

Опыт проведения сейсморазведочных работ в горных условиях южного Таджикистана

Огородников И.В., Рыбальченко В.В., ЗАО «Газпром зарубежнефтегаз»;
Ольшанский А.С., Кузьмин Е.Л., ОАО «Саратовнефтегеофизика», г. Саратов

В 2007 году, впервые за постсоветское время, на территории южного Таджикистана (в сложно построенной Афгано-Таджикской впадине) возобновлены геологоразведочные работы на нефть и газ. Работы проводятся согласно подписанному в 2006 году Соглашению «Об общих принципах проведения геологического изучения недр на нефтегазоперспективных площадях Республики Таджикистан» между ОАО «Газпром» и Правительством Республики Таджикистан. Оператором геологоразведочных работ на территории Республики Таджикистан выступает дочернее предприятие ОАО «Газпром» – ЗАО «Газпром зарубежнефтегаз». Первоочередные сейсморазведочные работы осуществляются подрядной организацией – ОАО «Саратовнефтегеофизика», имеющим более чем 30-ти летний опыт проведения геофизических исследований в горных и предгорных районах Средней Азии. Настоящие геологоразведочные работы направлены на поиски ловушек УВ как в глубокозалегающих подсолевых юрских отложениях, так и в мел-палеогеновом комплексе поднадвиговых (автохтонных и параавтохтонных) блоках.

О необходимости переориентировки нефтегазописковых работ на территориях межгорных впадин Средней Азии на поиск поднадвиговых ловушек специалисты ОАО «Саратовнефтегеофизика» заявили ещё в начале 80-х годов прошлого века и были поддержаны академиком Хаином В.Е., докторами Оруджевой Д.С., Кравченко К.Н., Обуховом А.Н.. К началу 90-х годов ловушки, связанные с поднадвиговыми (автохтонными и параавтохтонными) блоками, были выявлены и подготовлены к бурению как в пределах Афгано-Таджикской впадины, так и на территориях соседних межгорных депрессий – Алайской и Ферганской. Последующее бурение на северном и южном бортах Ферганской впадины подтвердило наличие крупных надвигов с горизонтальным перекрытием до 3 и более км, что подтвердило геологическую модель предложенную ОАО «Саратовнефтегеофизика». На ряде площадей из автохтонных блоков были получены непромышленные притоки нефти.

В геологическом разрезе Афгано-Таджикской эпиплатформенной межгорной впадины выделяются палеозойский (герцинский) фундамент, промежуточный пермо-триасовый комплекс и мезокайнозойский осадочный чехол, которые разделены крупными перерывами в осадконакоплении и угловыми несогласиями. Осадочный чехол Афгано-Таджикской впадины подразделяется на два комплекса – платформенный, сложенный породами юрского, мелового, палеогенового возраста, и орогенный –

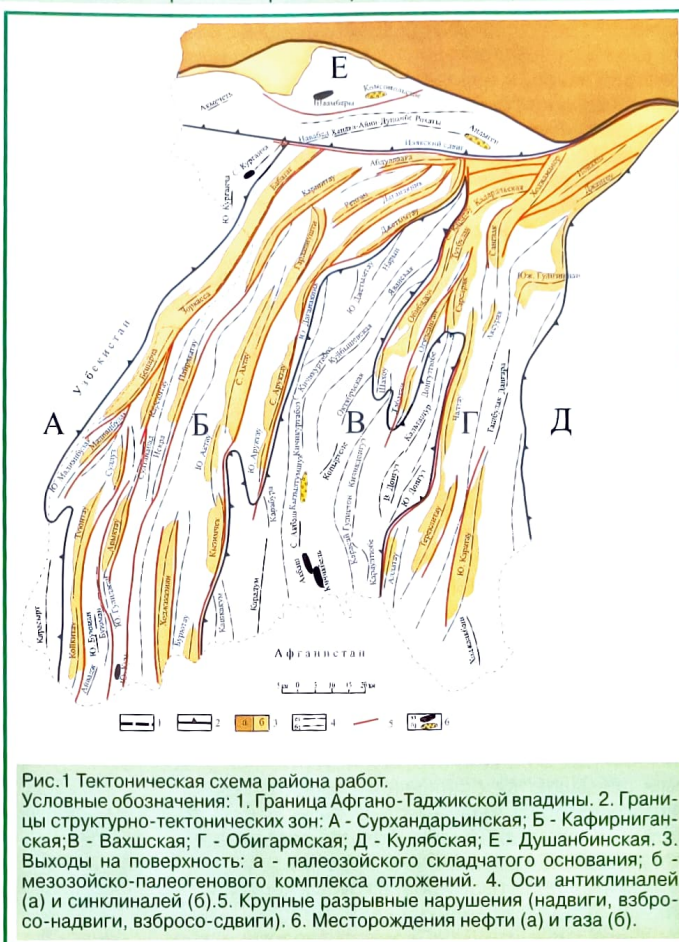


Рис.1 Тектоническая схема района работ.

Условные обозначения: 1. Граница Афгано-Таджикской впадины. 2. Границы структурно-тектонических зон: А - Сурхандарьинская; Б - Кафирниганская; В - Вахшская; Г - Обигармская; Д - Кулябская; Е - Душанбинская. 3. Выходы на поверхность: а - палеозойского складчатого основания; б - мезозойско-палеогенового комплекса отложений. 4. Оси антиклиналей (а) и синклиналей (б). 5. Крупные разрывные нарушения (надвиги, взбросо-надвиги, взбросо-сдвиги). 6. Месторождения нефти (а) и газа (б).

представленный отложениями неогеновой и четвертичной систем. Присутствующая в разрезе осадочного чехла (за исключением Душанбинского прогиба) мощная толща соляно-ангидритовых пород киммеридж-титонского возраста (гаурдакская свита) верхней юры, делит его на два резко дисгармоничных относительно друг друга структурных этажа – нижний подсолевой (нижне-верхнеюрский) и верхний надсолевой (мел-четвертичный). Суммарная мощность осадочного чехла в наиболее погруженных участках может достигать 11 – 12 км. В современном структурно-тектоническом плане Афгано-Таджикская впадина представляет собой систему сложно дислоцированных, линейных складчатых структур, дугообразно огибающих на востоке горные сооружения Дарваза и Памира. (рис.1) Антиклинальные складки в чехле впадины образуют скупенные пучки дислокаций, расходящиеся к юго-западу от Трансалайской зоны Памира. Крупные структурные элементы впадины хорошо выражены орографически, образуя прямой структурный рельеф (горные хребты, соответствующие антиклиналям, долины – синклиналим) и группируются в чередующиеся приподнятые и опущенные системы субмеридионального и северо-восточного простирания, соответствующие антиклинориям и синклинориям (антиклинальным и синклинальным зонам). К синклинальным зонам относятся Сурхандарьинская, Вахшская, Кулябская и Душанбинская зоны, к

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕХНОЛОГИИ

антиклинальным – Кафирниганская и Обигармская наиболее сложно построенные. В отличие от синклинориев, где развиты в основном погребенные поднятия, в антиклинальных зонах преимущественным развитием пользуются хорошо обнаженные, раскрытые до мезозоя чешуйчатые и коробчатые структуры, осложненные крупными внутричехольными разрывами надвигового и взбросо-надвигового типа. Вдоль линий этих разрывов, в основании разрезов мезозоя, выходят на поверхность верхнеюрские (киммеридж-титонские) соленосно-гипсоносные отложения. Геологическое строение надсолевой части разреза обусловлено интенсивным горизонтальным сжатием Афгано-Таджикской впадины, происходившим в плиоцен-древнетет-вертикальный этап развития территории и обусловленное коллизийным взаимодействием Индостанской и Евразийской плит. Срыв осадочного (надсолевого) покрова привел к образованию системы встречных надвигов в верхнем структурном этаже и дроблению на микроблоки по фундаменту впадины. Все крупные надвиги впадины носят покровный характер, то есть не проникают в фундамент, а затухают в мощной соляно-ангидритовой толще киммеридж-титона, которая является поверхностью срыва и дисгармонии. В антиклинорных зонах в верхнем этаже возникли сложные сильно эродированные складчато-чешуйчатые пакеты в аллохтонных блоках и менее дислоцированные структуры в автохтонных (параавтохтонных) блоках. В синклиналиях зонах структурные элементы сильно сжатые, осложненные многочисленными нарушениями и проявлениями соляной тектоники образуют гребневидные и коробчатые складки. Нижний (подсолевой) структурный этаж, с которым связываются основные перспективы нефтегазоносности, повсеместно залегающий на больших глубинах (6 км и более), предположительно смят в сравнительно простые и пологие складки крупных размеров, в грубых чертах конформные по отношению к поверхности палеозойского фундамента. Сложное геологическое строение исследуемых территорий вызывает определенные трудности при осмысливании полученных сейсморазведочных материалов, тем более, что глубокопогруженные автохтонные (и параавтохтонные) блоки, а также структурный план подсолевого этажа не изучен предшествующими сейсмическими исследованиями и неосвещен бурением.

Поисковые сейсморазведочные работы в модификации МОГТ-2D, к настоящему времени выполнены на одной из лицензионных площадях ОАО «Газпром», расположенной в Обигармской антиклинальной зоне. По результатам этих работ получены принципиально новые данные по строению нижней части осадочного чехла – впервые на территории Афгано-Таджикской впадины на временах 3,5 – 5,0 с зарегистрированы пакеты отражений, возможно относящиеся как к палеоген-меловым отложениям автохтонных (параавтохтонных) блоков, так и к подсолевым юрским и даже палеозойским отложениям. В тоже время проведенные сейсмические исследования МОГТ-2D показали, что эта модификация сейсморазведки имеет существенные ограничения для решения задач картирования глубокозалегающих (поднадвиговых и подсолевых) отложений. Можно говорить о том, что возможности 2D практически исчерпаны. Для качественного решения геологических задач в сложных сейсмогеологических условиях необходимо проведение 3D съемки. Исходя из этого, было

принято решение о дальнейшем проведении сейсморазведочных работ на лицензионных площадях ОАО «Газпром» в модификации МОГТ-3D. В настоящее время, впервые на территории Республики Таджикистан, на лицензионной площадке ОАО «Газпром», расположенной в Кафирниганской антиклинальной зоне, проведена сейсмическая съемка МОГТ-3D.

Следует отметить, что в настоящей работе в той или иной степени будут затронуты все этапы сейсморазведочных работ: полевые работы, обработка и интерпретация сейсмических материалов.

Полевые сейсморазведочные работы проводились в условиях сложнейшего горного рельефа с перепадом высот в пределах площади до 500 и более метров. В качестве источника возбуждения использовались взрывные скважины, так как работать вибрационным источником не представляется возможным из-за крутых углов наклона рельефа, достигающих 45 и более градусов. Перед производственными работами осуществлялись опытно-методические исследования, направленные на выбор оптимальных параметров возбуждения упругих колебаний. В пределах площади работ на поверхность выходят четвертичные и неогеновые отложения, отличающиеся друг от друга составом и степенью уплотнения. Поэтому опытно-методические исследования были проведены в пределах развития и четвертичных и неогеновых отложений, соответственно и параметры возбуждения оказались различными. Производственные работы МОГТ-3D проводились по нерегулярной системе наблюдений в условиях резкопересеченного рельефа (рис.2). Для решения поставленных геологических задач система наблюдений была сконструирована таким образом, чтобы получить максимальную информацию от целевых горизонтов, располагающихся на глубинах 5 – 7 км. и при этом не потерять данные об аллохтонном блоке на глубинах до 500 метров обеспечив максимальную кратность 120, максимальные удаления – 8625м. Регистрация колебаний осуществлялась регистрирующей системой SN-408UL.

Изучение ВЧР на площади проводилось методом МПВ по методике встречных годографов с использованием в качестве источника переносного малогабаритного импульсного источника сейсмических сигналов «Квант» (ОАО «СКБ СП» г. Саратов).



Рис.2 Схема фактического распределения ПП и ПВ по площади работ

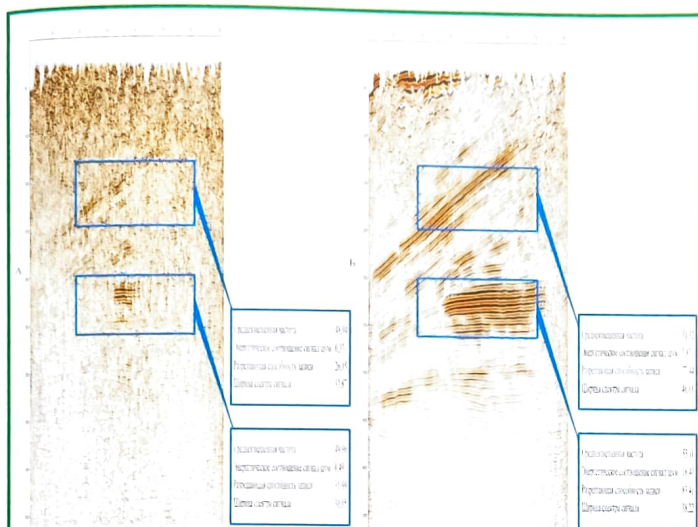


Рис.3 Сейсмический материал вначале (А) обработки и после завершения обработки (Б)

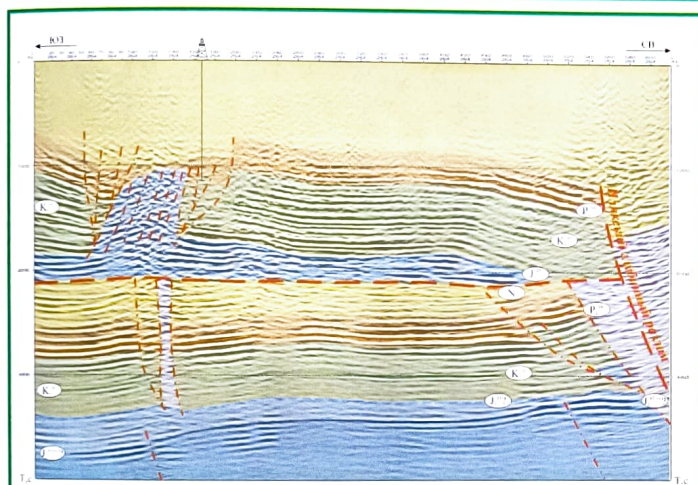


Рис.4 Сейсмический временной разрез по линии crossline 264

Обработка сейсмических материалов проводилась по комплексам программ Geocluster (CGG, Франция), расчет статических поправок проводился по первым вступлениям преломленных волн по комплексу программ FATHOM (GM, США). Обработка и интерпретация сейсмических материалов по регионам орогенных областей Средней Азии имеют ряд существенных особенностей по сравнению с регионами, располагающимися в пределах платформ с горизонтально-слоистыми разрезами. Основным моментом: обработка и интерпретация в данном случае являются процедурами неразделимыми. Обработка является интерпретационной, то есть зависимой от той или иной априорно принятой геологической модели. В большинстве случаев, на первичных сейсмических материалах, присутствуют оси синфазности, приуроченные как к полезным однократным отражениям, так и различного рода волнам-помехам (кратные, частично-кратные, боковые, дифрагированные и т.д.), позволяющие интерпретировать разрез по-разному. Поэтому весьма важно направить обработку сейсмических материалов в верное русло. Для этого, перед обработкой, проводится анализ всей имеющейся геолого-геофизической информации по территории исследования, выбирается несколько вариантов вероятной геологической модели.

После этого, эти варианты поступают на вход обработки. Нередки случаи, когда обработка разделяется на несколько ветвей, в зависимости от того, сколько вариантов геологической модели может быть. Особую трудность представляет поиск в поднадвиговых (автохтонных) блоках. Как уже отмечалось, с данными геологическими объектами связываются высокие перспективы в нефтегазоносном отношении. Поэтому задача изучения этих объектов как важна, так и сложна. Дело в том, что в результате мощных тектонических движений сжатия происходит деформация геологических пластов в поднадвиге. Изменяются петрофизические свойства, происходит уплотнение и образование многочисленных зон меланжирования, мелкоамплитудных дизъюнктивных нарушений в деформированном автохтонном блоке. Все это неизбежно ведет к изменению акустических свойств отложений, что в свою очередь существенно сказывается на изменении динамических особенностей отражений автохтонного блока в сравнении с аллохтонным. Поэтому, обрабатывать сейсмический материал без предположений о возможном наличии, в данном случае, поднадвигового блока, некорректно. Недоучет данных особенностей геологического строения района может привести к некорректным структурным построениям, формированию ложных антиклинальных структур, либо пропуску нефтегазоперспективных объектов. Таким образом, интерпретация начинается до обработки и продолжается на всем протяжении обработки сейсмического материала. На рисунке 3 представлен результат обработки сейсмических данных (линия в начале обработки и в конце, с представлением количественных характеристик). При интерпретации сейсмической информации использовались как средства объемной визуализации и интерпретации (программные комплексы Voxel Geo и Canvas), так и программные продукты предназначенные для выполнения стандартной структурной интерпретации – GeoGraphix Discovery (Landmark). Одной из основных проблем при проведении интерпретации явилось полное отсутствие данных о скоростных характеристиках геологического разреза, особенно поднадвигового интервала. С целью расчета глубинно-скоростных характеристик применялся программный комплекс GeoDepth (компания Paradigm).

В результате проведенных работ получены принципиально новые геологические результаты о строении поднадвиговых элементов Афганско-Таджикской впадины:

- Автохтонный блок дислоцирован дизъюнктивными нарушениями различной ориентировки (рис.4,5) существование которых ранее только предполагалось. Выделена и прослежена солёная толща в аллохтонном блоке. Получена информация (впервые)

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕХНОЛОГИИ

о строении юрского структурного этажа.

- Установлена резкая дифференциация скоростных характеристик геологического разреза в интервале поднадвигового блока (рис.6). Априорно данный факт предполагался, но получить информацию о скоростных аномалиях удалось только сейчас по материалам 3D. Получены достаточно уверенные скоростные спектры, как по аллохтонному, так и по автохтонному блокам, которые позволили перейти к глубинным построениям.
- В пределах площади работ по поднадвиговому блоку установлены и выделены ярко выраженные амплитудные аномалии, которые могут быть связаны, как с изменением характеристик геологического разреза в пределах поднадвигового блока, так и с возможным изменением характеристик флюидонасыщения. Подобный факт позволяет ориентировать интерпретацию не только на структурный фактор, но и на работу с динамическими характеристиками, что в принципе характерно для работ 3D, но для данных сейсмогеологических условий это качественно новый вид работ.

Вышеперечисленные результаты были получены благодаря качественно новому уровню сейсмической информации, полученной в результате проведения пространственной сейсморазведки 3D. На рисунке 7 приводится сопоставление материалов 2D и 3D в пределах данной площади работ. Преимущества материалов 3D видны во всем — в прослеживаемости, разрешенности, в динамических особенностях временных разрезов. Резкий прирост информации фиксируется не только по автохтонному блоку, но также и по верхнему (аллохтонному) блоку. По материалам 2D информация по поднадвиговому блоку носит фрагментарный характер, данные 3D дают сплошное поле геологической информации. Новые геологические результаты стали возможны благодаря интерпретационному подходу в обработке сейсмических материалов и применению современных программно-алгоритмических средств.

Таким образом, проведенные работы, показали эффективность сейсморазведочных работ МОГТ-3D на ловушки в поднадвиговых блоках на территории Афгано-Таджикской впадины и открывают новые перспективы её нефтегазоносности.

Литература:

1. Обухов А.Н. Эволюция межгорных впадин

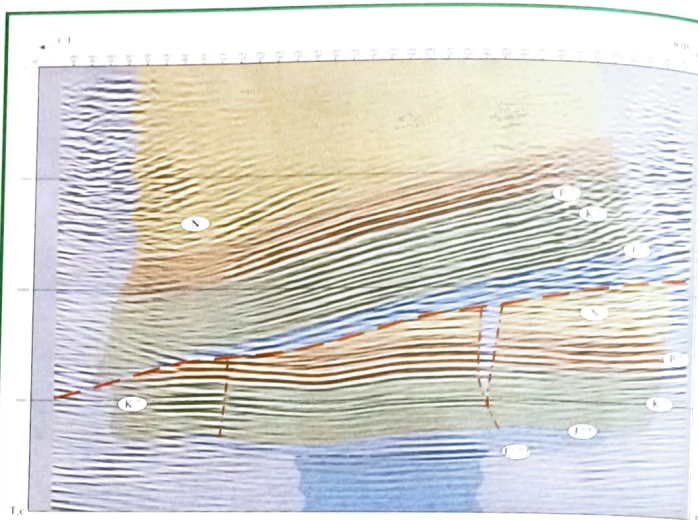


Рис.5 Сейсмический временной разрез по линии inline 283

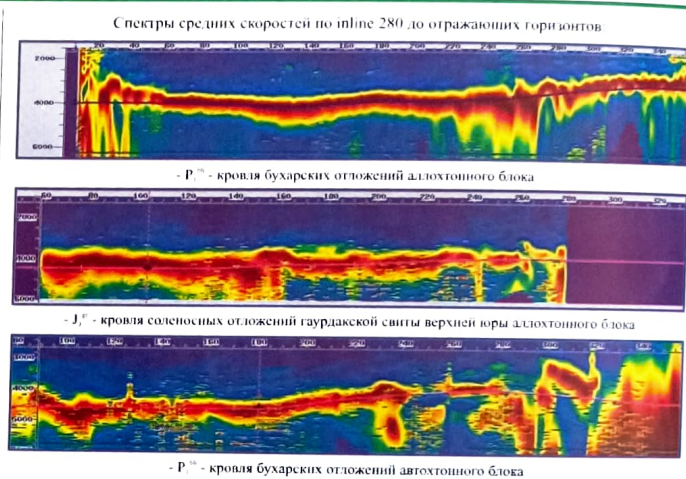


Рис.6 Спектры средних скоростей до целевых отражающих горизонтов

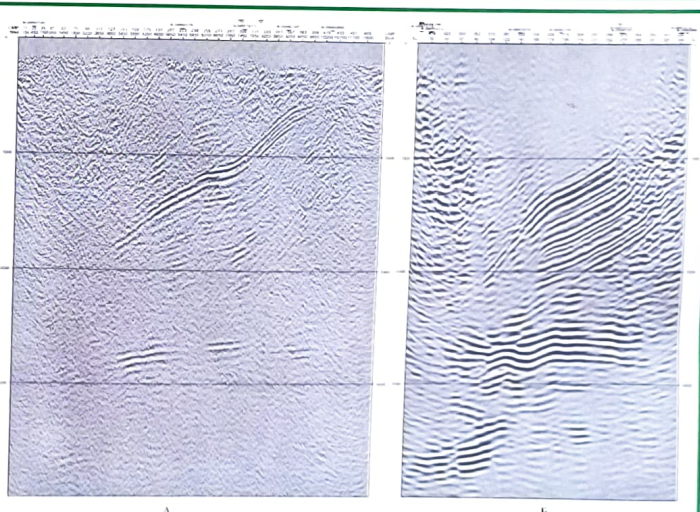


Рис.7 Сопоставление данных 2D (А) и 3D (Б)

Центрально-Азиатского орогенного пояса. М.: Наука, 1990. — 88 с.

2. Особенности интерпретации сейсмических данных по Средней Азии. Кузьмин Е.Л., Ольшанский А.С. (ОАО «Саратовнефтегеофизика»). Стеновый доклад на конференции Санкт-Петербург 2006. EAGE.