

**ВЛИЯНИЕ РАЗЛОМОВ НА ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
ЗАЛЕЖЕЙ И ПРОДУКТИВНОСТЬ КОЛЛЕКТОРОВ
ПРОРВИНСКОЙ ГРУППЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ПРИКАСПИЙСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО БАСЕЙНА**

Алиакбар Мадияр Манарбекулы,

докторант кафедры «Геофизики»

Satbayev University, РК, г.Алматы

Калмыков Георгий Александрович,

доктор технических наук,

профессор кафедры «Геологии и геохимии горючих ископаемых»

Геологического факультета

МГУ им.М.В.Ломоносова, РФ

Истекова Сара Аманжоловна,

доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры «Геофизики»

Satbayev University, РК, г.Алматы

Основные выводы о структурно-тектоническом строении Прорвинской группы месторождений Прикаспийского нефтегазоносного бассейна базируются на данных 2D и 3D сейсморазведки, выполненные в разные годы. Переинтерпретация 2D сейсмических данных позволила проследить структуроформирующие тектонические нарушения, наличие которых прогнозировалось ранее на стадии поисково-разведочных работ. Результаты обработки данных трехмерной сейсморазведки значительно детализирует геологическое строение слагающих разрез комплексов и продуктивных горизонтов, а интерпретация по вариативно-когерентным данным выявила дополнительные разломы с существенным сбросом и серию опережающих малоамплитудных нарушений более высокого порядка.

Ключевые слова: *месторождения, нефть, сейсморазведка, разрывные нарушения Прикаспийский нефтегазоносный бассейн.*

Важнейшим вопросом, имеющим теоретическое и прикладное значение нефтегазовой геологии, был и остается вопрос о роли разрывных нарушений в процессах формирования нефтегазовых залежей и месторождений. Этот вопрос не теряет актуальности, так как его решение оказывает влияние на поисковые, разведочные и эксплуатационные работы на месторождениях

углеводородов. Разломная тектоника это важный фактор пространственного перераспределения углеводородов в земной коре. С одной стороны, разломы обычно препятствуют латеральной фильтрации нефти и газа. С другой, они в период формирования нефтяных и газовых залежей служили путями миграции углеводородов. Накопленный за последние годы фактический геологический материал по различным нефтегазоносным районам, с высокой степенью достоверности, показывает влияние тектонических нарушений на процессы формирования неструктурных ловушек, создания условий, обеспечивающие стратиграфическое и литологическое выклинивание нефтегазоносных горизонтов, экранирование нефтегазовых залежей и др. Важная особенность разломов, благоприятная обстановка формирования зон нефтегазонакопления непосредственно в самих залежах. Очень часто антиклинальные пластовые, неструктурные залежи и месторождения локализуются либо непосредственно по соседству с разломами, либо в относительной близости к ним. [1,2].

Наличие и положение разломов важно не только для формирования залежей, но и для разработки месторождений углеводородов. Разломы могут являться тектоническими экранами и оказывать решающее влияние на потоки, как извлекаемой нефти, так и закачиваемой воды. Влияют они и на распределение давления в залежи. Раздробленность месторождения тектоническими нарушениями создает барьеры для течения флюидов. Зоны вторичной трещиноватости вблизи разломов создают резкую неоднородность фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС), в которых существенное влияние на распределение флюидов оказывают капиллярные эффекты [3,4].

При разработке залежи нефти в режиме истощения существует влияние проводимости тектонического нарушения на показатели разработки. Разлом может быть изолирующим или капиллярным барьером. В обоих случаях нарушение выделяется как по наличию амплитудного смещения, так и по различию отметок водонефтяного контакта в примыкающих к разлому частях залежи. Гидродинамическое моделирование гипотетической залежи углеводородов, показал, что ошибочные оценки проводимости разрывного нарушения могут приводить к неправильному выбору системы разработки и очередности ввода скважин, что существенно сказывается на технологических показателях и выработке запасов [5].

Роль разломов в определении геолого-тектонических условий освоения и разработки газонефтяных месторождений рассмотрены на примере Прорвинской группы месторождений в надсолевых отложениях Прикаспийского нефтегазоносного бассейна, расположенной на северо-восточном побережье Каспийского моря в Казахстане.

Прорвинская структура представляет собой единую пологую антиклиналь, расположенную на юго-западной периклинальной части Южно-Эм-

бинского поднятия, уходящего под уровень Каспийского моря. По длинной оси поднятия выделяются локальные структуры, к которым приурочены одноименные нефтяные месторождения: Прорва Морская, Западная Прорва, С.Нуржанов (Центрально – Восточная Прорва) и Актобе (рис.1).

Месторождение С. Нуржанов является одним из базовых месторождений, обеспечивающих на протяжении порядка 40 лет львиную долю добычи нефти из надсолевых отложений Прикаспийского нефтегазоносного бассейна. Оно объединяет две солянокупольные структуры Прорва Центральная и Прорва Восточная, связанные с глубокопогруженными соляными антиклиналями. Надсолевые отложения над одноименными куполами образуют единую валообразную ловушку, где в 60-х годах прошлого столетия было открыто месторождение Прорва Центральная-Восточная (ныне месторождение С.Нуржанов).

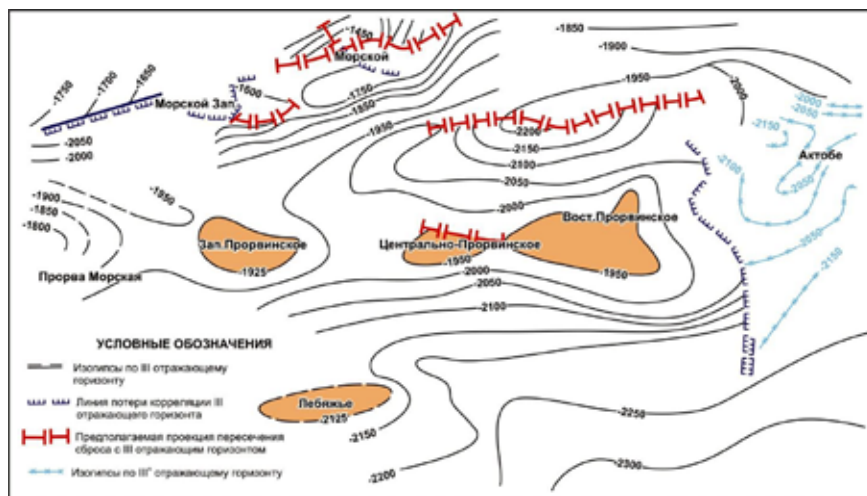


Рис.1. Тектоническая схема
(Попова Л.А, Коростышевский М.Н., 1986г).

Разведанные залежи нефти на площади месторождения С.Нуржанов связаны с юрскими и триасовыми отложениями. В результате детальной попластовой корреляции с привлечением данных опробования и интерпретации промыслово-геофизических исследований по результатам бурения скважин установлено 10 нефтегазовых продуктивных горизонтов. Литологически продуктивные пласты представлены чередованием песчаников, глинистых алевролитов и аргиллитов. Коллекторами являются тонко и мелкозернистые глинистые песчаники. Нефтяные залежи по типу природного резервуара пла-

стовые, сводовые, тектонически и литологически экранированные. Границами нефтеносности для всех горизонтов являются контурные воды и тектонические нарушения [6].

Планомерное изучение геологического строения месторождения С.Нуржанов началось относительно поздно, так как до недавнего времени эта территория находилась под водами Каспийского моря. Результаты структурных построений с учетом имеющейся информации по двум сейсмическим линиям прошлых лет показали возможную перспективность Северо-Восточного и Северо-Западного крыльев структуры Прорва Центральная, отделенных от нефтеносного Южного крыла грабеном субширотного простирания, и практически не изученных предшествующими исследованиями (рис. 2).

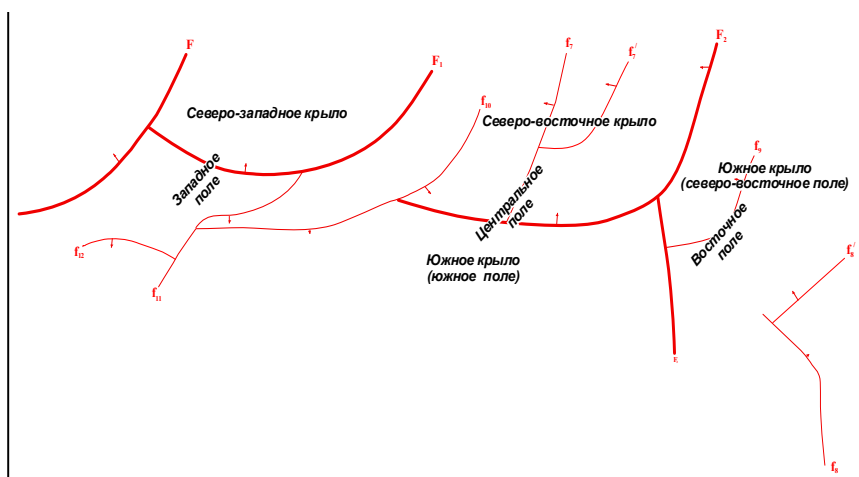


Рис. 2. Схема разломов. Тектонические нарушения по среднеюрским и триасовым отложениям, скорректированные по данным бурения

Основные выводы о геологическом строении Прорвинской структуры базируются на данных сейсморазведки 3D и 2D, выполненными в разные годы компанией АО «Казахстанкаспийшельф». Сейсмические исследования 3D охватили только Южное крыло структуры, что было связано с неблагоприятными поверхностными условиями (подтопление северной части площади). Поэтому с целью детального изучения геологического строения выявленного грабена и северного участка структуры Центральной Прорвы АО «Казахстанкаспийшельф» была проведена 2D сейсморазведка. Целевой задачей этих работ было картирование северного продолжения предполагаемой вершины структуры Прорва Центральная; расширения площади продуктивности нефтеносных горизонтов по триасовым и юрским отложениям; прослеживание

надсолевых отражающих горизонтов III, V, VI; прослеживание структуроформирующих тектонических нарушений в пределах затопляемой нагонными водами северной части месторождения; изучение особенностей геологического строения продуктивных горизонтов по сейсмогеологическим реперам в комплексе с данными ГИС. В ходе интерпретации были привлечены каротажные и промысловые данные, в результате чего было уточнено геологическое строение месторождения по основным продуктивным горизонтам, прослежены малоамплитудные нарушения и уточнен контур нефтеносности.

В результате разработки скоростной модели района выделены следующие сеймостратиграфические комплексы надсолевых отложений: горизонт III (кровля валанжинских отложений); горизонт Ю-II (кровля продуктивного горизонта Ю-II); горизонт IV (подошва среднеюрских отложений); горизонт V (подошва нижнеюрских отложений); горизонт Ю-V (кровля продуктивного среднеюрского горизонта); горизонт Т-IV (кровля и подошва триасового продуктивного горизонта); горизонт VI (кровля соли) (рис. 3).

Сегодня существует три варианта структурных карт по основным продуктивным горизонтам месторождения С.Нуржанов. Первый вариант структурной карты 1986 года с одним центральным сбросом (f), который разделяет структуру на два крыла - южное и северное с двумя полями западное и восточное.

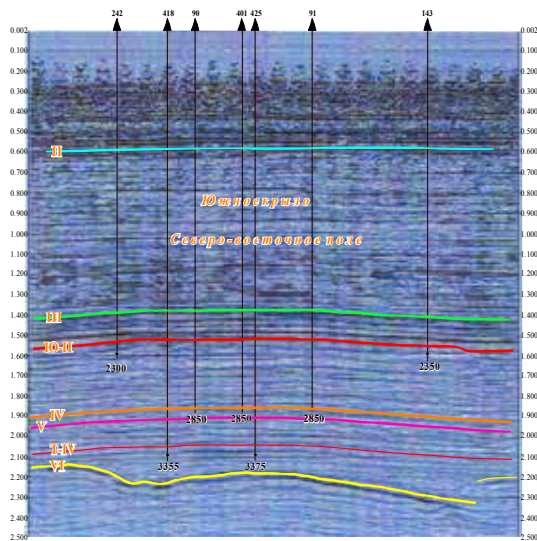


Рис.3 С. Нуржанов. Глубинное геологическое строение северо-восточного поля Южного крыла структуры.

На востоке намечались малоамплитудные два нарушения (f_2 и f_3) и сброс f_4 между двумя полями северного крыла. В варианте 2001 г. структурная карта по тому же горизонту Ю-II, представлена без нарушений на восточной части месторождения. На Западе структура разбита на четыре блока разломами f^I , f^{II} и f^{III} . В 2003 г. появляется уже третий и четвертый варианты структурной карты по той же поверхности – кровля Ю-II - по результатам интерпретации сейсмических материалов 3Д. Согласно этому варианту, транзитный разлом f^I , который протягивался от месторождения Прорва Западная через С.Нуржанов разделен на два разлома. Один проходит через свод Центрально-Восточного поднятия, а другой, самостоятельный разлом, на Западном поднятии, который ограничен на северо-западе еще одним разломом северо-восточного простирания. Основной разлом, проходящий через свод Западного поднятия, сопровождается оперяющими малоамплитудными сбросами (см.рис 2).

Позднее, в результате проведенных 2Д сейсмических исследований детально изучено строение Северо-западного крыла структуры С. Нуржанов, установлен характер структурно-тектонических связей с Южным продуктивным крылом структуры, изученного предыдущими 3Д исследованиями. Выполненные сейсмические работы позволили получить цельную структурно-тектоническую модель на участке месторождения С. Нуржанов, необходимую для более полного изучения особенностей строения выявленных здесь залежей.

Структура С.Нуржанов относится к типу солянокупольных с глубоким залеганием соляного ядра, с двумя хорошо выраженными сводами-куполами: Восточный и Западный. Восточный свод осложняется 2 вершинами – восточной и западной, с минимальными отметками залегания соли - 3240 метров и размерами 1400 x 1700м субмеридионального простирания. Западная вершина субширотного простирания более погружена (кровля соли залегает на глубине 3300м), слабо развита, ее размеры 250x800м. Восточному своду соответствует надсолевая структура Прорва Восточная. Западный свод, которому соответствует надсолевая структура Прорва Центральная, расположен несколько севернее площади 3Д съемки. Кунгурские отложения здесь вскрыты скважиной на отметке 3200 метров. Северный склон соляного свода-купола Прорва Восточная характеризуется наличием крутой ступени, которая дугообразно поворачивает на север (Рис. 4)

Именно эта ступень является основным сбросообразующим элементом, разделяя надсолевые отложения на этом участке на два крыла: приподнятое Южное и опущенное Северо-восточное. Наличие аналогичной ступени предполагается и для участка Центральной Прорвы. Отмечается сложный характер поведения отражающего горизонта VI в пределах всей площади. На отдельных участках поверхность соляного тела осложнена аномальными

вздутиями либо непротяженными малоамплитудными ступенями, в некоторых случаях наблюдаются ступени типа “взброс”, что может свидетельствовать о существовании сжимающих напряжений в процессе соляного тектогенеза. Основным структурообразующим элементом, дающим ключ к пониманию особенностей строения покрывающего мезозойского комплекса отложений, является участок сочленения двух дугообразных субпараллельных соляных структур, осложненных в своей сводовой части ступенями, которые, в свою очередь, являются основными сбросообразующими элементами для надсолевой структуры Прорва Центральная. В результате такого сочленения сформировалось трехлучевое строение мезозойской структуры и ее деление на приподнятое Южное крыло и опущенные Северо-западное и Северо-восточное крылья.

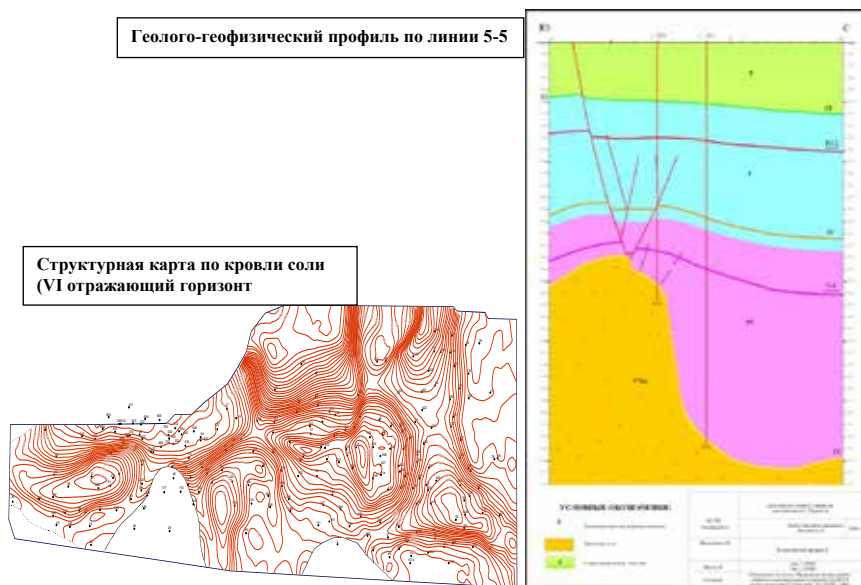


Рис.4 Структурные построения по кровле соли (VI отражающего горизонта)

Положение вышележащих надсолевых триасовых отложений характеризуют структурные построения по подошве продуктивного горизонта T-IV, отождествляемой со стратиграфической поверхностью внутри пестроцветного комплекса, залегающего без значительного углового несогласия по отношению к юрским отложениям. По поверхности горизонта T-IV, картируется обширная приподнятая зона с двумя антиклинальными поднятиями,

каждое из которых осложнено системой нарушений. Достоверность существования обширной приподнятой зоны южного крыла структуры, перспективной для наращивания нефтедобычи, однозначно устанавливается на основании волновых картин временных разрезов (рис. 5).

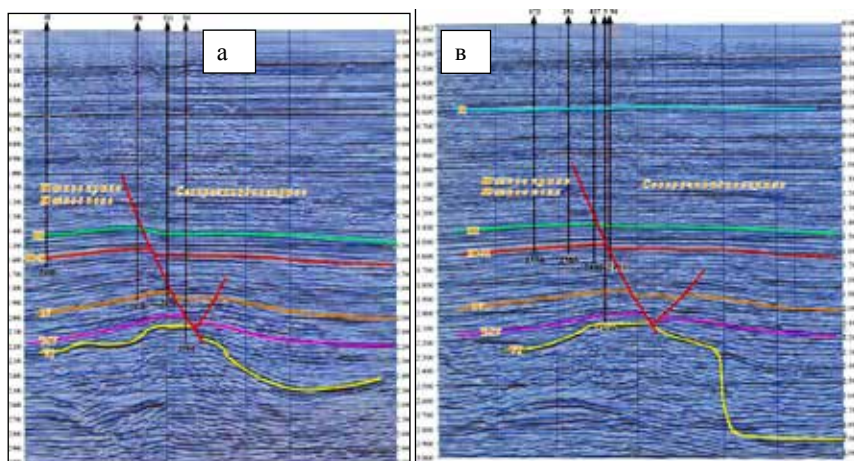


Рис.4. Временной разрез по составной линии скважин: а-04, в-06 (АО"Казахстанкаспийшельф" 2005г)

По данным сейсморазведки триасовые отложения северо-западного крыла структуры практически не изучены бурением. Построенная модель предполагает, что самая северная поисковая скважина вскрыла триасовый комплекс в условиях основного сброса, о чем свидетельствует резкое сокращение триасовых толщин. Северо-западное опущенное крыло структуры отделено от южного системой основного и подсекающего сброса с образованием узкого грабена. Амплитуда основного сброса (F_1) достигает максимальных отметок в районе южного свода, где составляет 100 и более метров. Амплитуда вспомогательного сброса (F_0) не превышает 30-40 м. Вогнутая конфигурация системы тектонических нарушений определяет благоприятные условия для образования высокочемкой ловушки в пределах этого крыла структуры. Высота ловушки составляет 160м (рис.6).

Антиклинальное поднятие Прорва Восточная сбросом дугообразной формы (F_2) делится на два крыла - приподнятое Южное и опущенное Северное. Южное крыло сбросом субмеридионального простирания (F_3) в свою очередь делится на два поля - приподнятое южное и опущенное северо-восточное. Сброс F_3 , осложняющий строение этого крыла, выявлен впервые. Интересным фактом является существование в пределах Восточного под-

нения сопутствующих основным сбросам малоамплитудные нарушения, практически повторяющие в плане положения основных сбросов, которые не нашли отражения при построении структурных карт по данным бурения ввиду своей малоамплитудности.

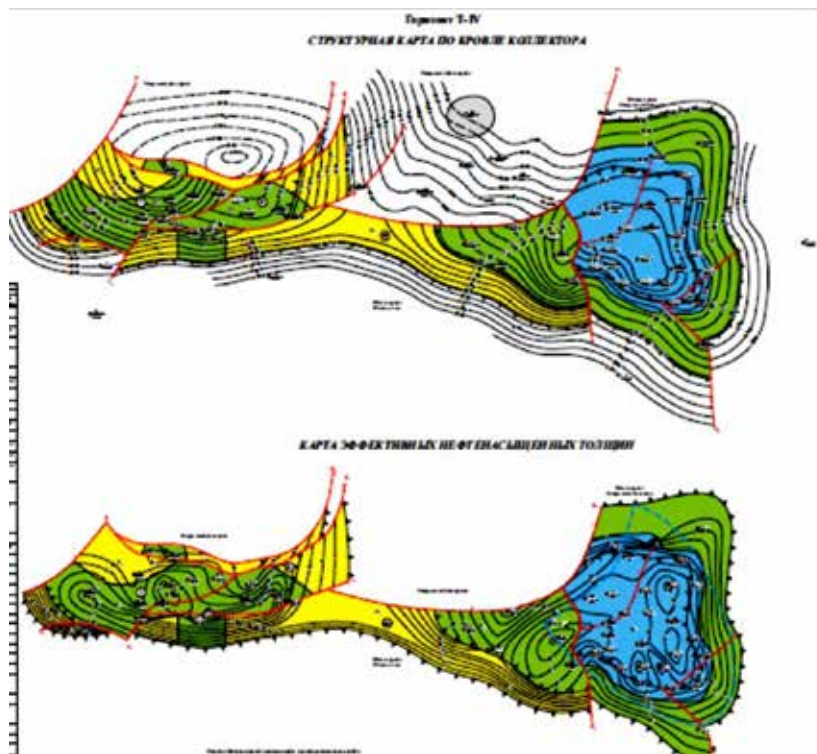


Рис. 5 Структурная карта по кровле коллектора. Карта эффективных нефтенасыщенных толщин. Горизонт Т-IV (ТОО НИИ «Каспиймунгаз» 2008 г.)

Опущенное Северо-восточное крыло Прорвы Восточной представляет собой моноκиналь, образующую в пределах внутреннего угла основного сброса незначительную по размерам ловушку, ограниченную поверхностью разлома. Основной сброс F_2 , делящий структуру Прорва Восточная на два крыла, имеет в плане форму тупого угла и набирает максимальную амплитуду порядка 140 метров в центральной части купола. В северном направлении он уменьшает свою амплитуду до 30 метров и, вероятно, затухает за рамками площади работ. В западном направлении наблюдается аналогичная карти-

на. Здесь амплитуда сброса постепенно уменьшается до 0 метров на участке сочленения Прорвы Восточной и Прорвы Центральной.

Структурные планы вышележащих отражающих горизонтов V и IV ввиду их субпараллельного залегания и малой толщины нижнеюрских отложений аналогичны и характеризуют структурный план основного продуктивного среднеюрского горизонта Ю-V. По отражающему горизонту IV, отождествляемому с подошвой среднеюрских отложений, выделяются те же структурные элементы, что и для горизонта Т-IV. Своды положительных структур мигрируют в южном и юго-восточном направлении, следуя за положением плоскости основных сбросов, и приобретают более плоскую форму. На Центральной Прорве на уровне отражающего горизонта IV среднеюрские отложения образуют структуру примыкания к сбросу, минимальная отметка подошвы средней юры - 2776 метров. На рис.6. приведена модель разломов для триасовых и среднеюрских отложений. В грабеновой зоне, разделяющей южное и северо-западное крылья структуры, на волновых картинах отмечается присутствие многочисленных малоамплитудных разрывных нарушений.

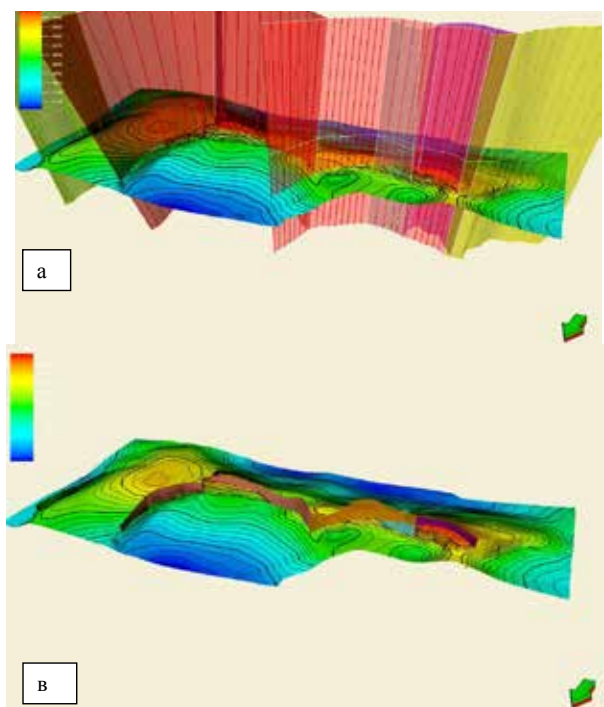


**Рис.6. Модель разломов для триасовых и среднеюрских отложений:
а-в разрез, в- в плане**

Структурный план по кровле продуктивного горизонта Ю-II характеризует условия залегания верхнеюрских отложений. На данном стратиграфическом уровне происходит полное затухание подсекающего сброса со стороны северо-западного крыла структуры, в результате чего участок грабена выражен слабоопущенной зоной. Для данного горизонта удалось также выполнить структурные построения в узкой полосе к северу от основного сброса, где зафиксирован ряд малоамплитудных разрывных нарушений (Рис. 7). На участке Прорва Центральная изменяется положение основного полусвода структуры, который смещается в западном направлении, локализуясь оконтуривающей изогипсой с минимальной отметкой -2200 метров. На рис.8 приведена модель разломов для верхнеюрских отложений.

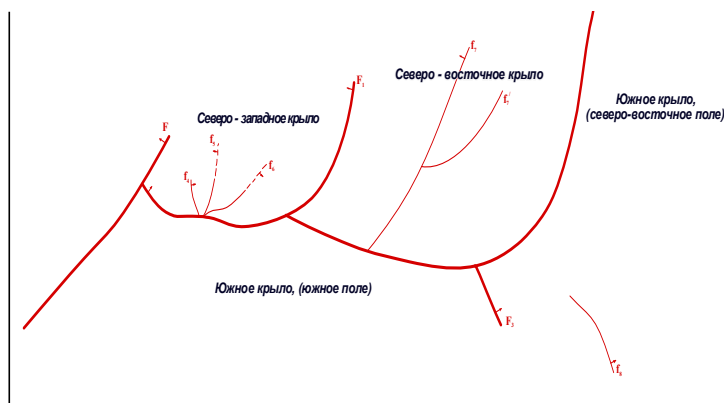
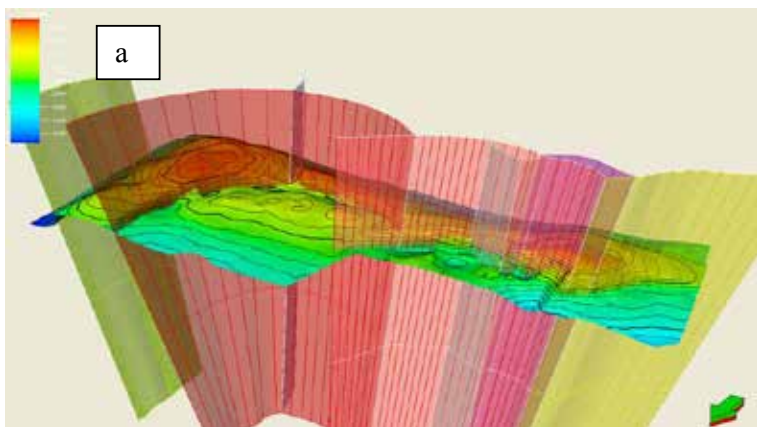


Рис.7. Схема разломов. Тектонические нарушения по верхнеюрским отложениям, скорректированные по данным бурения



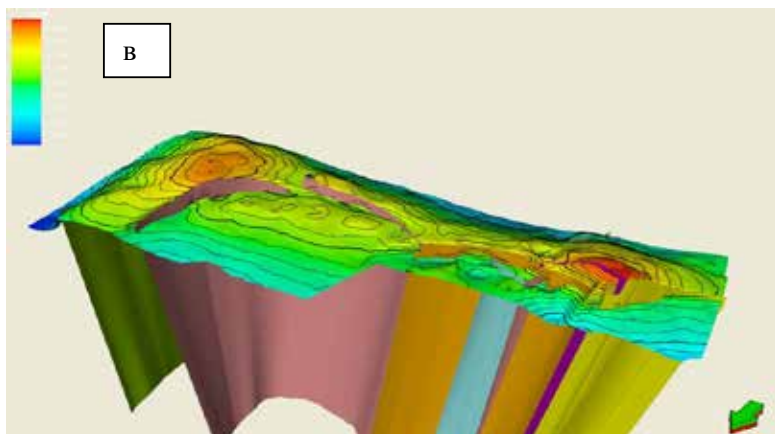


**Рис. 8. Модель разломов для верхнеюрских отложений:
а-в разрезе, в – в плане**

Особенностью структурного плана по III отражающему горизонту является его дальнейшее нивелирование по сравнению с нижележащими горизонтами, характеризующее постепенное погребение юрско-триасовой структуры. На участке Центральной Прорвы становится более ярко выраженным свод изометричной формы, оконтуренный изогипсой с отметкой - 1900 метров. Положение основного сброса на уровне III отражающего горизонта практически на всем его протяжении уверенно контролируется сейсмическими 3Д данными.

В целом, Прорвинская структура, представляет собой слабо нарушенную структуру по мезо-кайнозойскому комплексу, связанную с проявлением соляного тектогенеза. Структура имеет несколько вершин по юрским и триасовым отложениям с единым водо-нефтяным контактом. По новым материалам сейсмических исследований 2Д и 3Д наблюдается более широкое развитие тектонических нарушений на уровне триаса, чем в юре.

Таким образом, переинтерпретация 2D сейсмических данных позволила выделить дополнительно серию малоамплитудных нарушений, наличие которых обосновывалось ранее по данным опробования на стадии поисково-разведочных работ. Существование этих нарушений по данным сейсморазведки, в основном, подтвердилось, хотя малые амплитуды обуславливают некоторую их условность. В результате обработки данных трехмерной сейсморазведки составлена высококачественная полнократная трехмерная сейсмограмма, которая значительно детализирует геологическое строение слагающих разрез отложений и продуктивных горизонтов, а интерпретация по вариативно-когерентным данным выявила разломы с существенным сбросом.

сом на территории с низкой кратностью наблюдений по трехмерной сейсморазведке. Построенная модель разломов поможет объяснить распределение углеводородов в юрских и триасовых отложениях на месторождениях Провинской группы.

Выполненные комплексные исследования (3Д, 2Д) позволили систематизировать все имеющиеся разрозненные данные о структурно-тектоническом строении слагающих разрез отложений месторождения С. Нуржанов и выстроить единую геологическую модель продуктивных горизонтов, принципиально отличающуюся от ранее использованных. Достоверность полученных результатов и выводов подтверждается имеющимся фактическим материалом результатов бурения и промысловыми данными скважин.

Список литературы

1. Разницын А.В. Тектонические разломы и их влияние на нефтегазоносность. Пермский национальный исследовательский политехнический университет. Научная электронная библиотека eLIBRARY.ru номер:1 год:2015 страницы:44-47
2. Kerimov K.M., Babayev A.H., Ganbarov Y.H. – “Faulting system of the South-Caspian Azerbaijan sector”. “Geophysics news in Azerbaijan”, 2004, № 2, p. 5-7.
3. Космачева М.С. Индрунский И.М. Особенности разработки месторождений, осложненных тектоническими нарушениями. ИПНГ РАН, Москва..Ноябрь 2017
4. Салимов Ф.С., Котенёв Ю.А., Султанов Ш.Х., Мухаметшин В.Ш. Особенности разработки залежей нефти, осложнённых тектоническими нарушениями // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2017. №4. С. 25-32.
5. Попова К.В., Додонова Л.С., Габнасыров А.В., Соловьев С.И. и др. Анализ позитивного и негативного влияния разрывных нарушений на сохранность залежей углеводородов на юго-востоке Пермского края // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2017. №4. С. 4-11.
6. Жолтаев Г.Ж., Сапарбекова Б.М., Битеуова С.А. «Геодинамические условия формирования месторождений нефти и газа в надсолевом комплексе на юге Прикаспийской синеклизы». Труды международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития геологического кластера». Алматы, КазНТУ, 2001, том 1, стр. 45-48.