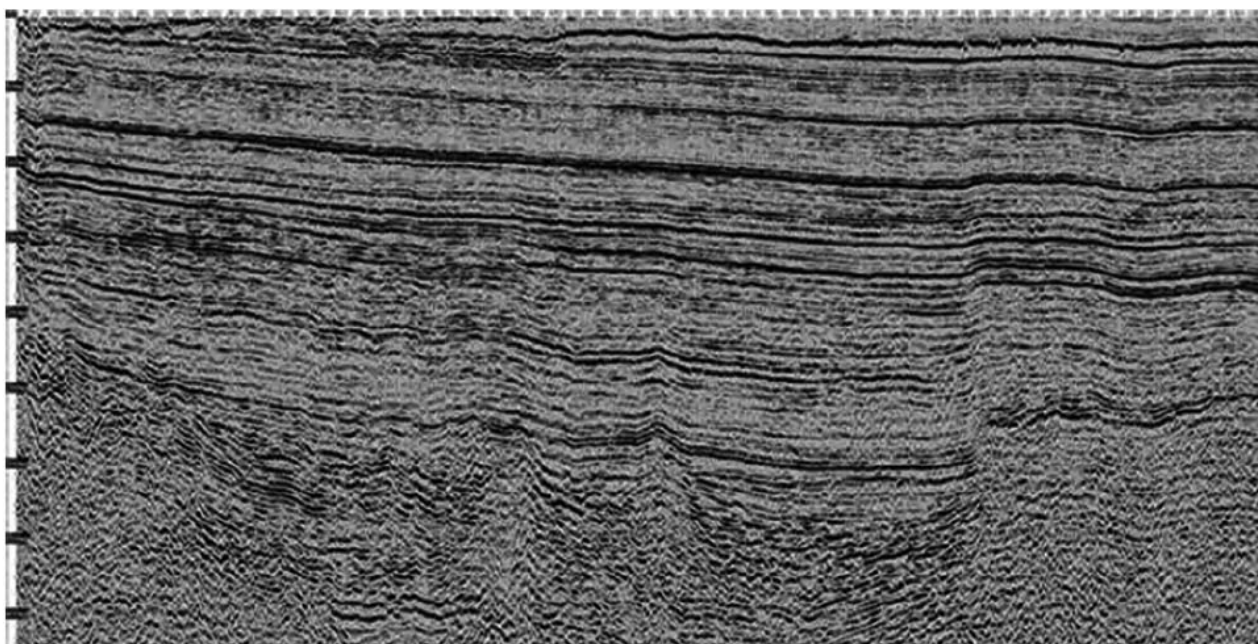


Рис. 3 Конечное изображение суммированного разреза по линии SRAK 404.

Геофизика коллектора и инженерная геофизика

эмпирического и структурного соотношений установлены в 50%. Геофизические области (т.е. сейсмическая и гравиметрическая) были в весовом отношении равны на первой итерации И, в то время как на второй итерации вес гравиметрической области был в 10 раз больше, чем сейсмических FBs.

Результаты И для скоростного и плотностного полей приведены на рис. 6 с соответствующими исходным и конечным совмещением гравитационных аномалий. Вычисление длинноволновой статической поправки

выполняется на основании результатов скорости по И. Рис. 7 показывает сопоставление между И статическими поправками и стандартными отклонениями статических поправок, вычисленных с постоянной скоростью перемещения 2500 м/с.

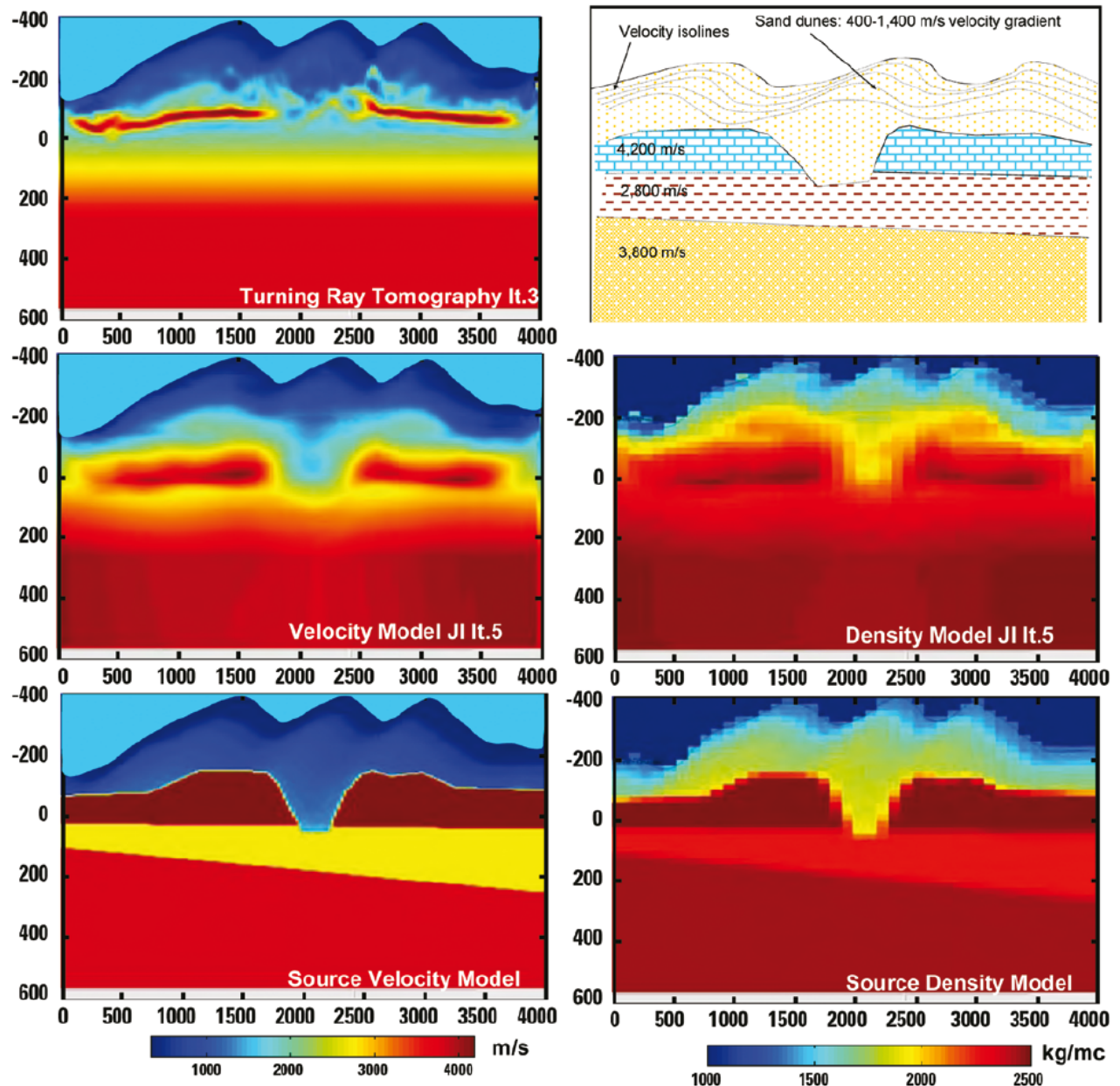


Рис. 4 Результаты синтетического преобразования «концептуально» сложной малоглубинной скоростной модели, сравнивающие томографию FB рефрагированных волн (или криволинейную траекторию) с И гравиметрических и FB данных.

Размер сети скоростного преобразования	50×50
Размер сети гравитационного преобразования	250 м (x), 150-450 м (z)
Стартовая скоростная модель	Время запаздывания преломленных волн
Стартовая гравитационная модель	Конверсия Gardner стартовой скоростной модели
Количество Итераций	2
Веса И области (сейсмической против гравиметрической)	Первая итерация=1:1 (сейсмика-гравиметрия) Вторая итерация=0.1:1(сейсмика-гравиметрия)
Веса И ограничения	Уравнение Gardner = 50% Градиентный переход = 50%
Начальная-конечная ср.кв.погр. сейсмики	168 мс-26 мс (85% от полного совпадения)
Начальная-конечная ср.кв.погр. гравиметрии	5.35 мГал-0.03 мГал (99% от полного совпадения)

Таблица 2 FB-гравиметрические параметры И и рабочая характеристика

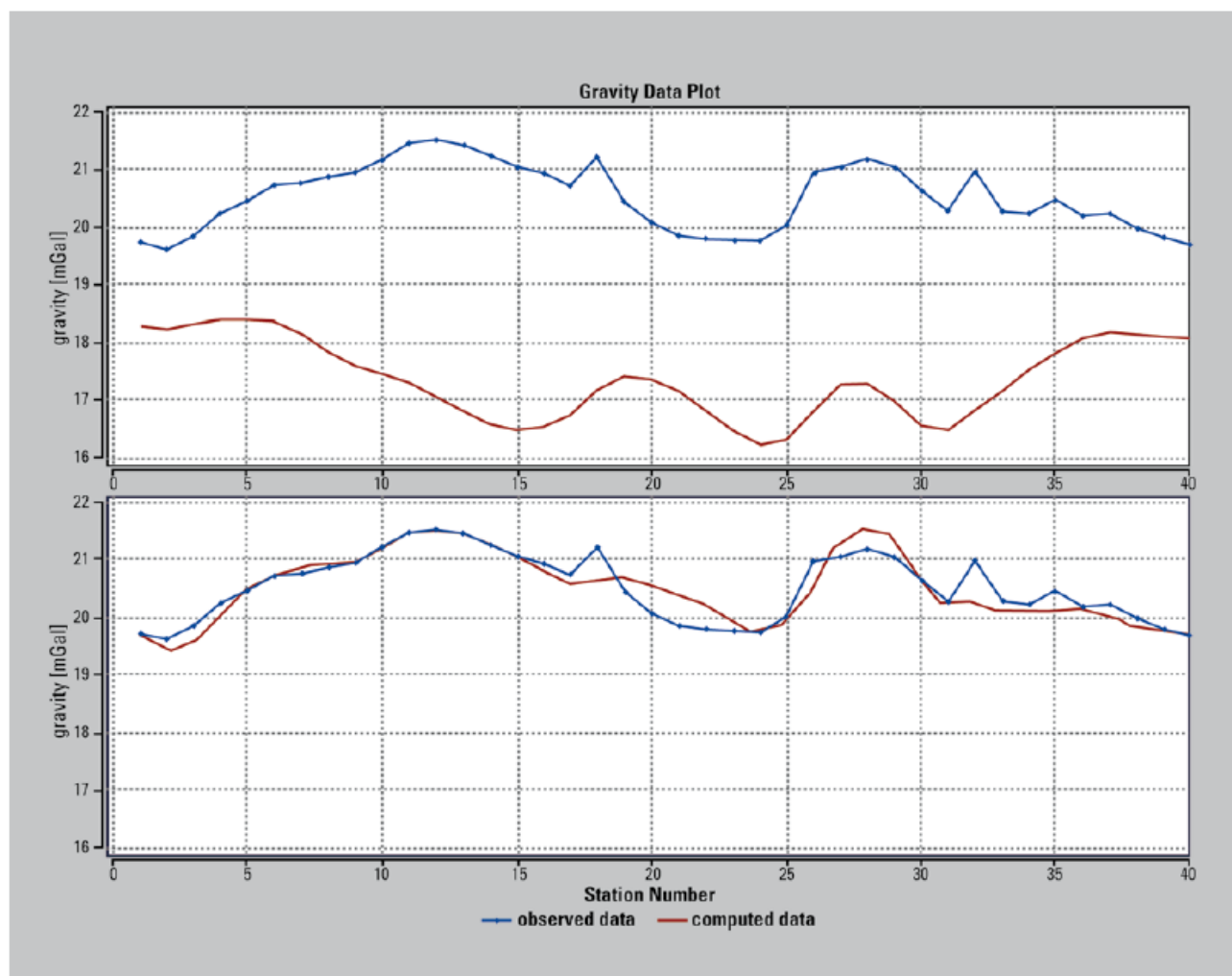


Рис. 5 Совпадение отклика вычисленной гравитационной модели (красный цвет) с синтетической аномалией силы тяжести (голубой цвет), стартовая модель (вверху) и конечная инвертированная модель (внизу).

Геофизика коллектора и инженерная геофизика

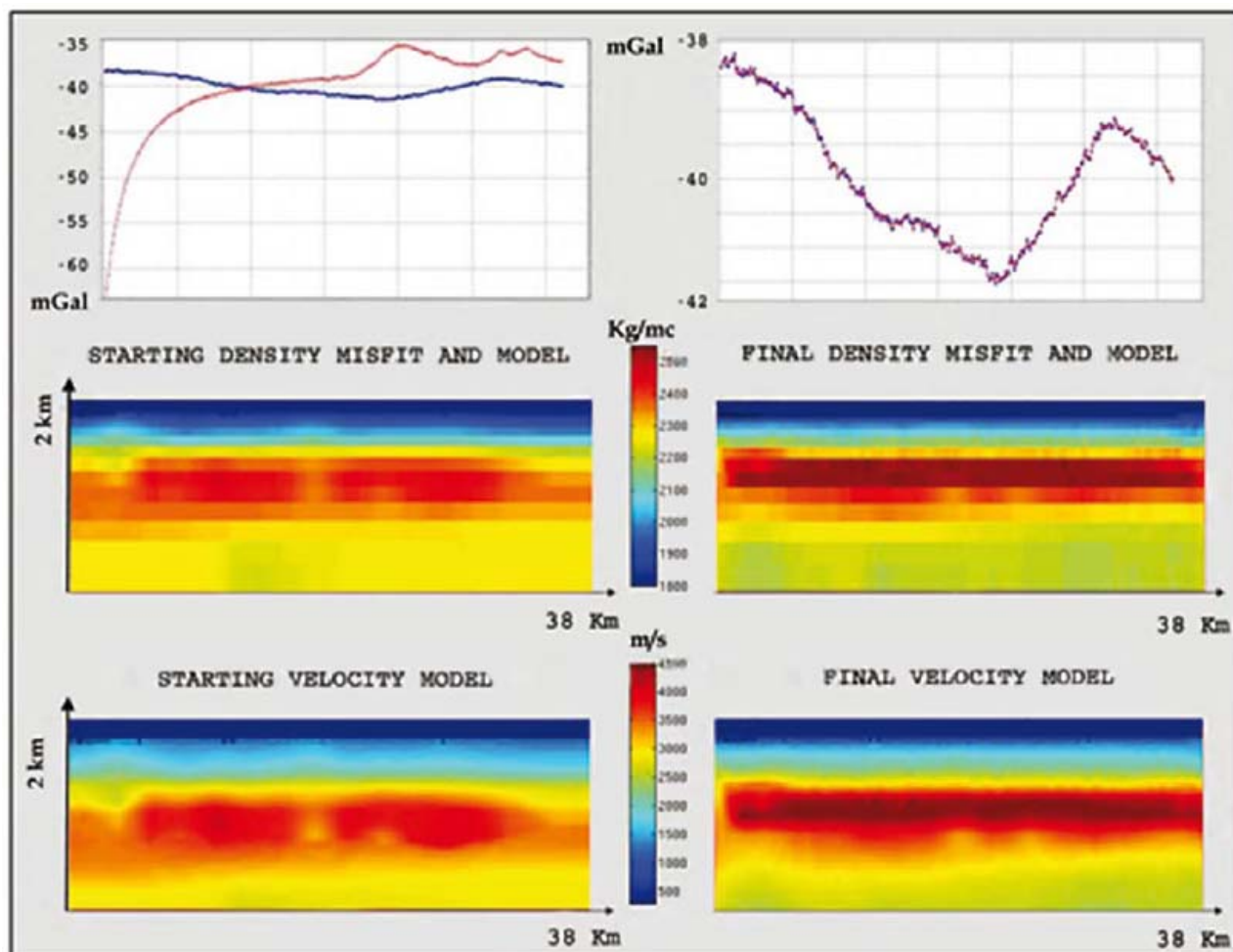


Рис. 6 Начальные условия И (левая колонка) и результаты И после второй итерации (голубой=измеренная аномалия силы тяжести; красный= вычисленный гравитационный отклик). Высокоскоростной/плотный слой отражает присутствие малолучинных известняков Rus в региональном пространстве области.

Рис. 8 показывает сопоставление конечных статических поправок И со статическими поправками исходных преломленных волн, вычисленных с использованием запатентованной системы сейсмической обработки (оба вида статических поправок после неучтенных статических поправок). Различия между конечными результатами едва уловимо, тем не менее, поскольку это первый этап приповерхностного моделирования, результат был признан удовлетворительным. Результат утверждает, что гравитационное ограничение не меняет длинноволновый тренд, который хорошо определяется преломляющей границей, и дает значения, сопоставимые с соответствующей статической поправкой по методу преломленных волн. Представленный этап 2 анализа будет включать повторение процесса для участка профиля без четко определенной преломляющей границы и с более сложными приповерхностными условиями.

Северный Оман – сейсмическое/гравиметрическое И (построение глубинного изображения)

Третий и последний пример представлен по Северному Оману, сложной области надвигового пояса с существенной скоростной изменчивостью в латеральном и вертикальном направлениях (рис. 9). Геология Северного Омана с запада на восток характеризуется

надвинутыми офиолитами, сменяющимися комплексом аккреционной призм (Hawasina), которая лежит на Fiqua глинистых сланцах на глубинной карбонатной платформе (Natih известняки). Аккреционный клин, известный также как Hawasina, состоит из плотных карбонатов и кремнистых известняков, сильно дислоцированных в результате субдукционного процесса.

Объекты исследования являются обширными глубинными структурами, образованными мезозойской карбонатной последовательностью (Natih, Maududdud) и более глубинными палеозойскими комплексами. К западу геологическая структура усложняется присутствием третичных карбонатов (Asmari, Dammam, Rus, Umm Er Radhuma), часто структурированных и иногда выходящих на поверхность в качестве внушительной структуры Jebel Hafit на границе между Оманом и ОАЭ. Эти мелководные карбонаты вместе с инверсией скорости, вызванной глинистыми сланцами Fiqua, представляют некоторое препятствие для проникновения сейсмических волн. Сложность геологического строения, описанная выше, вместе со слабым отношением сигнала к помехе в сейсмических данных делает скоростной анализ и построение изображения в этом районе чрезвычайно трудным.

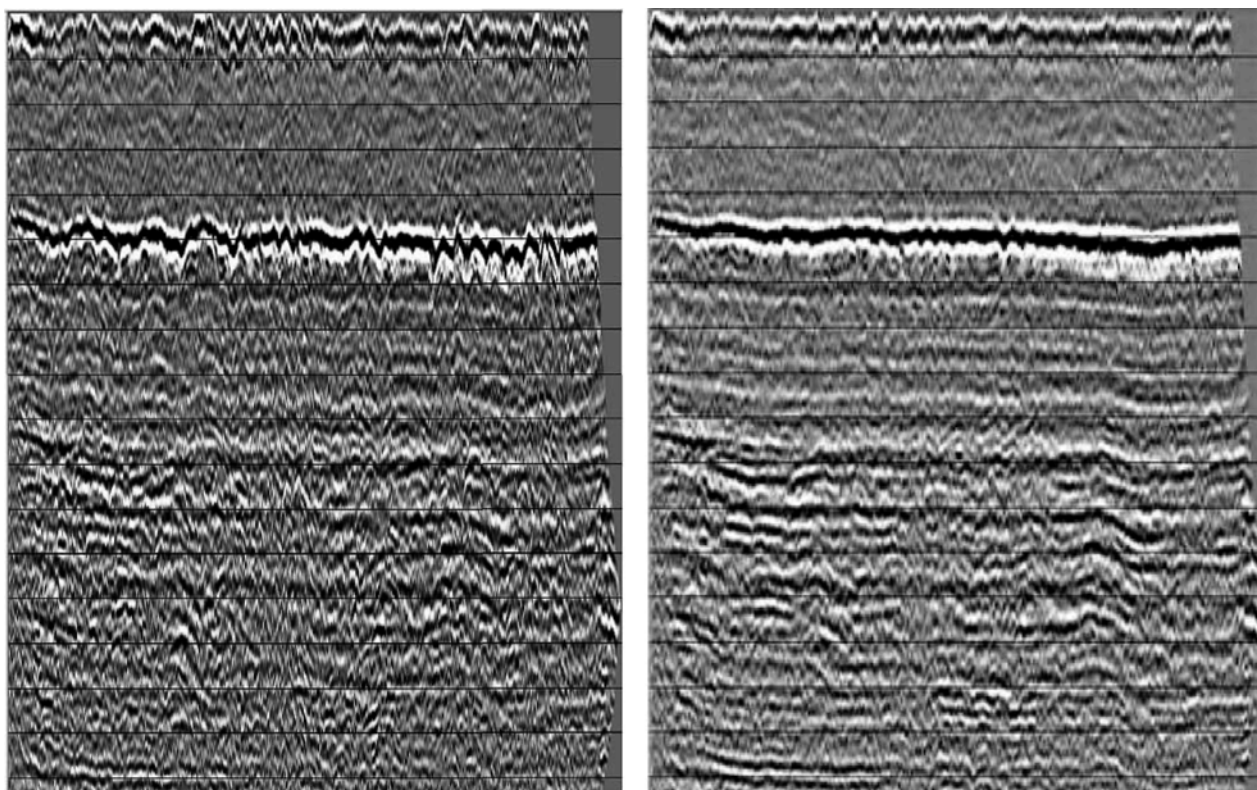


Рис. 7 Сопоставление отклонений статических поправок (слева) с постоянной скоростью перемещения в 2500 мс и FB-гравитационных статических поправок (справа).

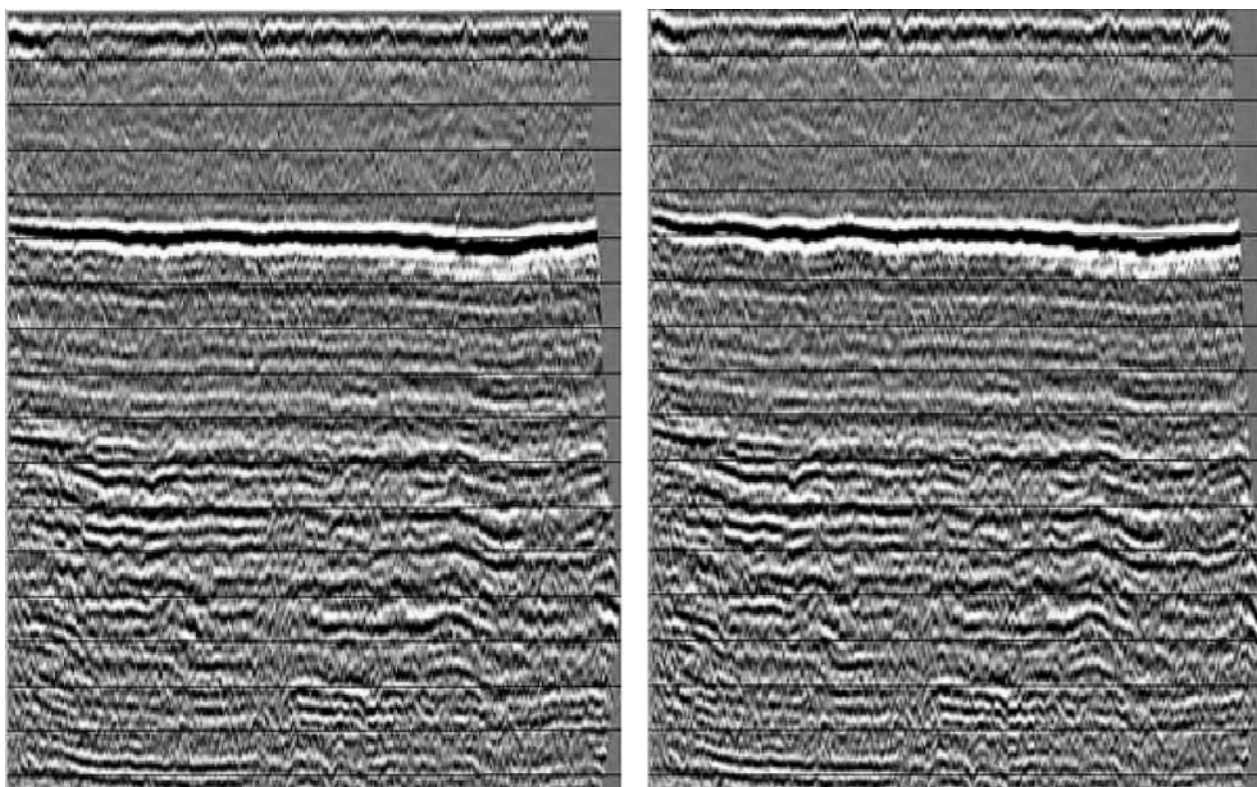


Рис. 8 Сопоставление результатов статических поправок после вычисления и введения остаточных статических поправок: отметки преломленных волн (слева) и Л (справа).

Геофизика коллектора и инженерная геофизика

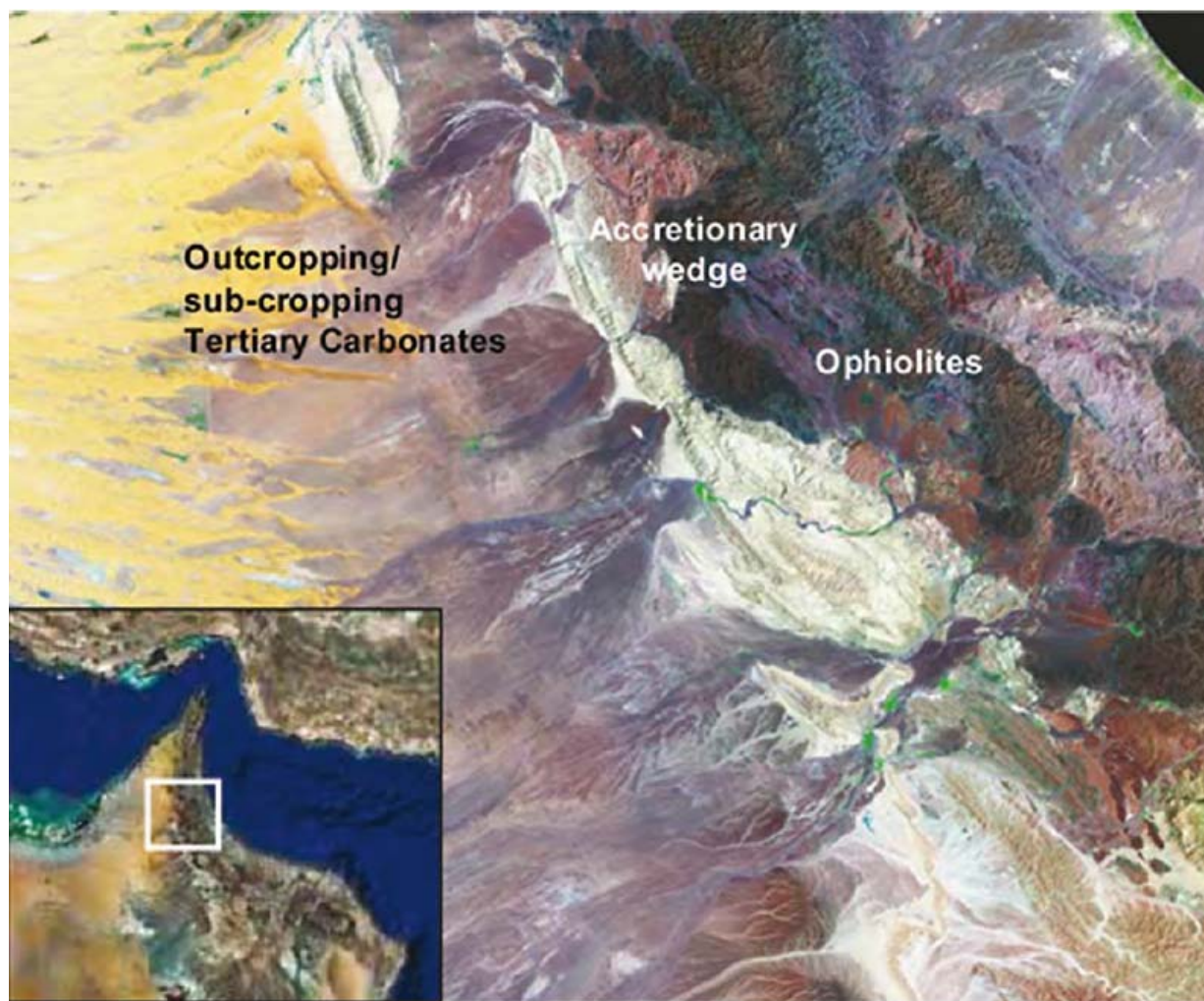


Рис. 9 Район исследования в Северном Омане с основными геологическими комплексами.

Вызванная сложностью геологических условий стратегия сейсмических исследований в этом районе состояла из получения чрезвычайно длинных сейсмических снов, сопровождающихся гравиметрическими измерениями, плотно расположенными вдоль профилей. Обработка на глубине методами одновременного с гравиметрической II была проведена по всем профилям длиной почти 600 погонных км в Северном Омане.

Профиль, представленный здесь, использовал параметры, представленные в таблице 3, с максимальными сейсмическими сносами, превышающими 25 км при нарушенной конфигурации.

При построении глубинного изображения метод создания скоростной модели следовал обычной рабочей процедуре, детально представленной на рис. 10, где II сейсмических и гравиметрических данных происходило по двум отдельным этапам, действующим и в малоглубинной, и в глубинной частях.

Интервал между приемниками	12.5 м
Интервал между источниками	50 м
Максимальное удаление (off-end)	25,200 м
Максимальное удаление (симметричная расстановка приемников)	12,600 м
Каналы	2,015
Длина линии	~34 км
Расстояние между гравиметрическими пунктами	490 м

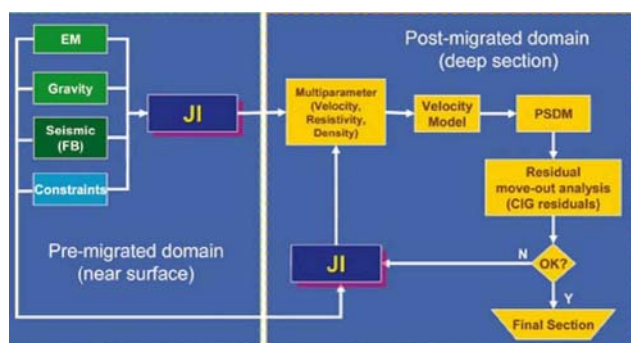


Рис. 10 Рабочий процесс *JI* глубинной области (PSDM-*JI*).

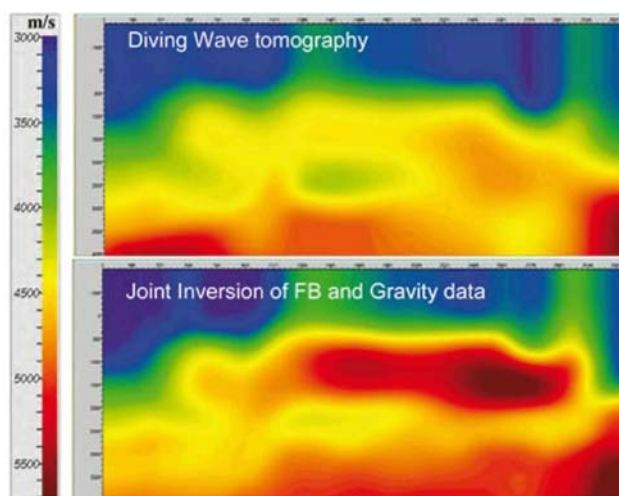


Рис. 11 Скоростные поля, полученные по томографии рефрагированных волн (вверху) и одновременному *JI* гравитационных и *FB* данных (внизу). Использование гравитационных данных в *JI* с сейсмическими данными *FB* дает лучшее определение скоростной структуры карбонатного слоя.

Малоглубинная скоростная модель для воссоздания сложной скоростной изменчивости, имеющейся на расстоянии около 2-х км от поверхности, была получена одновременным *JI* *FB*s и остаточных аномалий силы тяжести. Построение скоростной модели затем уточнялось и распространялось на большие глубины, включая остаточное приращение времени на трассах постмигрированной области, которое также было совместно инвертировано с остаточными гравитационными аномалиями.

Одновременное *JI* сейсмических и гравиметрических остаточных данных принесло существенные улучшения скоростной модели малоглубинной части по сравнению с результатами томографии рефрагированных волн без гравиметрии. Рис. 11 приводит детальную картину малоглубинной карбонатной скоростной структуры, полученной по *JI* *FB* с остаточными аномалиями силы тяжести. Рис. 12 приводит соответствующие плотностные модели результатов начального и конечного *JI* с соответствующим совпадением отклика

использующее плотность 2500 кг/м^3). Полученное улучшение сейсмического изображения в глубинной области приведено на рис. 13, где *JI* скоростная модель обеспечивает намного лучшее выявление подошвы карбонатного слоя, а также надвиговых разломов, секущих его.

Корректное воссоздание малоглубинного скоростного поля дает огромное преимущество для очень глубоких частей разреза. Результаты построения изображения в глубинной области (Colombo et al., 2007), использующего рабочую процедуру *JI* с аномалиями силы тяжести, значительно улучшены по сравнению с результатами соответствующей временной миграцией (постсуммированной) (рис. 14).

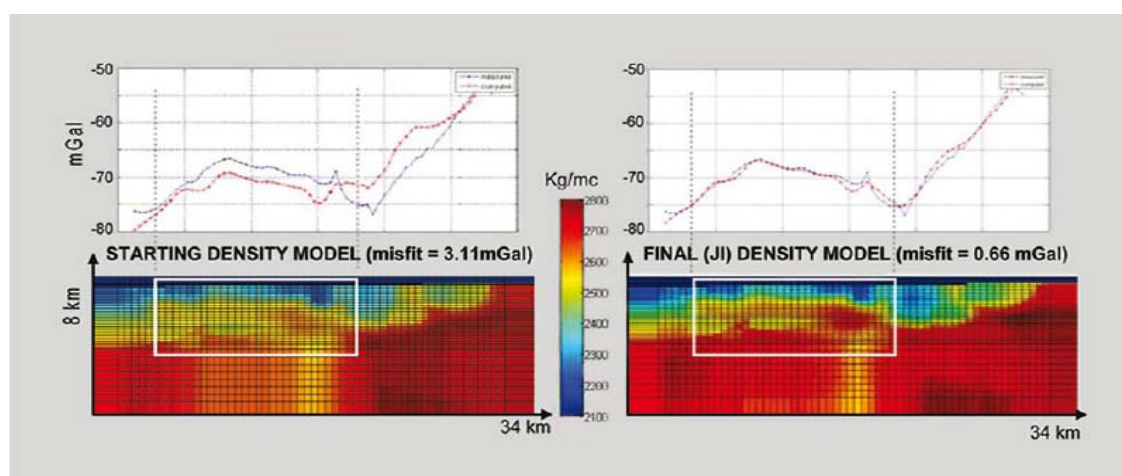


Рис. 12 Плотностные модели по *JI* и несоответствие между рассчитанным гравитационным откликом и измеренной аномалией Буге (окаймленный рамкой район относится к детально показанному на рис. 11).

Геофизика коллектора и инженерная геофизика

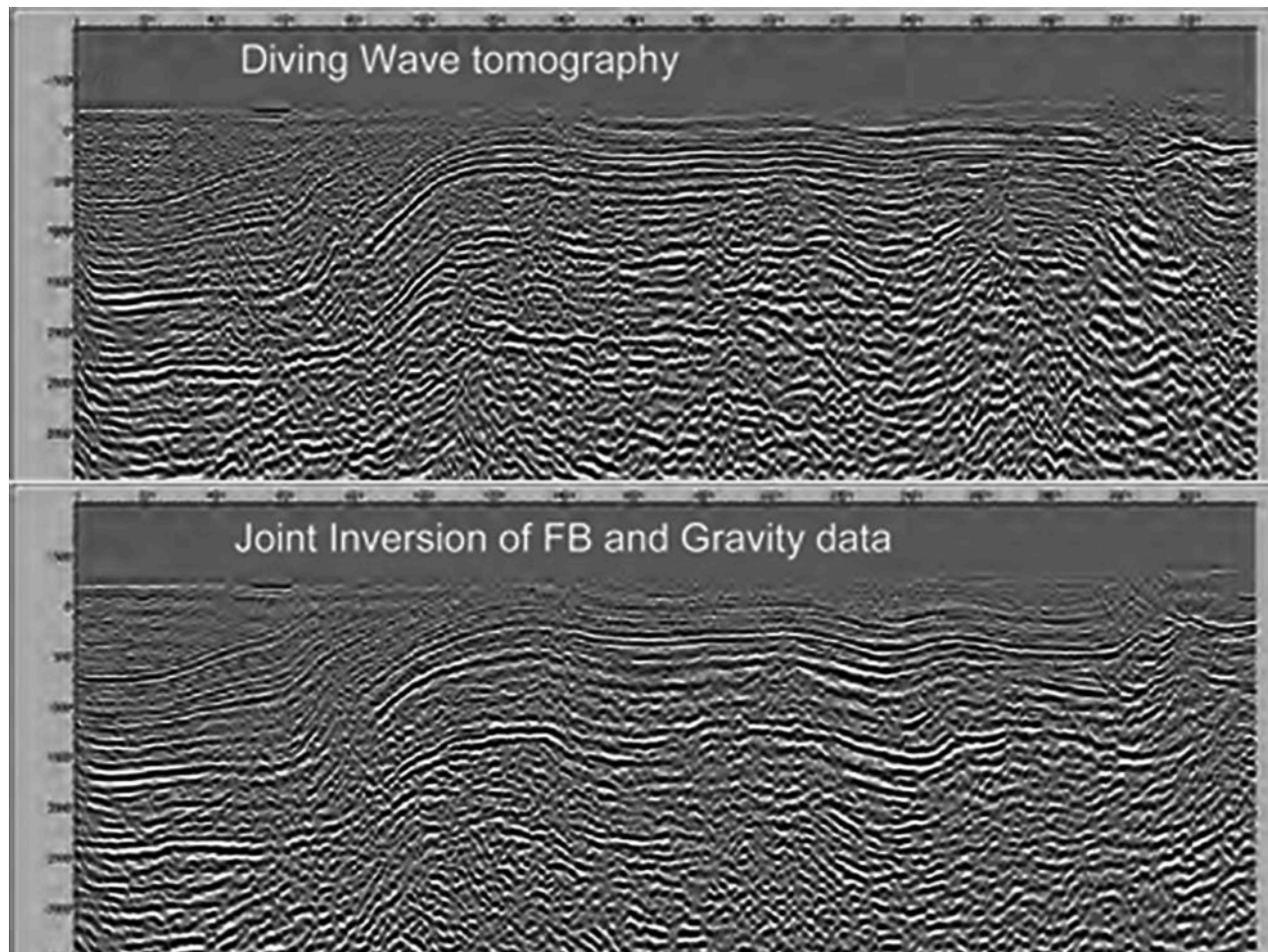


Рис. 13 Примеры наверху показывают результаты построения различного глубинного изображения, полученные при моделировании приповерхностного скоростного поля, используя только томографию рефрагированных волн (вверху) и с использованием рефрагированных волн (т.е. FBs) одновременно с гравитационными данными в Л (внизу). В результате лучше отображается подошва карбонатного слоя и подстилающих его осадков.

Выводы

Применение рабочей процедуры, которая объединяет сейсмический, гравиметрический и электромагнитный методы в различных проектах на Ближнем и Среднем Востоке, демонстрирует потенциальное преимущество для временной и глубинной обработки наземных сейсмических данных.

Сложный малоглубинный разрез представляет одно из главных препятствий построения сейсмического изображения в прибрежной зоне на Ближнем и Среднем Востоке. Традиционная сейсмическая рабочая процедура, основанная на анализе FB и инвертировании, является часто неудовлетворительной при моделировании сложных скоростных полей, таких как поля, включающие пространственные скоростные изменения и вертикальные инверсии скоростей. Рефрагированные волны с самыми быстрыми временами вступления, в действительности, дают избыточную дискретизацию высокоскоростных структур и недостаточную дискретизацию низкоскоростных структур. Отсутствие вертикальных градиентов внутри неэластичных пород, таких как карбонатные поднятия и/или малоглубинные базальтовые слои, означает, что большая часть первых вступлений перемещается в качестве головных волн вдоль высокоскоростной поверхности, не давая информации о мощности и инверсии скоростей. В

таких случаях использование дополнительных геофизических данных, включенных в обработку сейсмических данных, могло бы, вероятно, решить некоторые долговременные проблемы, встреченные в надвиговой геологии, песчаных дюнах и некоторых других сложных скоростных малоглубинных условиях (напр. малоглубинные вулканы, вечная мерзлота, малоглубинные газовые ловушки и карбонаты).

Методология Л, в особенности, обеспечивает аналитическое решение комплексирования сейсмических данных с гравиметрическими и электромагнитными данными. Л обладает способностью уменьшать пристрастное вмешательство человека в интерпретацию в пользу надежного и основанного на данных рабочего процесса. Применение Л может быть потенциально адаптировано к высокоскоростной сейсмической среде, охватывающей большие объемы сейсмических данных, для получения устойчивых результатов при вычислении статических поправок (напр. высокоскоростное FB-гравитационное Л вместо вычисления статических поправок) или для метода построения более детального и глубинно нацеленного изображения.

Благодарности

Мы хотели бы поблагодарить владельцев данных, которые доброжелательно дали разрешение на их опубликование. К ним относятся: Kingdom of Saudi Arabia Ministry of Petroleum and Mineral Resources;

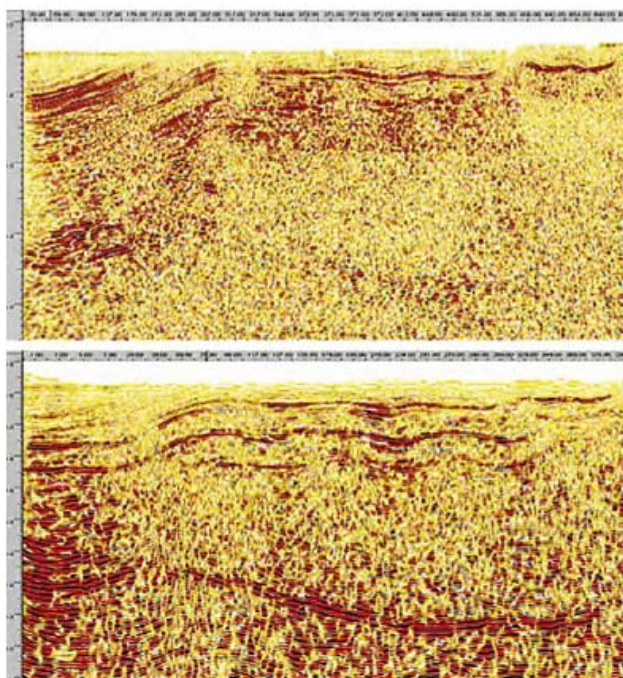


Рис. 14 Сопоставление между результатами традиционной временной обработки (постсуммированная миграция – сверху) и досуммированной глубинной миграцией (внизу), полученной при использовании PSDM JI рабочей процедуры, с гравитационными данными.

SRAK, Pieter Van Mastrigt and Abdulmohsin Al-Dulaijan; Ministry of Oil and Gas, Oman; and RAK Petroleum, John Hurst (Министерство нефтяных и минеральных ресурсов Королевства Саудовская Аравия; SRAC, Pieter Van Mastrigt и Abdulmohsin Al-Dulaijan; Министерство нефти и газа, Оман; и RAK Petroleum, John Hurst).

Мы также благодарим WesternGeco за разрешение опубликовать эти результаты и коллег ведомств в Милане, Al Khobar и Abu Dhabi, а именно, Massimo Clementi и Maurizio Sfolciaghi. Tarek Nafie, и Ahmed Mouaki Benani Chebihat.

Литература

- Colombo D. and De Stefano, M. [2007] Geophysical modeling via Simultaneous JI of Seismic, Gravity and Electromagnetic data: application to Pre-Stack Depth Imaging. *The Leading Edge*, 26(3), 326-331.
- Colombo D., Mantovani, M., De Stefano, M., Garrad, D. and Al Lawati, H. [2007] Simultaneous JI of Seismic and Gravity data for long offset Pre-Stack Depth Migration in Northern Oman. *CSEG Annual Meeting*.
- van Baaren P. and van Kleef, F. [2008] Single-sensor vibroseis acquisition in complex thrust belt areas. A case study from Dubai. *78th SEG International Exposition and Annual Meeting*.
- Virgilio, M., Hallinan, S., Colombo, D., Soyer, W., De Stefano, M. and Mantovani, M. [2008] Simultaneous JI of electromagnetic, gravimetric and seismic data for 3D depth imaging and time statics computation with TDEM. *69th EAGE Conference and Exhibition, Workshop 2*.