

## **Интеграция 2Д ВСП МОГ, Кросс-Дипольной Акустики и 3Д Сейсморазведки для Уточнения Геологического Строения Месторождений**

**Кравец П.Н. (ТОО «Жаикмунай», г. Уральск, Казахстан), Камалтдинов Ф.Ф. (ОАО НПП «ВНИИГИС», г. Октябрьский, Россия), Мамлеев Т.С. (ЗАО НПП «ГИТАС», г. Октябрьский, Россия), Табаков А.А. (ООО «Геоверс», г. Москва, Россия), Черкашнев С.А.\*, Ким В.В., Купцова Т.Н. (ASTO Geophysical Consulting Pty Ltd, г. Перт, Австралия)**

Комплексный анализ и интерпретация данных каротажа, ВСП и 2Д/3Д сеймики позволяют получать детальные ответы на вопросы, возникающие в процессе бурения и при разработке месторождений нефти и газа [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. В данной работе приведен пример интеграции результатов современных технологий – 2Д ВСП МОГ, кросс-дипольной акустики и 3Д сейсморазведки – для уточнения геологического строения разреза в околоскважинном пространстве на Чинаревском месторождении Западно-Казахстанской области.

Чинаревское месторождение находится в 80 км на северо-востоке от г. Уральск республики Казахстан. Осадочный чехол месторождения состоит из трех мегакомплексов: подсолевого, надсолевого и соленосного. Подсолевой мегакомплекс сложен отложениями девонской, каменноугольной и пермской систем. Выявлено 3 залежи нефти и газа в подсолевом мегакомплексе: нефтяная залежь в турнейских отложениях (St1), газоконденсатная залежь в афонинских (D2af) и газоконденсатная залежь в бийских (D2bs) среднедевонских отложениях. По типу природного резервуара нефтяные и газоконденсатные залежи являются массивно пластовыми, тектонически экранированными. Тип коллекторов трещинно-поровый. Коллекторами в турнейских отложениях являются карбонатные породы, в девонских отложениях D2af и D2bs коллекторами являются известняки и доломиты.

На предварительном этапе исследований был проведен анализ и оценка результатов ранее выполненных работ ВСП, лучевое и конечно-разностное моделирование различных систем наблюдений (ближний ПВ, НВСП, 2Д ВСП МОГ и 3С 2Д поверхностной сеймики), проанализирован тип и мощность сейсмических источников, дизайн полевых работ, рекомендованы оптимальные параметры регистрации и методика скважинных исследований ВСП. Проведенный дизайн работ ВСП выявил преимущества методики ВСП МОГ по сравнению с НВСП в сильно наклонной скважине (угол на забое составляет более 60 град.).

Существенное искривление скважины создает проблемы не только при проектировании и производстве работ на скважине, но и при обработке и интерпретации данных. Миграция данных НВСП в наклонном стволе приводит к смещению точек отражений в области 3Д для каждого пункта взрыва таким образом, что точки отражений от границ лежат в разных лучевых плоскостях и распределение всех точек отражений не является плоскостью. Величина смещения точек отражения для данных НВСП может быть весьма значительной и нелинейной, что не позволит получить качественные 2Д отражения в плоскости приемник-источник. В подобных условиях обработки, хорошо знакомые с ограничениями метода НВСП в наклонных стволах, вынуждены использовать миграцию 3Д ВСП, что зачастую приводит к увеличению времени и стоимости обработки. Следующий минус НВСП – рост области тени – зоны отсутствия данных на мигрированных разрезах НВСП непосредственно под нижним положением зонда (под забоем ВСП). Но и для толщи, расположенной над забоем, при больших удалениях ПВ качественный разрез НВСП бывает трудно получить из-за сложности выделения целевых отражений на фоне помех, сформированных волнами других типов и классов. Кроме того, при больших углах преломления в большей степени сказывается АВО-эффект (изменение амплитуд с удалением), растяжка фазы после коррекции за непродольный годограф и недоучет анизотропии скоростей. Чтобы уйти от этих проблем, нередко максимальные удаления ПВ при работах НВСП уменьшают настолько, что польза от изучения околоскважинного пространства методом НВСП становится сомнительной [8].

Вышеописанные ограничения метода НВСП можно избежать при использовании Метода Обращенного Годографа (МОГ) ВСП или (Walkway VSP). Специфика метода МОГ ВСП позволяет изучать структуры околоскважинного пространства по всему интервалу исследования, с его

подзайбойной частью включительно. Система наблюдений при проведении работ МОГ ВСП заключается в перемещение положений пунктов взрыва при фиксированном положении пунктов приема – приемников (от 8 до 100 зондов) [1]. По сравнению с работами НВСП преимущества модификации МОГ ВСП состоят в следующем:

- более высокое соотношение сигнал-шум по сравнению с данными НВСП
- расчет параметров анизотропии, поглощения  $Q_p$ ,  $Q_s$  и построение калиброванных скоростных моделей для моделирования и обработки поверхностной сейсмики
- калибровка  $P_p$  и  $P_s$  отражений по методике AVO МОГ ВСП
- равномерное освещение целевых горизонтов по полям отраженных  $P$ ,  $P_s$  и  $S_s$  волн
- отсутствие зоны тени
- существенное сокращение времени при проведении полевых работ, простоя скважины в 2 раза и увеличения эффективности работ в 2 раза

В начале октября 2012 г. на Чинаревском месторождении сейсморазведочные партии компаний ОАО НПП «ВНИИГИС», ЗАО НПФ «ГИТАС» и ООО «АНЕГА» успешно провели скважинные сейсмические исследования 2Д ВСП МОГ. Подобные работы были выполнены впервые на месторождении. ОАО НПП «ВНИИГИС» обеспечивал регистрацию полевых данных ВСП и спуско-подъемные работы. Скважинная аппаратура АМЦ-ВСП-3-48 (ЗАО НПФ «ГИТАС») состояла из 8 уровней трехкомпонентных приборов. При работах МОГ приборы располагались на глубинах 2900-3040 м в вертикальной части скважины. Ближний пункт ВСП был записан с глубины 4500 м (максимальный зенитный угол 60 град) до поверхности. В качестве источников возбуждения использовались два вибратора марки M27 и системы синхронизации Sersel VE432 (ООО «АНЕГА»). Топографо-геодезические работы проводили специалисты ТОО «Жаикмунай». Компания ASTO Geophysical Consulting Pty Ltd выполняла дизайн и супервайзинг полевых работ, обработку и комплексную интерпретацию данных каротажа, дипольной акустики, ВСП, МОГ ВСП и наземной сейсмики. Казахстанским подразделением компании «Бейкер Хьюз» был записан полный геофизический каротажный комплекс и кросс-дипольный акустический каротаж ( $P$  и  $S$  волны).

Параметры регистрации скважинных исследований были рекомендованы ASTO Geophysical Consulting Pty Ltd на основании результатов моделирования в пакете Tesseral Pro (Tetrale Technologies Inc, Канада). Параметры методики наблюдений 2Д ВСП МОГ: азимут линий возбуждений ~ 60 градусов, шаг возбуждений 40 м, длина каждого профиля 7000 м, шаг пунктов приема 20 м, частота линейного свипа 12-110 Гц, длина сигнала 16 сек. Для обработки данных компания ООО «Геоверс» использовала специализированный пакет «Юниверс», разработанный для обработки данных 1Д, 2Д и 3Д ВСП [9].

В результате работ МОГ ВСП в скважинах Чинаревского месторождения были получены следующие результаты:

**1. Построены и откалиброваны анизотропные скоростные и упругие характеристики пород.** Проведен анализ азимутального изменения скоростей в направлениях ВСП МОГ и сопоставление скоростных характеристик разреза по данным ближнего ПВ и ВСП МОГ. Анализ скоростей выявил изменчивость скоростей по латерали (до +/-15%) в кунгурских отложениях  $P1k(fl)$  подсолевого комплекса. Соляные отложения, представленные горизонтами  $P1k(ir)$ ,  $P2u$  и  $P2kz$ , показывают азимутальные скоростные вариации (10%), что может быть вызвано влиянием наклона пластов. Для интерпретации были также привлечены данные кросс-дипольной акустики, которые позволили:

- определить интервальные времена и скорости продольных и поперечных волн;
- определить интервалы развития коллекторов с оценкой эффективной пористости (по волнам Стоунли);
- по существенному снижению коэффициента Пуассона (менее 0.15) выделить интервалы потенциально продуктивных коллекторов со значительным содержанием кварца;
- обнаружить существование значимой азимутальной анизотропии (около 1.5-7.2 %) с магнитным азимутом около 182 градусов, что вероятно обусловлено: слоистостью разреза (азимут около 212

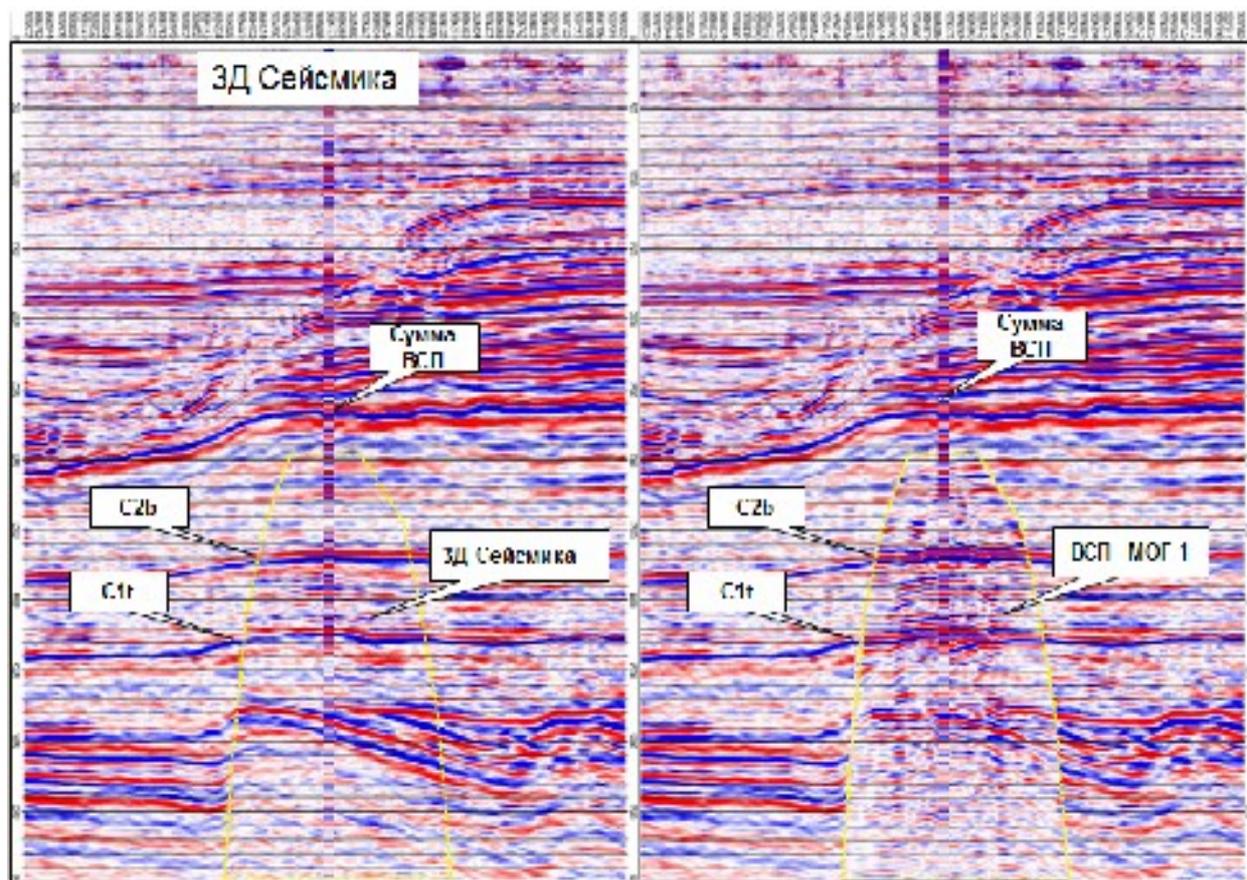
градусов), напряженного состояния (182 градуса) и развитием субвертикальной трещиноватости (с азимутом 182 градуса);

- выявить наличие НТИ анизотропии в Визейских горизонтах: в  $S_{1v}(tl)$  анизотропия достигает 3% в интервале 4320 м - 4442 м и в  $S_{1v}(bb)$  анизотропия достигает 6-8% в интервале 4320 м - 4442 м;
- выявить наличие НТИ анизотропии в Турнейском горизонте:  $S_{1t}$  - анизотропия составляет 1.5% в интервале 4442 м - 4502 м (см. Рис. 3).

- 2. Проведена стратиграфическая привязка отраженных волн.** Осуществлена детальная стратификация отражений на сейсмических разрезах ОГТ по трассе коридорного суммирования ВСП. В ряде интервалов увязка коридорной трассы ВСП и данных ОГТ превосходит увязку между синтетической трассой и разрезами ОГТ.
- 3. Оценены параметры затухания  $Q_r$ .** Проведен анализ сейсмической добротности ( $Q_r$  фактор) среды, характеризующий поглощение энергии при распространении сейсмических волн. Сейсмическая добротность измерялась спектральными методом. Средние значения  $Q_r$  относящемуся к Турнейскому горизонту  $S_{1t}$  показывают значения  $Q_r=95$ , что отличается от оценок  $Q_r=70$  и  $Q_r=72$ , полученных на соседних скважинах. Такие значения  $Q$  говорят о латеральной изменчивости затухания сейсмических амплитуд и частот.
- 4. Проведена оценка кратных волн.** Анализ кратных волн проводился по Ближнему Пункту ВСП. Заметное количество кратных волн присутствует в целевых интервалах ниже 4628 м. Данные результаты анализа кратных волн необходимо использовать при переобработке сейсмических данных 3D.
- 5. Изучено поведение целевых горизонтов и уточнены особенности строения и специфика влияния разрывных нарушений на поведение структурного плана башкирских и турнейских отложений.** По результатам исследований МОГ ВСП были построены мигрированные разрезы по  $P_r$  и  $P_s$  волнам, характеризующие строение толщи в целевых интервалах в направлениях отработанных профилей в радиусе освещения до 1200 м. Мигрированные разрезы МОГ ВСП хорошо согласуются между собой и с трассой коридорного суммирования ВСП (Рис. 1). Основные реперные отражения трассируются на мигрированных разрезах однозначно. Мигрированные разрезы МОГ ВСП характеризуются повышенной разрешающей способностью волнового поля и демонстрируют более сложную, дифференцированную картину по сравнению с данными наземной сейсмики. Интерпретация мигрированных разрезов МОГ ВСП позволила получить дополнительную информацию о наличии малоамплитудных разрывных нарушений в околоскважинном пространстве. В пределах области освещения исследуемый разрез пересекают два относительно крупных разрывных нарушения (от пермских до среднедевонских отложений включительно), которые выделены в волновых полях по линиям МОГ-1 и МОГ-3. На мигрированном разрезе по линии МОГ-2 очевидных признаков присутствия разрывных нарушений не выявлено, что говорит о субширотном направлении простирания разломов на участке исследований. Морфологически, поведение горизонтов по всем линиям МОГ ВСП очень хорошо сопоставляется с конфигурацией соответствующих ОГ на профилях 3D сейсмики. Отмечается повышение надежности интерпретации и степени достоверности структурных построений по данным МОГ ВСП относительно возможностей, предоставляемых результатами исследований методом НВСП.
- 6. Изучены структурные особенности разреза в пределах околоскважинного пространства, что в комплексе с данными ОГТ, дает возможность уточнить и существенно дополнить геологическую модель.** Комплексная интерпретация мигрированных разрезов МОГ ВСП была проведена совместно с профилями наземной сейсмики, экстрагированными в азимутах профилей МОГ ВСП из куба 3D ОГТ (см. Рис. 1). Для уточнения геологической модели месторождения в районе исследуемых скважин рекомендуется интерпретация данных МОГ ВСП в комплексе с данными 3D ОГТ.

**Благодарности**

Авторы выражают благодарность коллективу ТОО «Жайкмунай» за ценную поддержку и согласие на данную публикацию. Мы хотели бы также поблагодарить многих своих коллег, работающих в группах разработки аппаратуры и программного обеспечения для ВСП, созданных в компаниях ОАО НПП «ВНИИГИС», ЗАО НПФ «ГИТАС» и ООО «Геоверс».



**Рис. 1.** Сопоставление сейсмического разреза 3D ОГТ и разреза МОГ-1 в глубинном масштабе

## Литература

1. Черкашнев С.А., «Высококачественные данные сейсмических исследований в скважине», Журнал Нефтяное Обозрение, Шлюмберже, 2003.
2. С. Морис, М. Робинсон, Р. Лунис, С. Лини, С. Черкашнев\*, М. Вилер" Изучение сложного коллектора посредством сбора и обработки данных ВСП и 3D-сейсморазведки". EAGE-2004.
3. С. Лини, С. Черкашнев\*, М. Вилер, М. Идрис "Обработка и интеграция данных уровневного ВСП (Walkaway)". EAGE-2003.
4. С.Лини\*, С.Черкашнев, М.Вилер – «Шлюмберже», Р.Хоуп - TotalFinaElf "AVO при значительном удалении и калибровка анизотропии на глубоководном шельфе Нигерии", EAGE-2002.
5. С.Лини\*, Р.Бэйл, М.Вилер, С.Черкашнев – «Шлюмберже» «Анизотропная обработка обменных волн". The Leading Edge, сентябрь, 2001 г. том 20, №9,996-1007.
6. С.Черкашнев\*, Дж.Расмус, М.Сандерс – «Шлюмберже». "Оценка АВПД, комплексный проект по сейсморазведке, ВСП и каротажу в процессе бурения", EAGE/SAID-2000.
7. Шевченко А.А., «Скважинная сейсморазведка».-М: РГУ нефти и газа, 2002. 129с.
8. Г.А.Шехтман Г.А., «СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МОДИФИКАЦИЙ МЕТОДА ВСП», «Гальперинские чтения», Москва, 2002 г.
9. N.A. Rykovskaya\* (GEOVERS Ltd), A.A. Tabakov (Central Geophysical Expedition), I.V. Yakovlev (GEOVERS Ltd) & A.V. Korchikov (GEOVERS Ltd). 2D and 3D VSP Processing Workflow and Case Story Examples. EAGE-2006, St-Petersburg, Russia

