

Геология нефти

Результаты исследований нефтяного потенциала глубинной прибрежной зоны западного побережья Индии по недавно переобработанным двумерным сейсмическим данным. Observations on the petroleum potential of deep offshore west coast India from newly reprocessed 2D seismic data.

Glyn Roberts,^{1*} Ken Rutherford² и Colin O'Brien³ считают, что применение современных методик обработки позволило обнаружить глубинный мезозойский нефтегазоносный комплекс пород на морском западном побережье Индии.

В настоящее время основные глубинные (>400 м глубина дна) морские исследования акватории Индии сконцентрированы на восточном побережье, где было сделано несколько крупных открытий за последнее время - в Krishna Godvari и других бассейнах.

Сейчас внимание переводится на глубинные области акватории Западного побережья Индии, где разведка нефтяной провинции на внешней стороне Mumbai High (малоглубинные области) ограничена небольшим числом скважин, пробуренных на настоящее время.

Используя переработанные в последнее время сейсмические данные (12000 км региональной двухмерной сейсмической съемки, полученной DGH в 2002 г.), мы показали, как применение современных сейсмических технологий (подавление кратных радона, PSTM, и PSDM) увеличило ресурсы нефтяного потенциала области. С помощью современных сейсмических технологий показаны нефтегазоносные комплексы пород в третичных и более глубинных мезозойских разрезах, где под базальтами Декана в настоящее время может быть установлена потенциальная нефтяная провинция. Наша интерпретация этого массива данных показывает, что мезозойская провинция распространяется на расстояние свыше 200 км в сторону моря с глубинами воды до 3500 м, перекрывая большое число блоков в Индийских территориальных водах.

Геологическая история

В целом принято, что первоначально Индия образовалась в результате интенсивного раскола суперконтинента Гондваны, по различным сообщениям начиная с 150-180 млн. лет назад (например, в Среднее и Верхнее Юрское время). Это привело к созданию Западной Гондваны (Африка) и Восточной Гондваны (Мадагаскар, Сейшеллы, Индия, Антарктика и Австралия), которые сами начали раскалываться около 128-130 млн. лет назад (Bastia 2006, и другие). Это привело к отколу Западной Индии от Мадагаскара около 90 млн. лет назад (средний мел) и началу множества стадий вулканизма и рифтинга, которые сформировали современную структуру прибрежной акватории Западной Индии.

Тектоническая структура

Западная окраина Индии рассматривается как отколота вулканическая континентальная окраина, которая противопоставлена простой пассивной окраине и распространяется на северо-запад от Kutch на севере до Cape Comorin на юге. Она тектонически дифференцирована на шельфовые грабен-горстовые комплексы хребтов и депрессии.

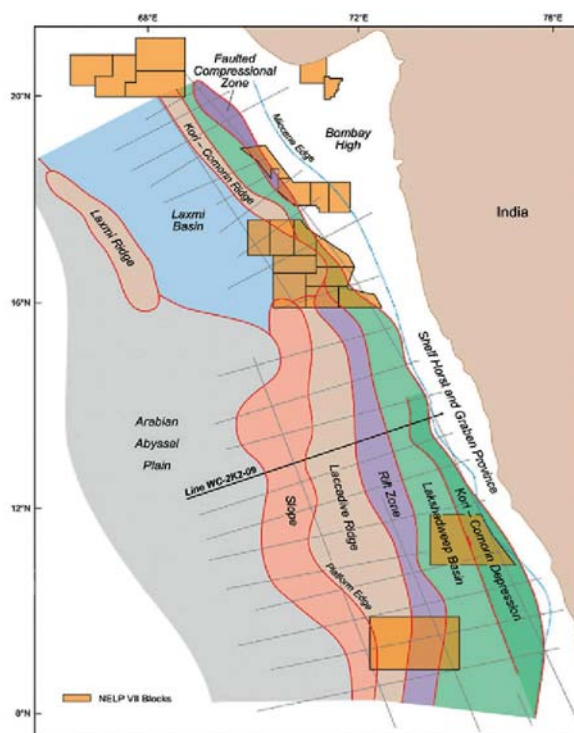


Рис. 1 Западное побережье Индии: Тектонические элементы.

Западный континентальный шельф дифференцирован на несколько бассейнов поперечными сводами фундамента. Они обычно называются, с севера на юг, бассейны Kutch, Surat, Laxmi, Bombay-Ratnagiri и Kerala-Konkan. Представленный обзор сейсмических данных, объединенных с результатами последнего анализа аномалий силы тяжести Буге (Savostin & Kerusov, 2002), показал, что осадочные бассейны Bombay и Konkan-Kerala не четко различаются между собой. В частности последний из двух бассейнов состоит из серии хребтов, суб-бассейнов и грабенов, например, Лаккадивский хребет бассейн Lakshadweep.

Дополнительно к этому обзор линейных хребтов и бассейнов, параллельных западному побережью, проведенный в течение длительного времени (Biswas, 1982), откорректирован современной сейсмической интерпретацией. Основные структуры, исследованные по сейсмическим данным, охватывают Шельфовую Провинцию Горстов и Грабенов (Shelfal Horst and Graben Province), бассейн Lakshadweep, бассейн Лакшми (Laxmi), Лаккадивский (Laccadive) хребет и Аравийский кайнозойский спрединговый бассейн (рис. 1). Установлено существование хребта Kori-Comorin и Депрессии только в частях северной и южной областей западного шельфа, соответственно.

¹ Spectrum.

² Rutherford Exploration.

³ Geophysics International.

*Corresponding author, E-mail: glyn.roberts@spectrumasa.com.

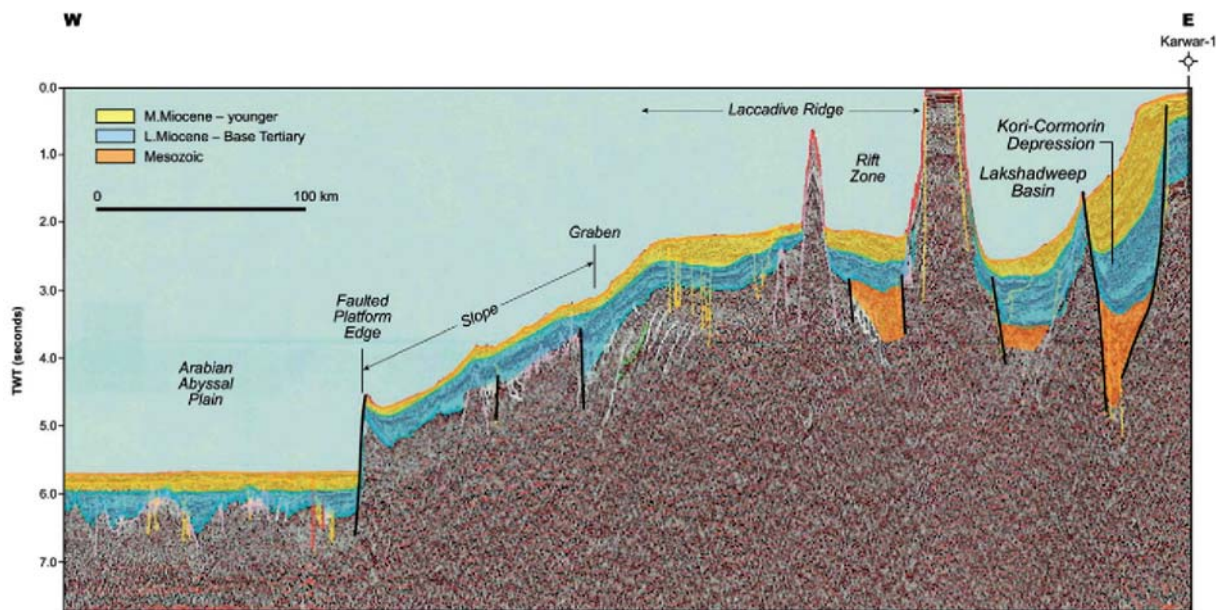


Рис. 2 Западное побережье Индии: Структурные элементы по широтному сейсмическому профилю (см. положение профиля WC-2K-09 на рис. 1)

Шельфовая Провинция Горстов и Грабенов характеризуется двумя основными пересекающимися тектоническими докембрийскими линиями, которые впоследствии повлияли на мезозойский рифтинг; широтной тектонической линией Satpura, создавшей грабен Narmada и линией Dharwar север-северо-западного – юг-юго-восточного направления, по которой развился грабен Cambay. На этой самой широкой части шельфа до города Mumbai расположено несколько горстов и грабенов, которые образуют благоприятную углеводородную провинцию, представленную прибрежным комплексом месторождения Бомбей.

Предполагается, что хребты Лакши и Лаккадивский являются континентальными останцами, которые отделились от западной континентальной окраины и впоследствии были подвержены вулканизму, в последнем случае горячей точки Реюньон (Reunion). Он образует часть следа Чаго-Лаккадив-Мальдивской (Chagos-Laccadive-Maldives) горячей точки (Naqvi, 2005). Несмотря на то, что бассейн Лакши имеет признаки линейных магнитных аномалий, дающих возраст спрединга в течение позднего мела, бассейн Lakshadweep не имеет признаков спрединговой природы, и, предполагается, представлен растянутой континентальной корой. Существует доказательство рифтинга вдоль восточного фланга, где по переработанным сейсмическим данным прослеживается более глубоко погруженный участок, и который может быть отнесен к Депрессии Kori-Cormorin в предшествующих работах. Сейсмический разрез, обрисовывающий некоторые из этих структурных элементов, приведен на рис. 2.

Структуры с крутыми склонами, возвышающиеся над морским дном, являются атоллами/морскими горами, например, карбонатные рифы/платформы, обычно развитые на вулканическом поднятии. На Мальдивских и Лаккадивских островах они образуют острова. На Мальдивах они хорошо описаны Belopolsky и Droxler, 2003 и дают хорошее сопоставление с их затопленными аналогами в бассейне Kerala-Konkan. Современные структурные элементы по Индийскому океану изображены на рис. 3. Доминирующие структуры включают хребет Карлсберга, Аравийский бассейн, бассейн Сомали и внутриокеанические хребты Сейшельской и Лаккадиво-Мальдиво-Чагосской областей. К югу от Индии существует область внутриплитного сжатия.

Стратиграфия

Стратиграфия прибрежной морской западной окраины Индии постулируется по до дрейфовой палеогеографической реконструкции, подтвержденной скважинами и выходами пластов на дневную поверхность в Индии, на Мадагаскаре и Сейшельлах. Статьи, представленные на Первом Индоокеаническом Нефтяном Семинаре (the First Indian Ocean

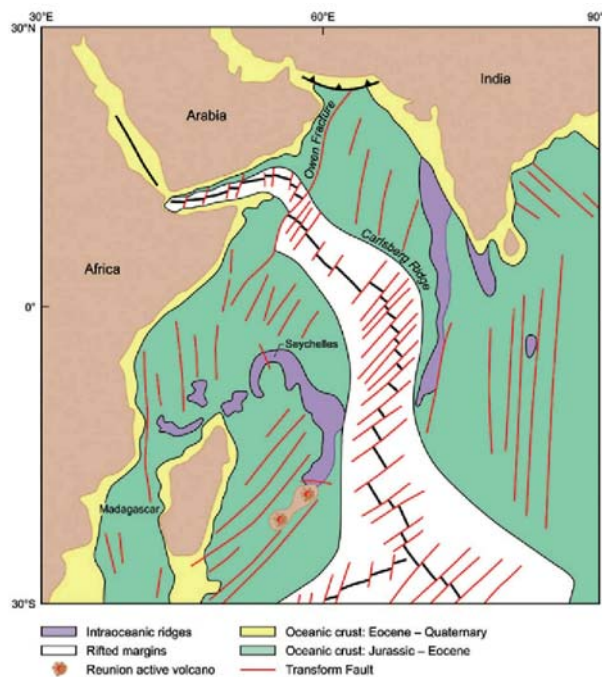


Рис. 3 Индийский океан: современные структурные элементы (модифицированные по Savostin & Kerosov 2002).

Геология нефти

Petroleum Seminar), 1990 и затем опубликованные в 1992 г. (Jenkins, 1992; Girling, 1992; and Walton & Khanna, 1992), подчеркнули важность стратиграфической информации по трем прибрежным скважинам на Сейшеллах и приложений для условий седиментации на примыкающей к Индии морской окраине.

Стратиграфическая история может быть кратко изложена следующим образом:

Триас-ранняя юра: Тип осадков Кагоо, содержащий пески и илистые отложения аллювиальных конусов выноса и меандровых поясов и доставленный докембрийскими нагорьями на Мадагаскар, Сейшеллы и Индию.

Средняя юра: морские условия между Мадагаскаром, Сейшеллами и Индией с отложениями глинистых сланцев и илов, оолитами вокруг Сейшелл и намывными (пляжными) песками и мелководными морскими осадками в недавно образованном грабене Kutch.

Ранний мел: Рифтинг вдоль направлений разломов Narmada и Cambay, создавший грабены с аллювиальной системой, достигшей высшей степени в дельтовых комплексах и конусах выноса в окрестности депрессии Surat и более отдаленных донных отложениях глинистых сланцев между Сейшеллами и Индией.

STRATIGRAPHY		LITHOLOGY	ENVIRONMENT OF DEPOSITION	FACIES	LITHOLOGY	TECTONIC EVENTS
TERTIARY	Pliocene					
	Miocene					
	Oligocene					
	Eocene					
	Paleocene					
CRETACEOUS	Late					
	Early					
JURASSIC	Late					
	Mid.					
	Early					
TRIASSIC	Late					
	Mid.					
	Early					
Basement						

Note: Early Cretaceous to Triassic Section only Present in Deep Near-Coast Grabens

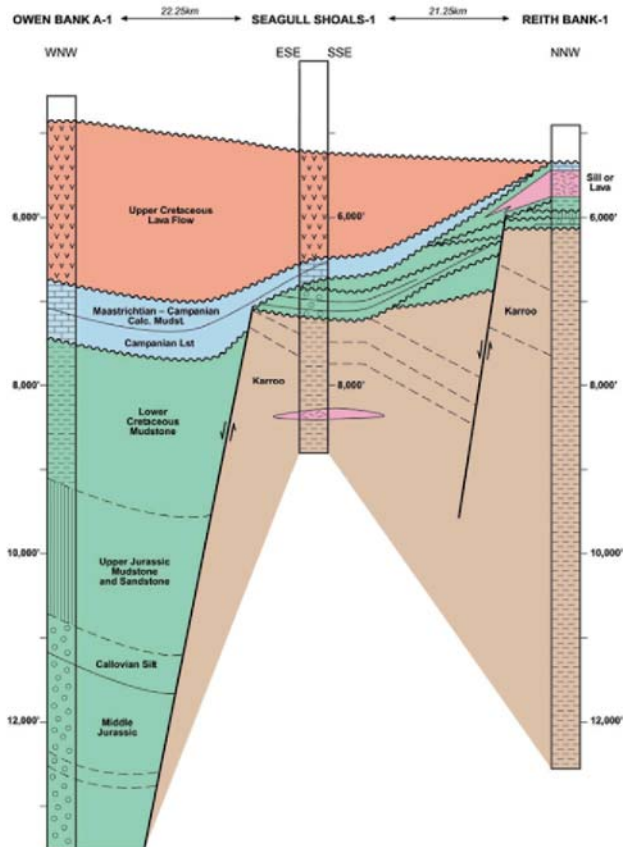
Рис. 4 Постулированная стратиграфия: морская зона западного побережья Индии (модифицирована по Jenkins 1992).

Поздний мел: стесненные, ограниченные морские условия, преобладавшие в зоне между Сейшеллами и Индией, с дельтами и конусами выноса, поставляющими осадки с обоих массивов суши. В это время начался рифтинг на северо-восточной стороне Сейшелл. Шельфовые карбонаты и открытые морские условия развиты на юге Сейшелл и могут также характеризовать отложения в регионе Konkan Kerala.

Поздний мел-ранний триас: Развита значительная вулканическая деятельность в связи с рифтингом и океаническим спредингом. Деканские трапповые базальты охватили большую часть западной Индии и распространились в морскую область до Сейшелл и далее.

Исходя из вышесказанного, был создан прогнозный стратиграфический разрез для западного морского континентального шельфа Индии (рис. 4). Переобработанная сейсмическая съемка 2002 г. обнаружила характерный седиментационный разрез, сохраненный под третичным основанием (Деканский трапповый вулканизм). Этот более древний по возрасту разрез может распространяться от триасовых речных песчаников Кагоо и глинистых сланцев, через юрские морские глинистые сланцы и пески до раннемеловых морских глинистых сланцев и паралитических песков, которые продолжали существовать в позднем мелу между Индией и Сейшеллами. В других местах малоглубинные морские известняки и глинистые сланцы могут быть развиты до основного излияния Деканских лав.

Рис. 5 Структурно-стратиграфическая корреляция по трем Сейшельским скважинам (по Walton & Khanna 1992).



Углеводородный потенциал

Рис. 4 иллюстрирует возможный источник и породы коллектора для западной прибрежной области Индии. Разрез юрского возраста встречен в бассейнах к северу от нашей области исследования (прибрежный грабен Kutch и морской бассейн Saurashtra). Например, морская скважина Lodhika прошла через предрасположенные к газу органические обогащенные осадки верхнеюрской формации Dhrangadra (Singh, 1997). Однако, большая часть доказательств для потенциала мезозойских пород источника получена по Сейшеллам, следовательно, поэтому это отражается на потенциале в прибрежной зоне Индии.

Нефтяники-разведчики, Восточно-Африканская Геологоразведка (East African Exploration), выявили, что мигрированная черная нефть найдена на боковых стенках скважинного керна от последовательности Кагоо в скважинах, пробуренных Amoco (American Oil Company) в течение начала 1980 годов (Machette Downes, 2007). По-видимому, те же самые нефтяные признаки также обнаружены в многочисленных битумных шариках, осевших около многих островов Сейшельского архипелага.

Предполагаемый источник относится к раннему периоду зрелости (R_c 0.8%). Термальное моделирование и моделирование бассейна подтверждает время создания этих керогенов II типа как позднекрейдовое до настоящего времени в обширных депоцентрах, расположенных вдоль краев шельфа и под плато. Нефть из источника Кагоо имеет много общего как с нефтью, обнаруженной в Восточной Африке, так и на Мадагаскаре, но битумные шарики также придают сходство с углеводородными бассейнами Bombay High, Cambay и Indus.

Рис. 5 демонстрирует структурно-стратиграфическую корреляцию трех Сейшельских скважин – Owen Bank-1, Seagull Shoals и Reith Bank-1 – и показывает местонахождение юрских и меловых мелководных морских осадков в грабенообразных трогах.

Мощная мезозойская последовательность, охватывающая юрские и триасовые осадки, таким образом, подстилает Сейшельскую платформу и, предполагается, содержит мощные последовательности источника, который наполнил эксгумированные супергигантские нефтяные месторождения прибрежных областей Мадагаскара. Полагается, что мезозойская последовательность может существовать в самых глубоких грабенах, наблюдаемых по нескольким переобработанным сейсмическим профилям в Индийской морской зоне, особенно в бассейне Konkan-Kerala.

Углеводородные показатели наблюдаются по переобработанным сейсмическим данным и усиливают возможность накопленных в мезозое углеводородов. Примером является «газовая труба», наблюдаемая по переобработанному профилю бассейна Konkan-Kerala, которая является источником мезозойской структуры, погребенной под осадочным пластом 3.0 сек (рис. 6). Ранее проведенные исследования (Biswas, 1992) установили, что сочетание вулканизма и рифтовой седиментации, которое также обнаружено в бассейне Kutch, приведет к возрастанию теплового напряжения, таким образом, благоприятствуя ранней генерации углеводородов.

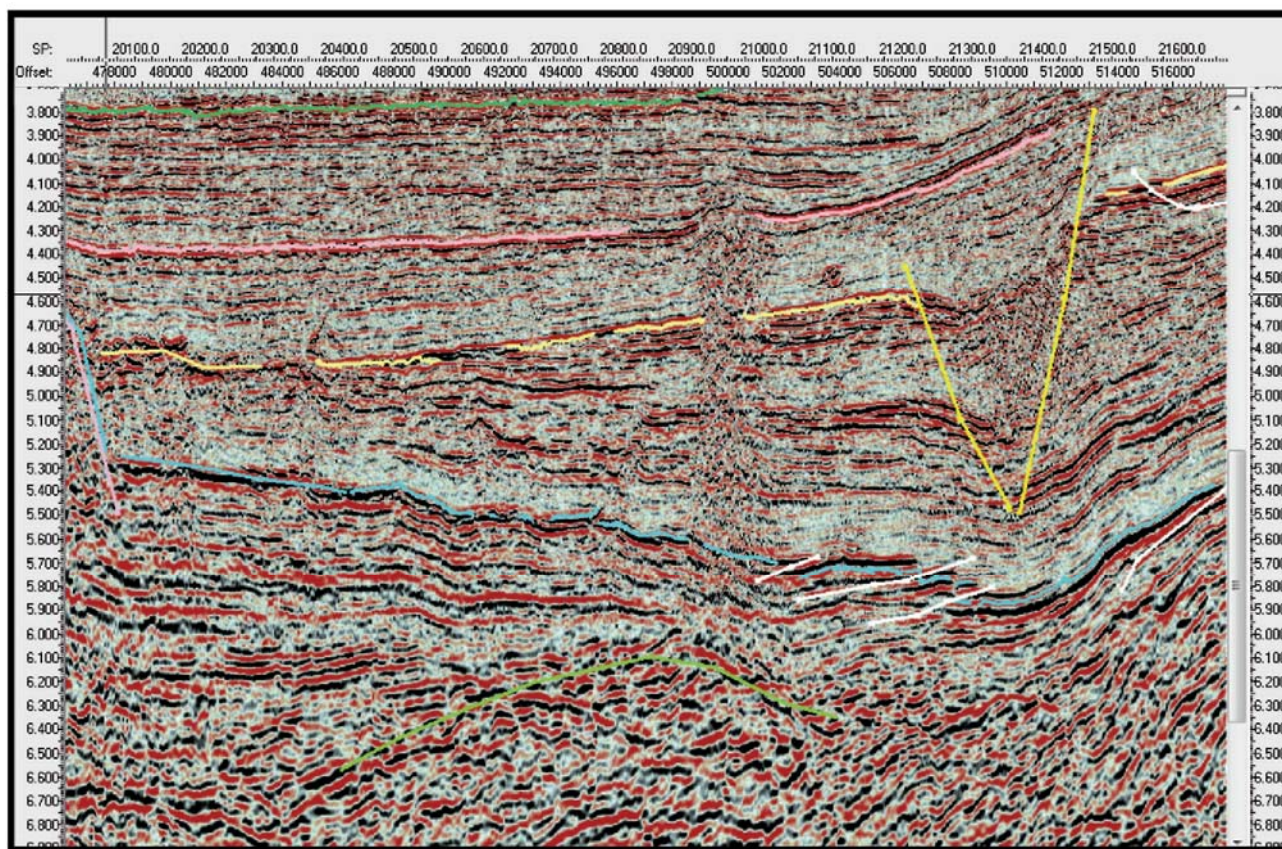


Рис. 6 Газовая трубообразная структура на широтном профиле области Kerala-Konkan. Основные горизонты: внутритретичный отражающий (темнозеленый цвет), базисный третичный (бирюзовый цвет), синрифтовая кровля (светлозеленый цвет).

В добавлении к потенциалу углеводородов мезозойского происхождения, лежащая в основании третичная система является общепризнанным горизонтом источника для углеводородной провинции Bombay High и, вероятно, доказывает удовлетворяющий требованиям источник, достаточно погребенный на западном морском Индийском континентальном шельфе. К северу от исследуемого района, в депрессии Saurashtra, моделирование показывает, что вершина пика нефтяного интервала имеет место на глубине около 3900 м с вершиной основной газовой фазы на глубине 5500 м. Однако, качество органического вещества в преимущественно плотных отложениях от олигоцена до миоцена документировано недостаточно хорошо, и эффективность удаления не известна.

Свыше 3000 м палеоцен-эоценовых осадков присутствует в примыкающей депрессии Surat. Глинистые сланцы, уголь и прерывистые пески характеризуют разрез, как созданный в условиях ограниченного морского режима. В этом бассейне зарегистрировано высокое органическое содержание до 11%. Подобные условия могут существовать вдоль Шельфовой провинции Горстов и Грабенов и в бассейне Lakshadweep.

В северной части района исследования существует мощная третичная последовательность, которая сильно нарушена и имеет внешний вид аккреционного клина, который испытал значительное сжатие. Этот участок имеет потенциал для многочисленных нарушенных углеводородных ловушек, явившихся источниками по базальному третичному разрезу.

Месторождения, обнаруженные по переобработанному массиву данных

Данные получены в 2002 году с 6000 м кабелем и пневмопушкой 4200 куб. дюймов и обработаны первоначально по DMO, демультимплицированные, суммированные, с миграцией после суммирования Kirchhoff. Сейсмические данные 2002 г. с полевой магнитной ленты были переобработаны по последовательности современной обработки, включающей Radon, досуммированную временную миграцию (PSTM) и досуммированную глубинную миграцию (PSDM), и показывают разительное улучшение качества данных, как проиллюстрировано на рис. 7a и 7b. Результаты выполненной глубинной миграции (и визуальное изображение данных по глубине) приведены на рис. 8a и 8b.

Переобработанные данные показывают, как мы и предполагали, складчатый и нарушенный мезозойский (юрско-меловой?) комплекс под третичными базальтами (Деканский трапповый вулканизм). Интересно сопоставить замкнутую структуру по кровле базальтов на глубинном разрезе (рис. 8b) с таковой на временном разрезе (рис. 8a). Также отметим, что постбазальтовые отражения вблизи глубины 3200 м в восточной части этого профиля теперь близки по глубине (по крайней мере, при наблюдении вдоль линии профиля), в то время как по времени они погружаются в направлении на восток. В этом примере эти рассогласования относятся за счет различия скорости с востока на запад, обусловленного изменением глубин воды и мощности покрывающего пласта.

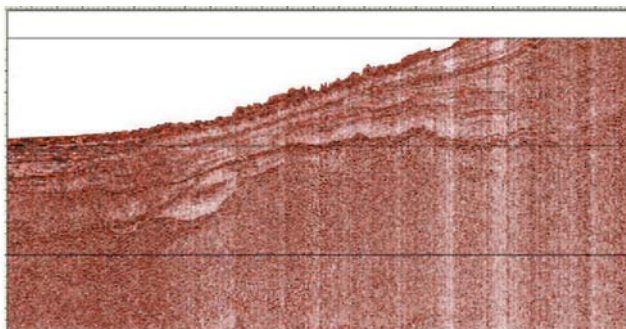


Рис. 7а Первичная обработка (PSTM) на широтном профиле по северной части исследуемой области (замечание: мелководная часть разреза отсутствует segy по этой версии – временные линии являются поэтому некорректными). Запад в левой части разреза.

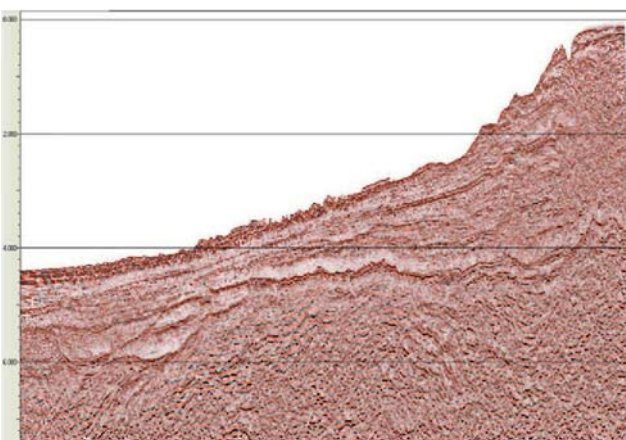


Рис. 7б Переобработка (PSTM) того же профиля, что и на рис. 7а. Отметим, что мы теперь видим хороший мезозойский разрез под базальтами (который лежит на глубине 4.2 сек в центре этого профиля).

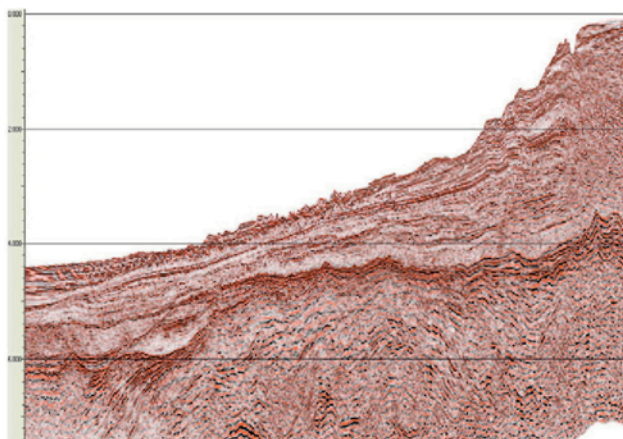


Рис. 8а PSDM, отображенная по времени. Это может быть сопоставлено с версией PSTM на рис. 7б.

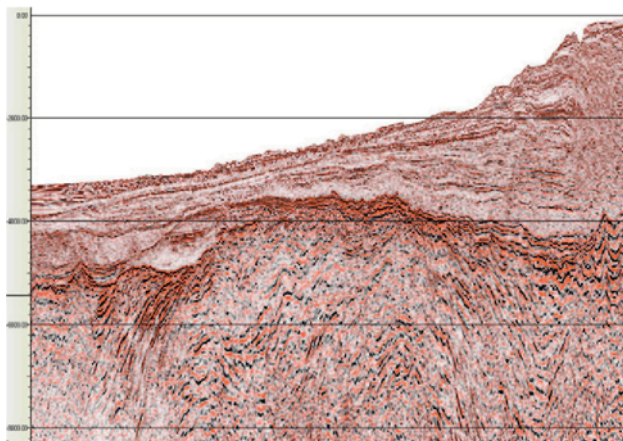


Рис. 8б PSDM, отображенная по глубине. Здесь «временные» линии существуют на глубине и показаны через каждые 2000 м. Можно видеть, что в центре профиля верхний слой базальтов залегает приблизительно на глубине 3600 м от поверхности моря (здесь мы находимся на глубине 2400 м) и что имеет мощность около 400 м. Предполагается, что структура линзовидной формы к западу, является частью вулканического потока, пока ступенчато погружающиеся отражения под потоком могут считаться также вулканического происхождения (погружение в сторону моря рефлексоров или SDRs).

Установленные и прогнозные месторождения включают следующие:

До-рифтовые: Нарушенные блоки (горст/грабен); разломы, связанные с траппами; опрокинутые грабены и другие антиформы

Син-рифтовые: Речные каналы конусов выноса дельт карбонатной платформы

Пост-рифтовые: Нефтегазоносные комплексы пород в структурах выклинивания/клиноформах. Несогласное перекрытие и согласное перекрытие палеовозвышенностей. Турбидитовые конусы выноса карбонатных рифовых построек;

например, нефтегазоносные комплексы, представляющие пассивное проседание (начиная с начала палеоцена) и развитие обширного морского бассейна с генерализованным стратиграфическим согласованием мощных карбонатных масс (от эоцена до миоцена), прослоенных между последовательностями преимущественно обломочных пород

(Campanile et al., 2008); многократно повторяющаяся цикличность в осадконакоплении, обеспечивающая герметическое покрытие обширного резервуара (R.P Singh et al., 1999).

Примеры некоторых нефтегазоносных комплексов приведены на следующих рисунках:

Geodirk обоснование

- Усредненная точность разведочного картирования геологии и петрофизики по сейсмическим +/- скважинным данным составляет <70%.
- GeoDirk является новым способом обработки сейсмических AI (автоматически идентифицированных?) изменений и Vint в %, сначала в геологической модели (а) литофаций+(b) нормального изменения захоронения+(с) аномального изменения захоронения, затем в петрофизической модели (кросс-плот пористости-проницаемости, характер герметической крышки и резервуара).

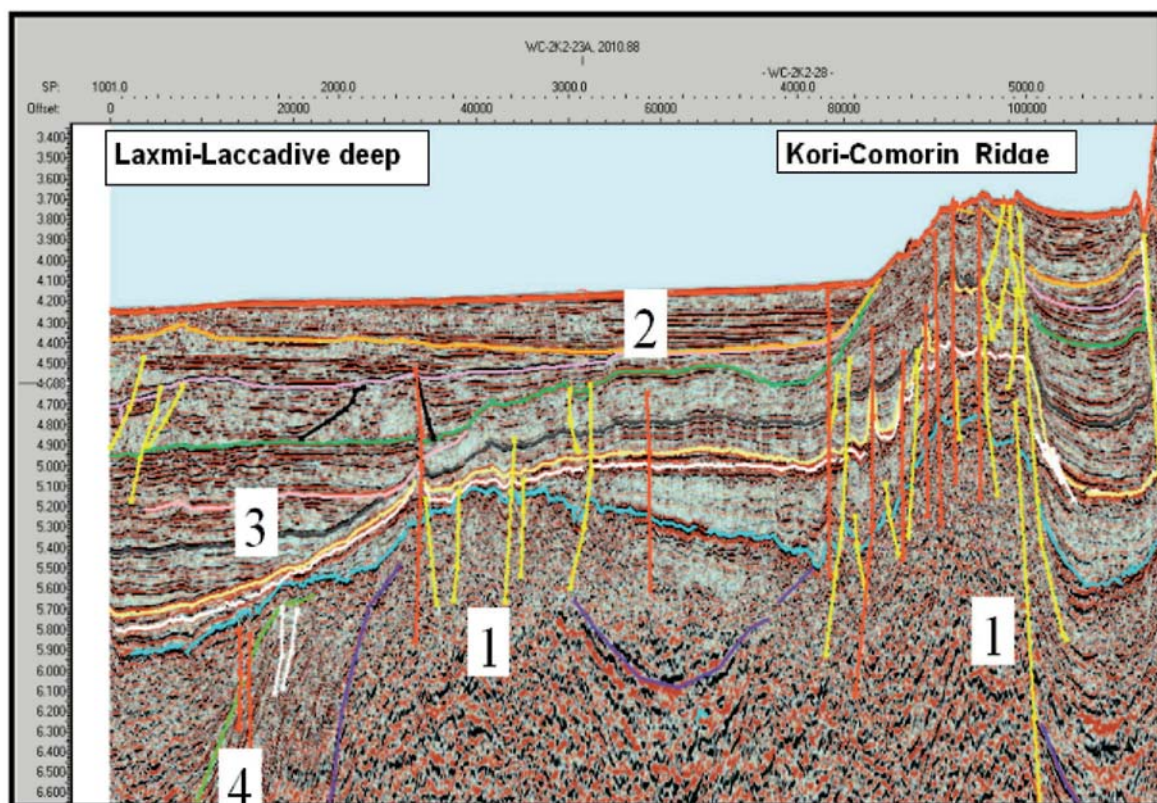


Рис. 9 Нефтегазоносные комплексы пород на широтном профиле в глубоководной прибрежной области Mumbai: 1) структурные поднятия, 2) карбонатные постройки, 3) третичные ловушки выклинивания и несогласного залегания, и 4) дотретичный структурно-стратиграфический нефтегазоносный комплекс пород. Основные горизонты (рис. 9-12) – внутри третичный отражающий (темнозеленый цвет), главные ловушки в северной области (светложелтый цвет), третичное основание (бирюзовый цвет), син-рифтовая поверхность (светлозеленый цвет), сейсмический фундамент (розовато-лиловый цвет).

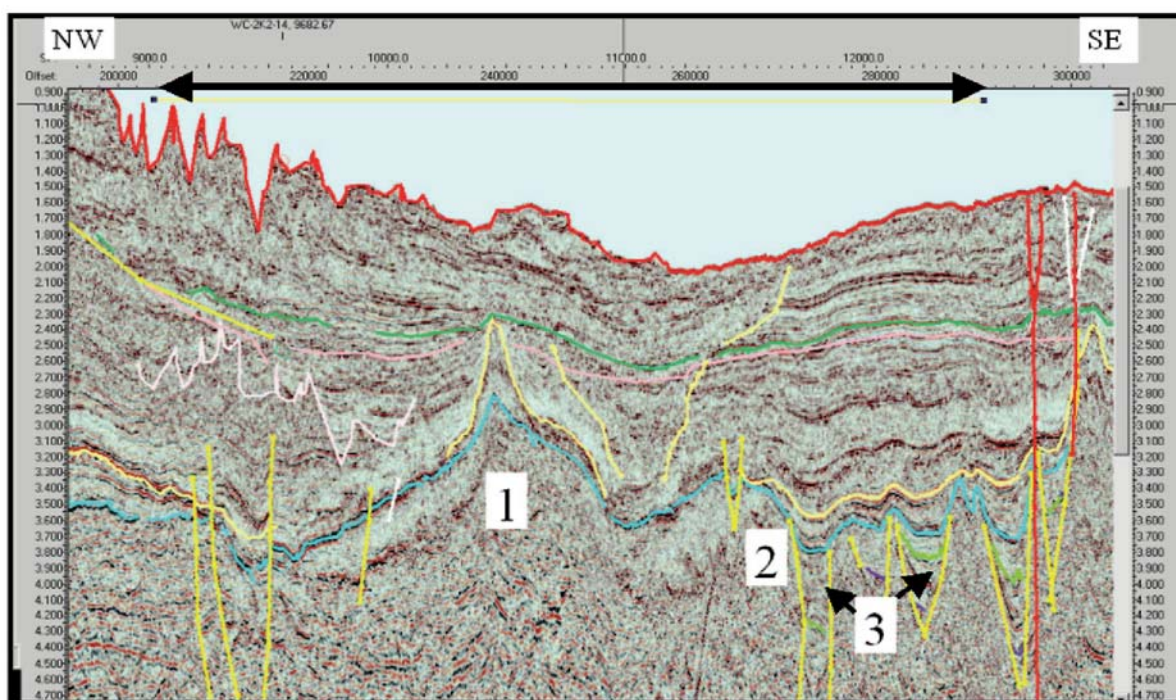


Рис. 10 Нефтегазоносные комплексы пород на сз-юв профиле в глубоководной части морской области Mumbai. 1) структурные поднятия, 2) третичные стратиграфические ловушки, включающие ловушки несогласного залегания и задрапированные, 3) дотретичные грабены с потенциальным стратиграфическим улавливанием.

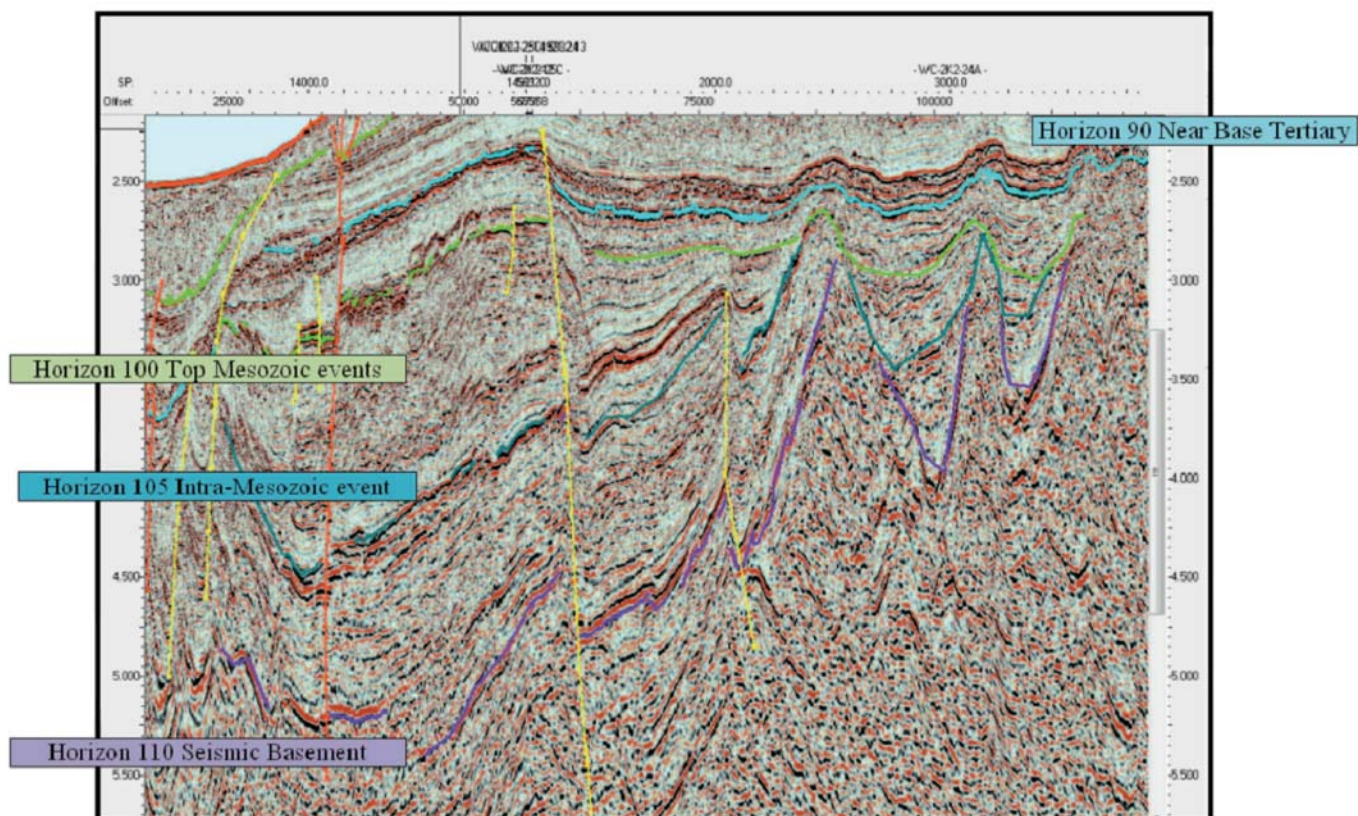


Рис. 11 Дотретичное развитие (горизонты 100, 105, 110) в глубоководной части морской области Мумбаи. Потенциальные стратиграфические и структурные ловушки.

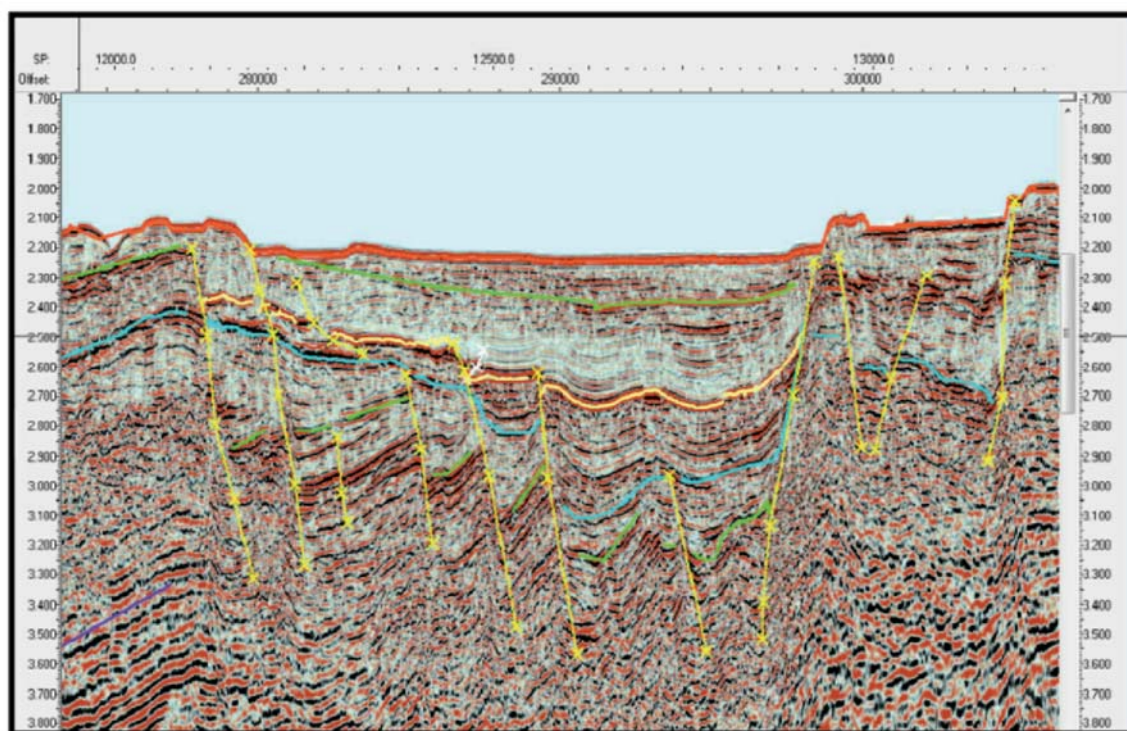


Рис. 12 Дотретичные стратиграфические и структурные ловушки в области Kerala-Konkan под горизонтом бирюзового цвета (базисный третичный).

Геология нефти

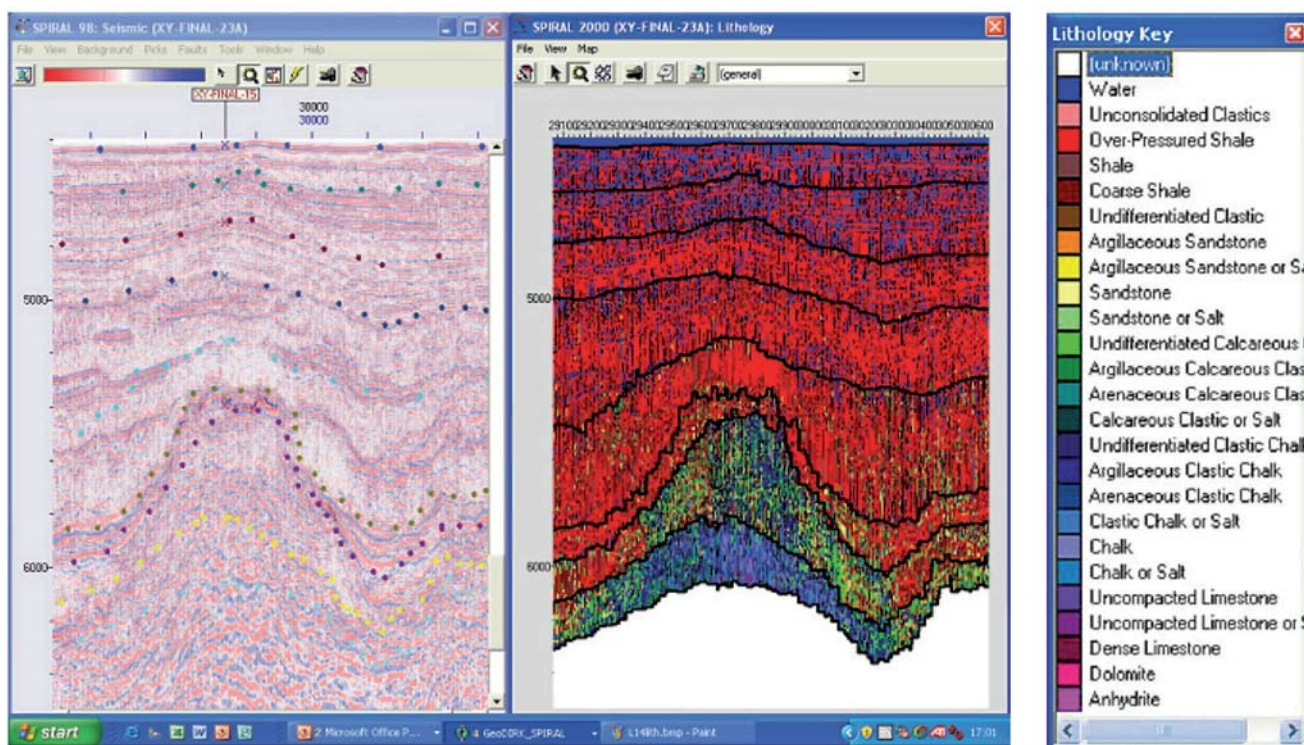


Рис. 13а Анализ антиклинальной структуры карбонатного или вулканического происхождения, использующий программный комплекс Geodirk (экспертная система, предназначенная для выделения литологии, пористости и проницаемости по сейсмическим данным), показывает, что структура сооружена известковым материалом, например, карбонатный риф и потенциальный нефтегазоносный комплекс пород. Это в дальнейшем подтверждено на рис. 13б.

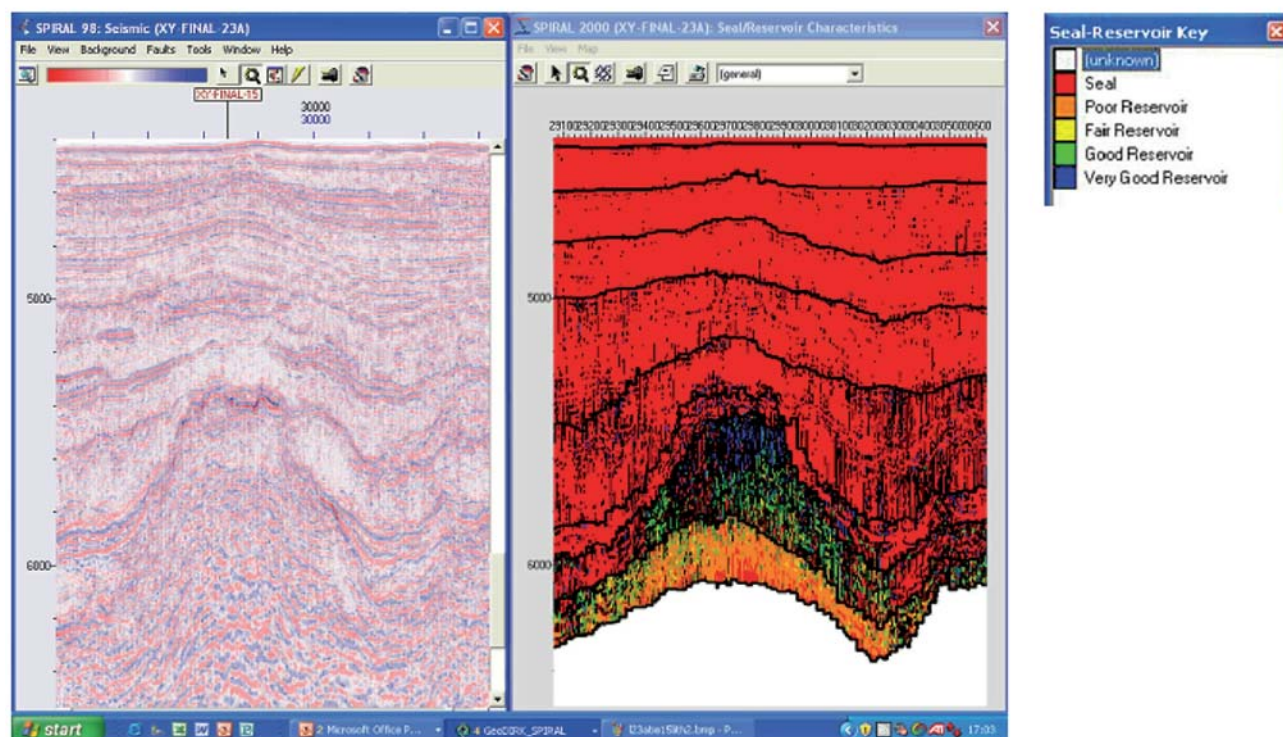


Рис. 13б Здесь мы видим характеристики пористости и проницаемости структуры. Результат Geodirk показывает хороший до очень хорошего, коллектор зеленым и голубым цветом; и покрышку красным цветом – подтверждая, таким образом, что эта структура потенциально может удерживать углеводороды.

Геология нефти

- (с) должно быть в количественном виде, где 100% основных свойств, с вычетом (с), равного (а)+(b).
- (а) и (b), таким образом, становятся поддающимися количественному определению по отношению к степени осреднения >94%, если (с) известно в диапазоне глубин, где существует соответствующая пористость в карбонатах и обломочных породах, и где захоронение является достаточным, чтобы позволить глинистым сланцам герметизировать нефтяную часть залежи. Это предполагает, что Vint точный или может быть сделан таковым с пониманием геологии (а, b, с).
- Поэтому определение (с) является важным в науках о земле, поскольку оно долгое время был самой неопределенной частью G&G «уравнения».
- Там, где обрабатываются важные сейсмические характеристики, чтобы выявить геологию (а, b, с), они также могут быть обработаны, чтобы обнаружить пористость-проницаемость.

Выводы

Рифтовая нарушенная окраина западного побережья Индии создала множество потенциальных ловушек и типов углеводородных нефтегазоносных комплексов пород. Ловушки опрокинутых нарушенных блоков в самых глубоких грабенах могут иметь мезозойский источник и резервуарный потенциал. Несогласно залегающие ловушки, стратиграфические ловушки и несогласное залегание на локальных поднятиях, с соответствующими перекрытиями в мезозойских и третичных разрезах являются потенциальными объектами, обнаруженными по сейсмическим данным. Применение современных методик обработки позволило геологам обнаружить глубокий мезозойский нефтегазоносный комплекс пород в морской зоне на западном побережье Индии. С новым современным приобретением данных (например, медленное смещение) в дальнейшем может быть возможно усовершенствовать визуализацию и выявить и изобразить затем нефтегазоносные комплексы пород, которые проиллюстрированы по этой региональной съемке.

Благодарности

Эта статья является версией статьи, имеющей название «Нефтяной потенциал глубоководной морской зоны западного побережья Индии по заново переработанным двумерным сейсмическим данным», подготовленной авторами для конференции AAPG/APG Geo в Индии, 17-19 сентября 2008 г., в Greater Noida, Индия.

Содержание базируется на геологических и геофизических работах, выполненных Ken Rutherford и Colin O'Brien на 12000 км сейсмическим данным 2002 г., устаревшим сейсмическим данным DGH, переработанным Spectrum (ранее GGS-Spectrum) совместно с DGH, Индия. Мы признательны DGH за разрешение на публикацию данной информации. Благодарим также коллег и администрацию DGH Индии, New Delhi, Индия; специалистов по обработке по Spectrum, Woking, UK; Birla Technical Services, New Delhi, India; Ken Armitage of GeoDirk за тестовые примеры GeoDirk и предшествующих исследователей и авторов по этому региону.

Литература

- Bastia, R. [2006] An overview of Indian sedimentary basins with special focus on emerging east coast deepwater frontiers. *The Leading Edge*, 25(7), 818-829. Belopolsky, A. and Droxler, A. [2003] Imaging Tertiary carbonate system — The Maldives, Indian Ocean: insights into carbonate sequence interpretation. *The Leading Edge*, 22(7), 646-652. Biswas, S.K. [1982] Rift Basins in Western Margin of India and their Hydrocarbon Prospects with Special Reference to Kutch Basin. *AAPG Bulletin*, 66(10), 1513. Biswas S.K. & Thomas J., 1992 — The Deccan Traps and Indian Ocean Volcanism, Proceedings of the Indian Ocean - First Regional Seminar on Petroleum Exploration, Seychelles, 1990. Campanile, C. Nambiar, P., Bishop, M., Widdowson, M. and Brown, R. [2008] Sedimentation record in the Konkan-Kerala Basin: Implications for the evolution of the Western Ghats and the Western Indian Passive Margin. *Basin Research*, 20, 3-22. Girling, C.M. [1992] Hydrocarbon Habitat of the Seychelles Microcontinent related to Plate Tectonics and Paleogeography. *First Regional Seminar on Petroleum Exploration*, Seychelles, 1990. Jenkins, S.I. [1992] Mesozoic to Recent Sedimentary Facies Development of the Seychelles Marginal Basin. *First Regional Seminar on Petroleum Exploration*, Seychelles, 1990. Machette-Downes, C. [2007] *The Seychelles Petroleum System*. East Africa Exploration brochure. Naqvi, S.M. [2005] *Geology and Evolution of the Indian Plate (from Hadean to Holocene — 4Ga to 4Ka)*. Capital Publishing Company. Savostin L.A. and Korusov, I.N. (Eds) [2002] *Mumbai Deep Offshore Region and Konkan Kerala Deep Offshore Region*. Reports by LARGE (Laboratory of Regional Geodynamics) for the DGH. Singh, D. et al. [1997] Source Rock Characteristics and Hydrocarbon Generating Potential of Mesozoic Sediments in Lodhika Area, Saurashtra Basin, Gujarat, India. *Proceedings of Petrotech 97 Second International. Petroleum Conference & Exhibition*. Singh, R.P., Rawat, S. and Chandra, K. [1999] Hydrocarbon potential in Indian deep waters. *Exploration Geophysics*, 30, 83-95. Walton, E.K. and Khanna, M. [1992] The Karroo Succession, Western Shelf, Seychelles - Proceedings of the Indian Ocean. *First Regional Seminar on Petroleum Exploration*, Seychelles, 1990.