

Ближний Восток

Объединение 3D сейсмических и петрофизических данных по формации Sarvak в Персидском заливе. Integrated 3D seismic and petrophysical data of the Sarvak formation in the Persian Gulf

Alireza Bashari*

В течение Среднего Мела, обширные карбонатные платформы покрывали восточную часть аравийского плато, включая, восточную часть Персидского залива (Рис. 1). Многие из основных залежей углеводородов найдены в породах Среднего Мела - коллекторах, которые развивались как карбонатные платформы.

Стратиграфия и развитие латерально похожих резервуаров Аравийского полуострова и области Персидского залива (рис. 2) хорошо задокументирована, например, Murris (1980); Harris и Harris и др. (1984); O'Connor и Patton (1986); Loutfi и др. (1987); Bashari (1988); Alsharhan и Nairin (1988); Alsharhan и Kendell (1991); Alsharhan (1995); Pasco и др. (1995); Van Buchem и др. (1996, 2002a, b); и Farzadi (2006). Трангрессивная система всего карбонатного мелководного бассейна, была добавлена от Позднего Альба до Турона, (Burchette, 1993; Van Bouchem и др., 1996; Terken, 1999; Bashari и Minaee, 2003). Рост платформ начался в области с относительно низкой скоростью оседания, типа фундамента высоких соляных куполов, после регионального повышения уровня моря (Droste и Van Steenwinkel, 2004) в районе Sirri District Персидского залива, содержится много куполообразных структур. В этой области нефть добывается из Средне-Позднего Мела, резервуаров Mishrif, и Pam, из которых Mishrif является основным нефтяным коллектором.

Механизмы, определяющие строение и свойства резервуара Mishrif в этих областях являются тройными. Во-первых, поднятие в Среднем Меле привело к образованию различных фаций в пределах формации Mishrif - встречаются заплатный риф, обратный риф, и рудист. Во-вторых, работают меж-генетические процессы. Наконец, глубоководные движения соли, сопровождаемые ростом рифа, вызывают воздымание и создание обширного тектонического нарушения, включая образование гребневидного грабена. Последующее стратиграфическое несогласие Туронского периода разрушило часть пористого рифа.

Детальная интерпретация новых сейсмических данных, выполненная в пределах этого исследования, раскрыла обширную сбросовую палитру в гребневой части месторождения (рис. 12). Грабен, по наблюдениям, вызвал существенные изменения толщин в пределах резервуара. Связь между нарушениями и мощностью залежи была ясно определена. Кроме того, разлом мог потенциально действовать как барьер для проницаемости (Simono и др., 2004).

Геологические условия

Район Sirri является частью обширной осадочной области, расположенной между поднятием Qatar на западе, геосинклинали Zagross на севере, и геосинклинали Omanides на юго-востоке. На юге, осадочная область распространяется на пустыню Rub Alkali перед постепенным исчезновением на увеличивающейся области аравийского щита.

Оценка осадочного бассейна северо-восточного края Аравии, включая Персидский залив, была длинным и многофазным процессом (Muris, 1980).

Середина Позднего Мела была периодом основного изменения в области современного Персидского залива. Глобальный уровень моря устойчиво повышался (Sharland и др., 2001) к ранней глобальной трангрессии в Туроне Naq и др. (1988). В юго-восточной части Персидского залива, аргиллиты и породы Khatiyah (рис. 3) накапливались выше регионально развитой области Maaddud.



Рис 1 Карта месторождений нефти Sirri, Персидского залива

* Research & Development, Dept., Iranian Offshore Oil Company; E-mail: a_bashari@yahoo.com.

Ближний Восток

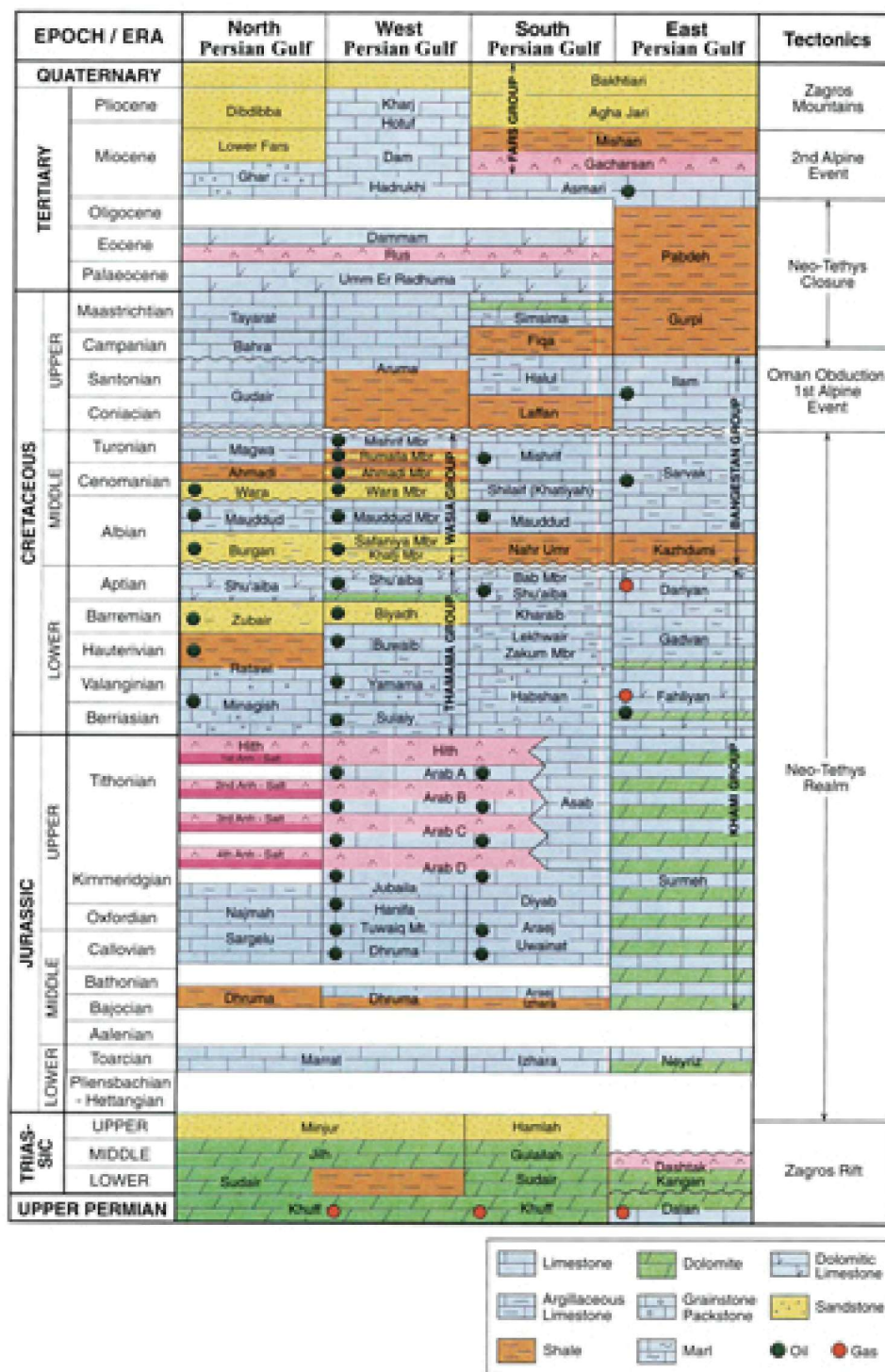


Рис 2 Стратиграфия и развитие латерально эквивалентного резервуара и тектоники Персидского залива и ближайших областей. Север относится к Кувейту, Юго-восток к Ираку, Запад к Саудовской Аравии и Бахрейну, Юг к Объединенным Эмиратам и Катару, Восток к морскому Ирану, Персидскому заливу. (Изменения внесены Balusseau. B., EL-Demerdash. Mz. (1996) IHS Energy Group Information).

Ближний Восток

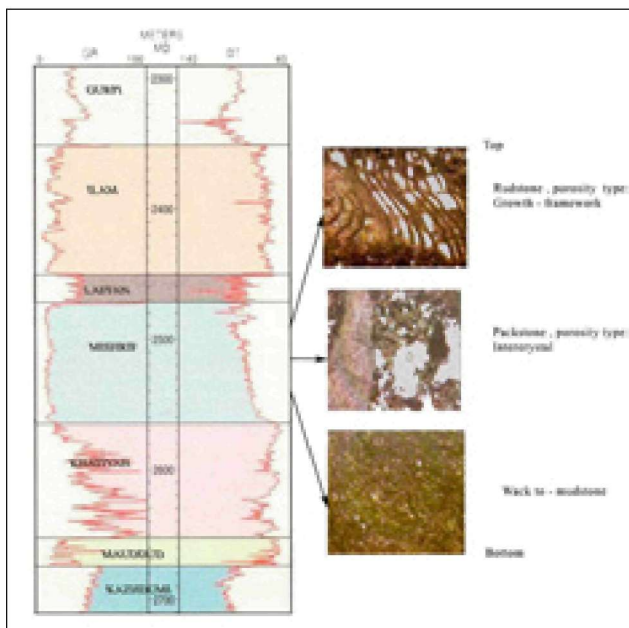


Рис 3 Литостратиграфическое расчленение Средне-позднего Мела, основанное на Акустических данных GR.

Интенсивно размытая область Mishrif, которая является главной нефтедобывающей в районе Sirri и Персидском заливе, была сформирована рудист рифом.

Некоторое время назад, между Turonian и Campanian, произошел надвиг океанской земной коры по современному восточному краю аравийского плато (Glennie, 1995).

Следовательно, край аравийской платформы, связанный с солевым диапиризмом, привел к значительному периоду отсутствия осадконакопления и эрозии. Поздний Сеноман и Ранний Турон были периодом благоприятных условий во всем мире для высокой органической активности. В течение Сеномана, эвстазия была главным элементом, контролирующим рост, развитие локальных поднятий (Sharland и др., 2001; Ван Бакэн и др., 2002a). Солевой диапиризм, локальные погружения, и колебание уровня бассейна имели незначительные влияния на развитие и последующее погружение платформы. Средне Меловой рост карбонатных отложений в пределах юго-восточной части Персидского залива показывает несколько событий третьего порядка (0,5-3 Ma), подобно описанным для аравийского плато (Sharland и др., 2001; Droste и Steenwinkel, 2004) и в частности для стратиграфии Среднего Мела северного Омана (Ван Бакэн и др., 2002a).

Эти последовательности в осадконакоплении третьего порядка отделены несогласиями в мощной части, с очевидностью субаэрального воздействия. Развитие из исследования соответствует парадигме, предложенной Sharland и др. (2001) и Droste и Steenwinkel (2004). Они считают, что повышающийся уровень моря второго порядка, который позволил мощным рифовым рудистам песчаных скелетных структур развиваться вкост аравийского плато, был остановлен относительным падением уровня моря в Туроне.

Эффекты водного выщелачивания и карстовых явлений происходили ниже этой региональной эрозионной поверхности, где обычно отмечается лучшее качество резервуара (Montenat и другие, 1999; Охота и др. 2003).

Материалы и методы

Это исследование основывалось на каротажных диаграммах, записанных кабельным зондом, трехмерных сейсмических данных, данных анализа керна и информации микрошлифов. Несколько разрезов и различных 2-D/3-D карт также были созданы, чтобы показать изменение толщин и фаций в этой области.

Чтобы облегчить понимание свойств резервуара Mishrif, необходимо объединить геофизические, геологические, и петрофизические данные и знания. Однако объединение информации различных дисциплин на практике не так легко достигнуть. Инверсия сейсмических данных, применяемая к акустическому сопротивлению, оказывается, превосходный аппарат для интегрированных исследований.

Корреляция литофаций и электрофаций

Условия осадконакопления

Седиментологическое исследование показывает, что резервуар Mishrif преимущественно состоит из трех отдельных фаций, (Рис. 3 и 4)

Передняя часть рифа

Передняя микрообломочная фация, мелководная морская платформа, требует перехода Khataiyh к фации Mishrif (переменные зоны энергии). Фация носовой части рифа является относительно пористой и проницаемой, и умеренно низко продуктивна (Рис. 3 и 4).

Главный риф

Рудист, грязь и каверны, соответствуют высокой зоне во внешнем барьере. Рифы имеют лучшую пористость и проницаемости с очень хорошей продуктивностью (Рис. 3 и 4).

Фации обратной стороны рифа

Они принадлежат зоне низкой энергии, и вообще рассматриваются как очень бедные пластовые условия, хотя они могли бы иметь очень обширный ряд петрофизических значений (Рис. 3 и 4)



Рис 4 Схематическая модель осадконакопления месторождений Khataiyh и Mishrif.

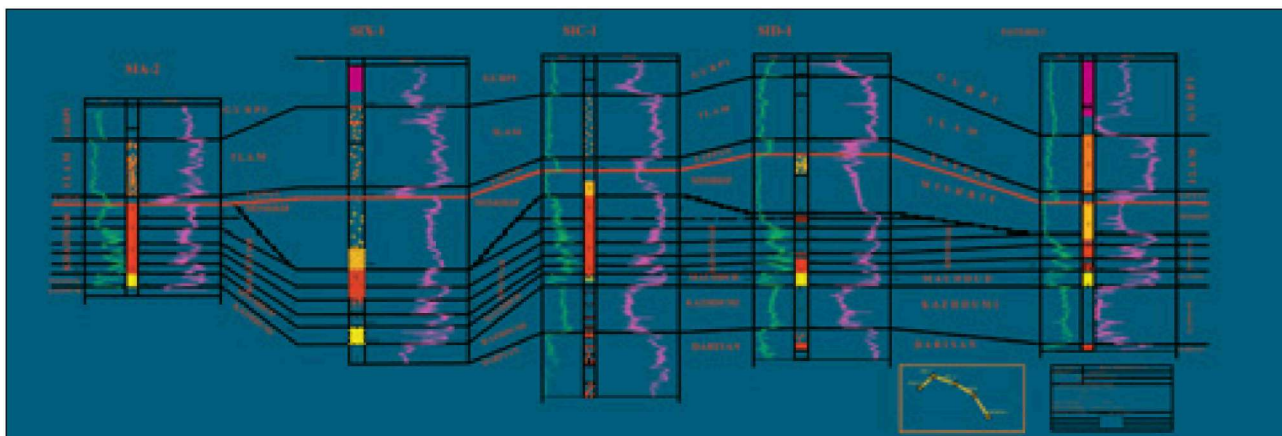


Рис 5 Стратиграфическая корреляция по скважинам SiA1, SiC1, SiD1 и Fateh (Bashari, 2007).

Стратиграфические и седиментологические циклы

Это исследование показывает, что петрофизические зависимости меняются по всему интервалу, резервуар Mishrif имеет очень хорошую пористость/проницаемость. В отличие от этого, более нижняя часть переходной зоны Mishrif имеет очень низкие значения пористости/проницаемости (рис. 3).

Пористость, является преимущественно результатом процессов растворения и растворения биокластов (рис. 3). Большая часть пористых тел связана с растворением и находится выше уровня грунтовых вод. Обычно карбонатные породы подвержены влиянию субаэральной эрозии. Взаимосвязь системы пор, кажется, превосходно обеспечивает очень проницаемую зону и, следовательно превосходные свойства резервуара.

Карта изопакит резервуара Mishrif по этой территории показывает, что, всякий раз, когда отложения Mishrif отсутствуют или латерально преобразуются в фацию Khatiyah, формация Sarvak не содержит нефти, главным образом из-за отсутствия резервуара.

Скважинная корреляция каротажа через Fateh, Sirri D, Sirri C, и Sirri ясно указывает на увеличение отложений Khatiyah (рис. 5) с востока на запад (области Fateh к области Sirri). Толщины и фации в пределах каждой последовательности остаются последовательными через корреляционную связь. Седиментологические и геохимические исследования демонстрируют, что напластование Khatiyah — основные отложения, формирующие нефтематеринскую породу для резервуара Mishrif.

Отсутствие изменения толщин в других режимах осадконакопления в пределах Khatiyah по нескольким структурам показывает, что нет никакой деформации структуры в течение осадконакопления на Khatiyah. Корреляция между последовательностями осадконакопления в Khatiyah соответствует временным границам (рис. 5). Скважина показывает корреляционную связь, где предположительно толщины Khatiyah равномерно изменяются с востока на запад. Мелкий морской риф Mishrif содержит фации морских отложений на западе Khatiyah (рис. 5). Отложения Mishrif в восточной части схемы корреляции соответствует последовательностям 7, 8, и 9 по Khatiyah (рис. 5). Существенная часть Mishrif была разрушена стратиграфическим несогласием Верхнего Мела в максимальной области Fateh. В большинстве верхних частей области Fateh отложения Khatiyah были частично

разрушены. Существует постепенный переход от Khatiyah к фации Mishrif, но толщина переходной зоны изменяется от области до области. На Sirri C и Sirri X1, переходная зона переднего рифа имеет толщину приблизительно 70 футов, тогда как на Sirri D переходный интервал становится более тонким (рис. 5).

Уменьшение Mishrif на свode структуры в значительной степени связана с эрозией Mishrif на структурном поднятии в течение поднятия Ранне Верхне Мелового возраста, которое привело к существующим структурам. На Sirri A, стратиграфическое несогласие Верхнего Мела уничтожило часть Khatiyah. Нет никакой очевидности, чтобы указать, был ли Mishrif сформирован на кровле области Khatiyah Sirri.

Сейсмическая база данных и качество сейсмических данных

Получение сейсмических данных

Трехмерные сейсмические данные были получены в 2002 году, используя две группы пневматических сейсмоисточников, и 6 сейсмоприемных кос, с номинальным размером бина 12.5 x 12.5 м. Съемка покрывала общую площадь приблизительно 256 км², и имела форму сложного многоугольника по структурам Sirri C и Sirri D. Множество наземных объектов присутствовало на площади съемки во время проведения работ. Требовалось, чтобы две программы прохождения судов обеспечили последовательное перекрытие профилирования. Исследования проводились отдельно судном источником и судном приемником, приводили к изменению азимута и выноса для данных полученных ниже территории платформы.

Сейсмическая обработка данных

Трехмерные сейсмические данные были обработаны, используя временную миграцию до суммирования. Финальный интервал между бинами было 12.5 x 12.5 м, и набор данных покрывал область 256 км².

Подборка синтетических сейсмограмм

Построение синтетической сейсмограммы показано на рис. 6 и 7. Синяя кривая справа — каротажная кривая акустического сопротивления, полученная из акустических кривых и кривых плотности.

Ближний Восток

Отметим, что Пам известняк – имеет высокое акустическое сопротивление (AI), Сланец Laffan – низкое AI и подобно верхней части резервуара Mishrif – низкие значения AI. Тогда переходная зона более погруженной части резервуара Mishrif имеет более высокие значения AI для известняка Khatiyah (другие формации не объясняются здесь, поскольку осязается главный резервуар). Каждое изменение AI связано с коэффициентом отражения. Изменение AI от высокого до низкого связано с отрицательной отражающей способностью, а изменение от низкого до высокого значений AI связано с положительными отражениями.

Синтетическая сейсмограмма создана сверткой сигнала (показано на маленькой панели слева) с набором отражений. В этом случае сигнал – синтетически смоделированный импульс Рикера с частотой 35 гц, с нулевой фазой и положительной полярностью. Свертка этого сигнала с положительными отражениями дает положительные сейсмические амплитуды. Отметим, что формация Пам имеет высокие значения AI относительно вышележащей формации Sirri. Это увеличение AI приводит к положительным отражениям. Свертка положительных отражений с волновым импульсом дает положительные сейсмические отражения. Наоборот, кровля формации Laffan показывает уменьшение в AI, это дает отрицательные отражения, которые, когда свертываются с волновым сигналом, приводят к отрицательным сейсмическим отражениям. Заметим, что нет никакого существенного изменения в значении AI между Laffan и Mishrif в этой скважине. Это означает, что нет никакого сейсмического события, связанного с кровлей пласта формации Mishrif.

Было решено создать кровлю резервуара Mishrif, отследив кровлю Laffan, и прибавить на константу вниз. По скважинным данным средняя толщина Laffan, как выяснили, была 18 м по Sirri C и 22 м по Sirri D. Преобразование с использованием средней скорости в Laffan дало изохрону 10.6 мс для Sirri C и 13 мс для Sirri D. Интерполяция между постоянными изохронами на Sirri C и структурах D дало карту изохрон Laffan. Кровля Mishrif была построена, добавлением этой изохроны к временной поверхности Laffan. Точно так же для основного резервуара Mishrif все еще не было возможности выбрать изменение импеданса точно от объема AI. Новый горизонт Khatiyah рядом с кровлей пласта был получен добавлением вверх постоянного значения, для формирования нового основного резервуара Mishrif.

Основа формации Mishrif характеризуется постепенным увеличением AI с высокими значениями импеданса Khatiyah. Это соответствует плотной зоне Mishrif и дает положительные пики. В этом исследовании волновой сигнал, используемый, для синтетических сейсмограмм – нуль фазовый, но в действительности сейсмические данные – редко имеют нулевую

фазу. Форма вейвлета была оценена по трехмерным сейсмическим данным Sirri в результате сейсмической инверсии. Рис. 9 показывает синтетическую сейсмограмму, построенную, используя финальный вейвлет. Заметьте различие в синтетическом сигнале по сравнению с нуль фазовым импульсом. Вейвлет, соответствует сейсмическому импульсу и имеет смешанную фазу, приблизительно +60°, и положительную полярность.

Используя синтетику по скважинам, главные сейсмические горизонты были идентифицированы и получены в итоге в следующей таблице.

Извлечение вейвлета

Точная оценка или извлечение вейвлета сильно зависят от качества любой сейсмической инверсии. Форма извлеченного вейвлета (частота и содержание фазы) может сильно влиять на результаты инверсии и на последующие оценки качества резервуара. В методах инверсии мы предполагаем, что сейсмические данные могут быть представлены как свертка сейсмического волнового импульса с ограниченным сигналом.

Инверсия – процесс оценки сейсмического сигнала и затем использования этого вейвлета, чтобы оценить сейсмические отражения. Свертка вейвлета с определенными сейсмическими отражениями должна дать синтетический набор данных с близким сходством с первоначальными сейсмическими данными.

Оценка вейвлета проводится с помощью вычисления фильтра, который лучше всего соответствует скважинным коэффициентам отражения для сейсмического

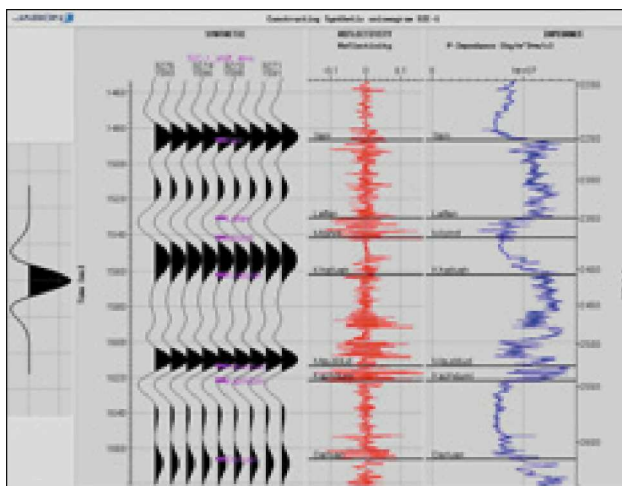


Рис 6 Нуль фазовая синтетическая сейсмограмма: синяя - кривая импеданса, красная кривая - кривая отражений.

Сейсмический горизонт	Полярность	Комментарии
Пам	положительная	Кровля пласта известняка Пам, рост AI
Laffan	отрицательная	Кровля пласта сланца Laffan, уменьшение AI
Intra-Khatiyah	отрицательная	Непрерывное отрицательное сейсмическое отражение
Kazhdumi	отрицательная	Кровля Kazhdumi, уменьшение в AI

Эти горизонты были извлечены из 3D сейсмических данных.

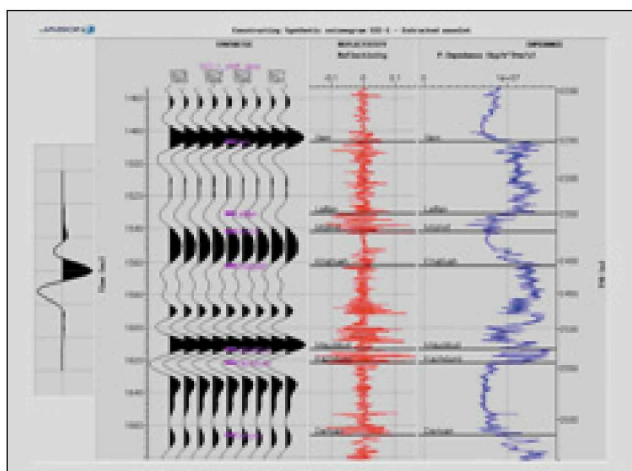


Рис 7 Извлеченный синтетический сигнал: синяя кривая каротаж импеданса, красная кривая – кривая отражательной способности.

сигнала в скважине. Фаза сейсмических данных, которые могут измениться с частотой, рассчитывается из этого фильтра. Алгоритм минимизирует расхождение между сейсмическими данными и синтетическими сейсмограммами. Алгоритм автоматически регулирует амплитуду и спектр фазы вейвлета, для соответствия сейсмическим данным. Пять вертикальных скважин были проанализированы для пригодности оценки вейвлета. Идеальная ситуация это использование вертикальных скважин с надежными кривыми AI с качественными сейсмическими данными.

Прослеживание горизонтов и 3D сейсмическая интерполяция

Прослеживание горизонта было выполнено. Начальная сейсмическая интерпретация была выполнена по сетке инлайнов и кросслайнов. Горизонты были прослежены автоматически. Каждый 20-й инлайн и кросслайн имел случайные траверсы. В областях, где интерпретация была неоднозначной, использовался более детальный метод пикировки.

Интерпретация

Детальная сейсмическая интерпретация новых трехмерных сейсмических данных выполнялась в пределах этого исследования

и показала обширную группу разрывных нарушений в сводовой части месторождения. Грабен, по наблюдениям, вызывал существенные изменения толщин в пределах резервуара. Связь между разломом и мощностью залежи была точно установлена. Кроме того, разлом мог потенциально действовать как барьер для проницаемости.

Была построена трехмерная модель акустического сопротивления (AI), используя пространственную инверсию разрежения пиков. Детерминированный куб AI, оказалось, стал полезным инструментом, для улучшения качества интерпретации, подходящим для моделирования тонких стратиграфических эффектов (рис. 6).

Критический аспект интерпретации состоял в изменении свойств пористого известняка до плотного известняка на западном краю площади.

Сейсмическая интерпретация была улучшена, используя детерминированные результаты инверсии (Simono и др., 2004). Резонансный эффект инверсии был использован для фильтрации и эффекта выклинивания пористого известняка, как показано на рис. 8.

Интерпретация разломов

Пять крупных разломов были идентифицированы на Sirri C и пять на Sirri D. Отражение Kazhdumi является лучшим качественным сейсмическим репером по резервуару. Разломы были идентифицированы на этом уровне с временных слайсов и выделены по поперечным сечениям и временным интервалам. Разломы были распространены через Khatiyah до уровня Mishrif, и через Nith к солевым диапировым складкам. Была обнаружена некоторая очевидность прерывания разлома в Laffan, с тремя разрывными нарушениями, проходящими через Laffan до Ilam по Sirri C и по четырем разломам, от Ilam в Sirri D. Разломы в Laffan были, вероятно, активны после образования Ilam. Разломы не распространялись обширно в синклиналь и были вызваны тектоническим поднятием соли. Вертикальное перемещение разломов было небольшим на уровне резервуара, на несколько метров вверх резервуара и вниз на 20 м. от основания резервуара.

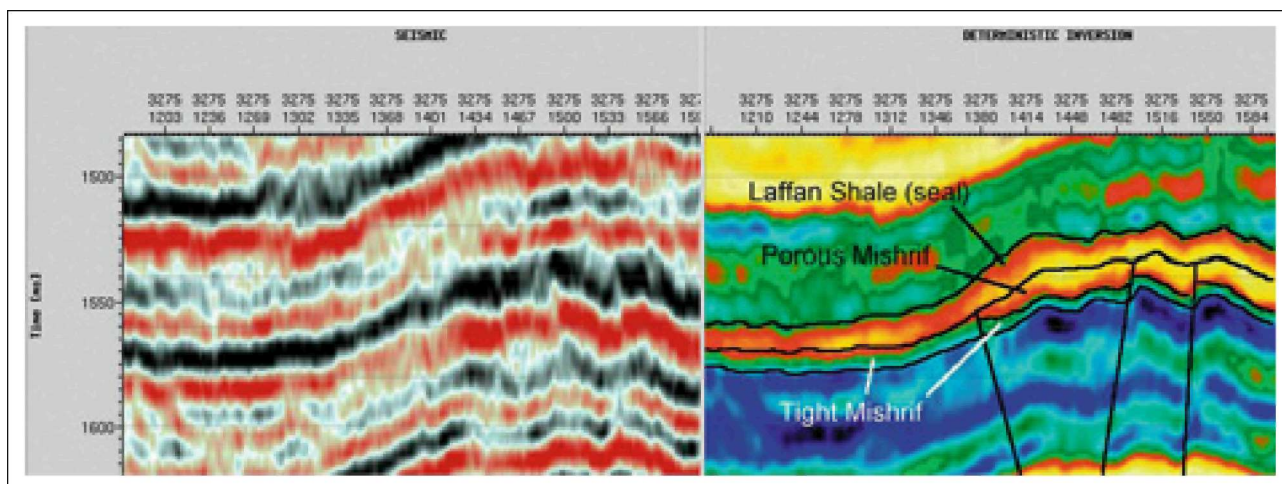


Рис 8 Резонансная детерминистская инверсия использовалась, чтобы улучшить интерпретацию и лучше определить пористое выклинивание Mishrif. Интерпретация одних сейсмических данных не дает возможности увидеть выклинивание пласта ясно.

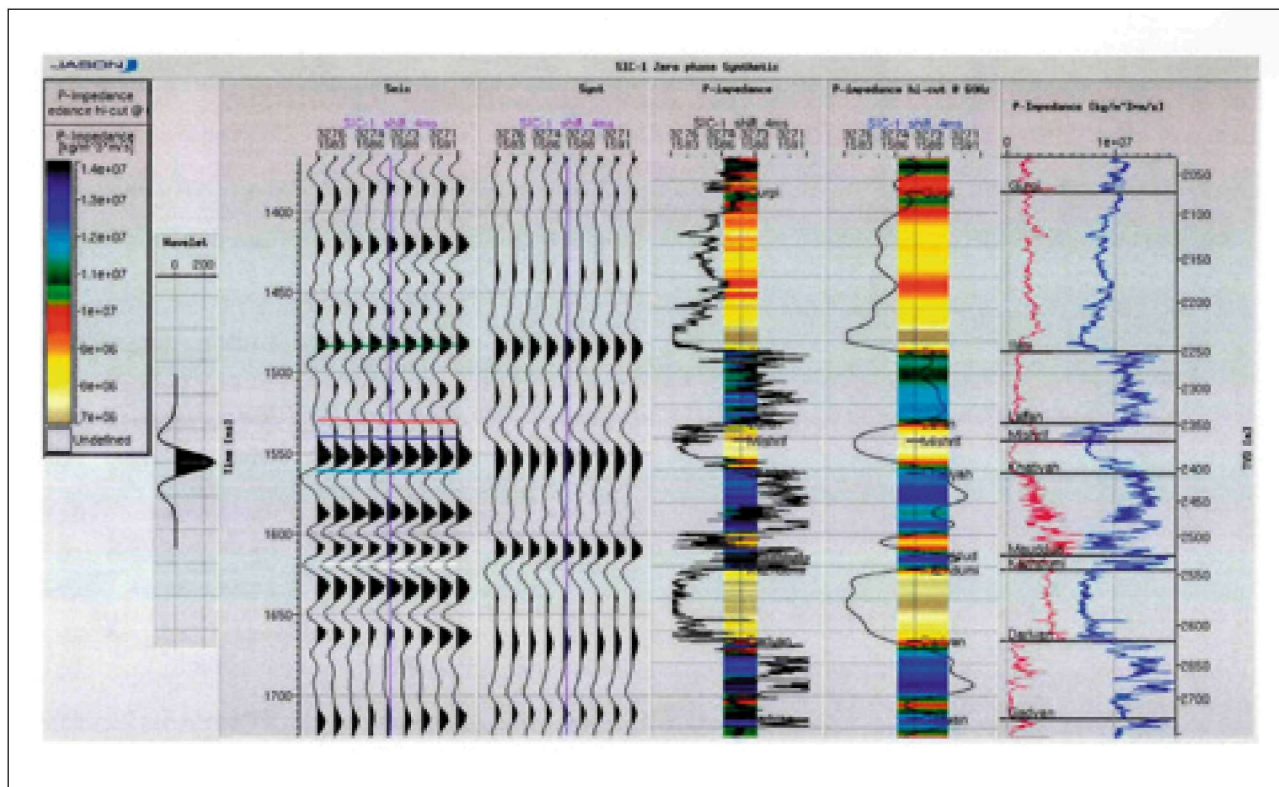


Рис 9 Нуль фазовая синтетика SiC-1.

Корреляция сейсмических и скважинных данных

Кровля Пам

Кровля известняка Пам на акустическом каротаже соответствует яркому положительному отклонению (рис. 3), и на синтетической сейсмограмме нуль фазовая полярность соответствует сильному черному пику (рис. 9). По скважине корреляционная разбивка кровли Пам - характерный региональный геологический репер, и на трехмерных сейсмических данных соответствует сильному и непрерывному черному пику отражений. Выбор Кровли Пам может быть выполнен с высокой степенью достоверности.

Кровля Laffan (подошва Пам),

Кровля глин Laffan на акустическом каротаже соответствует сильному отрицательному отражению. На синтетической сейсмограмме это определяется сильным прогибом. На трехмерных сейсмических данных горизонт непрерывен по всему трехмерному набору данных и может быть прослежен с высокой степенью достоверности. Толщина Laffan изменяется между 10 и 20 м. на этой территории (рис. 5).

Кровля резервуара Mishrif

Кровля Mishrif на гамма каротаже GR, хорошо определяется и соответствует острому отрицательному пику (рис. 3). Однако, из-за эффекта маломощного пласта вышележащих глин Laffan, никакое ясное сейсмическое отражение не соответствует вышележащему пласту Mishrif (рис. 9), также из-за ограниченного разрешения сейсмических данных на этой

глубине. Рис. 11. демонстрирует сейсмические данные для сечения вкост Sirri C и D. Трехмерная временная карта для горизонта Mishrif показана на рис. 12.

Кровля Khatiyah

Кровля Khatiyah по акустическому каротажу соответствует переходным фациям, которые вызывают изменения в акустическом сопротивлении. В этом случае отражение соответствует черному пику (рис. 9).

Intra-Khatiyah

Высокоамплитудное отрицательное отражение ниже резервуара Mishrif было пропикировано как сейсмическое отражение Khatiyah (рис. 9). Это отражение соответствует низкому импедансу в пределах Khatiyah. Вообще по сводовой части структуры качество данных хорошее, но недостаточно данных в синклинали.

Сравнение GR, звукового, и нейтронного каротажа (рис. 3) показывает, что высокие значения GR в пределах разреза Khatiyah получены главным образом за счет органического вещества, сконцентрированного в аргиллитах и известняках.

Кровля Maaddud

Кровля Maaddud подобна Intra-Khatiyah и соответствует сильному и непрерывному черному пику, который может быть выбран и нанесен на карту с высокой степенью точности (рис. 9). Кровля пласта Maaddud на каротаже GR соответствует сильному отрицательному отклонению (рис. 3).

Ближний Восток

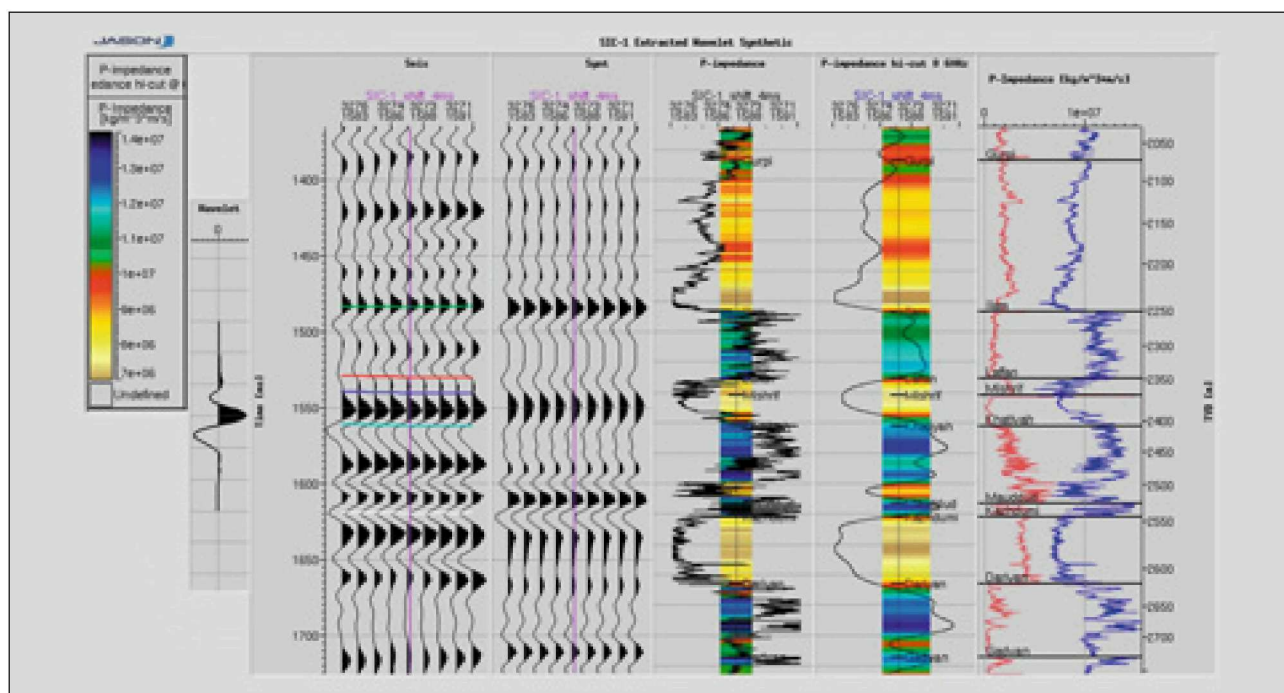


Рис 10 Извлеченный вейвлет SiC-1

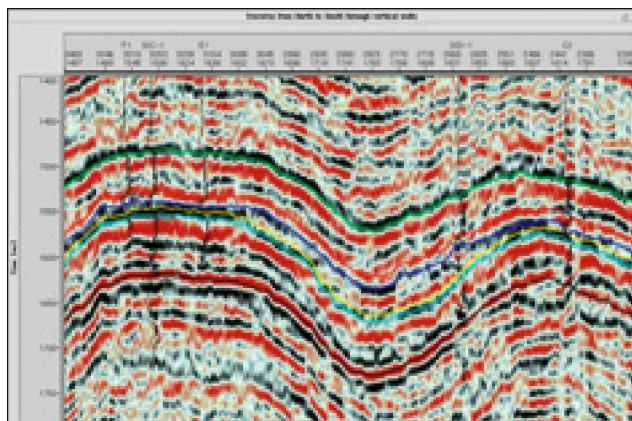


Рис 11 Фактические сейсмические данные по произвольному сечению Sirri C и D.

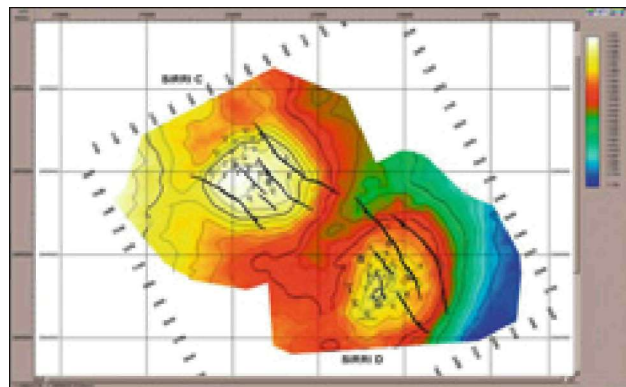


Рис 12 Временная Структурная карта кровли Mishrif по данным 3D (Memarzia, 2004).

Заключение

- Последовательность осадконакопления в пределах Khatiyah увеличивается с восток на запад (от Fateh до Sirri A).
- Есть переходная зона между фациями Khatiyah и фацией Mishrif, но толщина переходной зоны изменяется от области до области.
- Отсутствие изменения толщин последовательности осадконакопления в пределах Khatiyah через несколько структур показывает, что никакая деформация структуры не происходила в течение осадконакопления Khatiyah и структуры начали развиваться после этого осадконакопления.
- Первичная изменчивость фации при осадконакоплении связана со вторичными отложениями палеокарста Турона формации резервуара Mshrif.

- Акустическое сопротивление это свойство горной породы; такое же, как пористость, содержание флюидов, и фация; инверсия сейсмических данных к акустическому сопротивлению позволяет лучше определить главные литологические единицы.
- Успешное преобразование глубин было выполнено для точной привязки интерпретируемых горизонтов к доступным данным по скважинам. Описание резервуара и преобразование время - глубина - важные шаги в создании трехмерной статической модели резервуара Mishrif.

Благодарности

Авторы хотят поблагодарить управляющего директора, иранской компании Offshore Oil за его поддержку и опору. Так же как С.Н. Amirbehdod, ведущего геофизика Департамента, Kazar

Ближний Восток

Exploration and Production Co. (KEPCO). за полезные обсуждения и предложения.

Литература

- Alsharhan, A.S. and Narin, A.E.M. [1988] A review of the Cretaceous formations in the Arabian Peninsula and Gulf, Part II. Mid- Cretaceous (Wasia Group) stratigraphy and Paleogeography. *Journal of Petroleum Geology*, 11, 89-112.
- Alsharhan, A.S. [1995] Facies variation, diagenesis and exploration potential of the Cretaceous rudist-bearing carbonates of the Persian Gulf. *AAPG Bulletin*, 79, 531-550.
- Alsharhan, A.S. and Kendall, C.G.St.C. [1991] Cretaceous chronostratigraphy, unconformities and eustatic sea-level changes in the sediments of Abu Dhabi U.A.E. *Cretaceous Research*, 12, 379-401.
- Bashari, A. [1988] Occurrence of heavy crude oil in the Persian Gulf. In Myer, R.F. and Wiggins, E. J. (Eds.) Fourth International UNITAR/UNDP Conference on Heavy Crude and Tar Sands, 2, Geology, Chemistry. *International Conference on Heavy Crude and Tar Sands, Edmonton, Alberta, Canada*, 204-214.
- Bashari, A. and Minaei, M. [2003] Regional study of the Sarvak Formations in the Sirri District of the Persian Gulf. (*AAPG International Conference & Exhibition, Barcelona*).
- Bashari, A. [2007] Integrated 3D Seismic, Petrophysical Data of Sarvak Formation, Sirri District in the Persian Gulf. *14th European Symposium on Improved Oil Recovery, Cairo, Egypt*.
- Balusseau, B. and Demerdash, Mz. [1996] Unpublished, *IHS Energy Group*.
- Burchette, T.P. 1993. Mishrif Formation (Cenomanian - Turonian), southern Persian Gulf: Carbonate platform growth along a cratonic basin margin. In: Simo, J.-A.T., Scott, R.W., and Masse, J.P. (Eds.) Cretaceous carbonate platforms. *AAPG Memoir*, 56, 185-199.
- Droste, H. and Steenwinkel, M. V. [2004] Stratal Geometries and Patterns of Platform Carbonates: The Cretaceous of Oman. In: Eberli, G.P., Masafiero, J.L., and Sarg, J.F.R. (Eds.) Seismic Imaging of Carbonate Reservoirs and Systems. *AAPG Memoir*, 81, 185-206.
- Farzadi, F. [2006] The development of Middle Cretaceous Carbonate platforms, Persian Gulf, Iran: constrain from Seismic Stratigraphy, Well and Biostratigraphy. *Petroleum Geoscience*, 12, 59-68.
- Glennie, K.W. [1995] *The geology of the Oman Mountains: an outline of their origin*. Scientific Press, Beaconsfield, UK.
- Haq, B.U., Hardenbol, J., and Vail, P.R. [1988] Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change. In: Wilgus, C.K., Hastings, B.S., Kendall, C.G.St.C., Posamentier, H.W., Ross, C.C., and Van Wagoner, J.C. (Eds.) Sea -Level Changes: an Integrated Approach. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogist, Special Publication*, 42, 71-108.
- Harris, P.M., Frost, S.H., Seiglie, G. A., and Schneidermann, N. [1984] Regional unconformities and depositional cycles, Cretaceous of the Arabian Peninsula. In: Schlee, J.S. (Ed.) *Interregional Unconformities and Hydrocarbon Accumulation. AAPG Memoir*, 36, 67-79.
- Hunt, D., Elvebakk, G., Rafaelsen, J., Hogstad, K., Robak, H., and Randen, T. [2003] Paleokarst recognition & 3D distribution: new insights from the upper Paleozoic, Loppa High, Barents Sea. *65th EAGE Conference & Exhibition, Stavanger, Norway*, Extended Abstract.
- Loutfi, G., Baslaib, S.M., and Abu Hamd, M. [1987] Cenomanian stratigraphic traps in western Abu Dhabi, U.A.E. *5th Middle East Oil Show, Bahrain*, SPE Paper 15684, 1-8.
- Memarzai, A. H. [2005] Rule of Reflection Seismic Data Interpretation in Hydrocarbon Exploration. *Iranian Offshore Oil Company* (unpublished).
- Montenat, C., Soudet, H.-J., Barrier, P., and Chereau, A. [1999] Karstification and tectonic evolution of the Jabal madar (Adam Foothills, Arabian Platform) during the Upper Cretaceous. *Bulletin Centre Recherche, Elf Exploration Production*, 22, 161-183.
- Murris, R.J. [1980] Middle East: Stratigraphic evolution and Oil habitat. *AAPG Bulletin*, s, 597-618.
- O'Connor, S.J. and Patton, T.L. [1986] Middle Cretaceous carbonate reservoirs, Fahud field and northwestern Oman, Discussion. *AAPG Bulletin*, 70, 1799-1801.
- Pascoe, R.P., Evans, N.P., and Harland, T.L. [1995] The generation of unconformities within the Mishrif and Laffan formations of Dubai and adjacent areas: applications to exploration and production. In: Hussein, M.I. (Ed.) *Middle East Petroleum Geosciences*, Geo 94, 2, Gulf Petrolink, Bahrain, 749-760.
- Sharland, P.R., Archer, R., Casey, D. M., et al. [2001] Arabian plate sequence stratigraphy. *GeoArabia Special Publication*, 2, Gulf Petrolink, Bahrain 261-278.
- Simono, R.B., Mashayekhi, M.J., Morton, R., Crookall, P., Vos, B., and Van Der Made, P. [2004] Combined Reservoir Characterization and Modelling. *EAGE 66th Conference & Exhibition, Paris*.
- Terken, J.M.J. [1999] The Naith Petroleum system of Oman. *GeoArabia*, 4, 157-180.
- Van Buchem, F.S.P., Razin, P., Homewood, P.W., et al. [1996] High-resolution sequence stratigraphy of the Natih formation (Cenomanian/Turonian) in northern Oman: Distribution of source rocks and reservoir facies. *GeoArabia*, 1, 1, 65-91.
- Van Buchem, F.S.P., Razin, P., Homewood, P.W., Oterdoom, H., and Philip, J. [2002a] Stratigraphic organization of carbonate ramps and organic- rich intrashelf basins: Natih Formation (middle Cretaceous) of Northern Oman. *AAPG Bulletin*, 86, 21-54.
- Van Buchem, F.S.P., Pittet, B., Hilgartner, H., et al. [2002b] High resolution sequence stratigraphic architecture of barremian/Aptian carbonate systems in northern Oman and the United Arab Emirates (Kharai and Shuaiba Formations). *GeoArabia*, 7, 3, 461-500.