

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИК «3D+ВСП ЛОКАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ» И «2D+ВСП ЛОКАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ» В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

К.В. Баранов, В.С. Бикеев, Н.В. Стариков, А.А. Табаков

Аннотация

Статья посвящена результатам применения технологии совмещенных наземно-скважинных сейсмических наблюдений в вариантах «2D+ВСП» и «3D+ВСП». Описывается методика проведения полевых работ и обработки данных таких наблюдений, приводятся примеры успешного применения совмещенных наблюдений в условиях Западной Сибири. Отмечается возможность использования таких наблюдений в задачах мониторинга месторождений.

Введение

Развитие сейсмических методов поисков полезных ископаемых идет путем повышения сложности как систем полевых наблюдений так и программно-алгоритмической базы для обработки и интерпретации получаемых материалов. Сейчас, когда многие крупные и гигантские месторождения нефти уже разведаны, особенно актуально встает вопрос детального изучения строения среды и выявления небольших глубинных нефтенасыщенных пластов. Использование такого современного и мощного инструмента изучения среды как 3D-сейсморазведка не всегда позволяет добиться необходимой точности и детальности построения сейсмогеологической модели в первую очередь из-за недостатка информации о строении верхней части разреза (ВЧР). Другим сейсмическим методом изучения среды является вертикальное сейсмическое профилирование (ВСП). Одним из преимуществ этого метода является возможность регистрации как отраженных, так и прямых волн, что открывает

возможность полного решения обратных динамических задач [2]. Однако результаты обработки данных ВСП из удаленных пунктов взрыва также зачастую не обеспечивают необходимого прироста информации о строении глубинных нефтенасыщенных пластов.

Для решения этих задач целесообразно использование технологии совмещенных наземно-скважинных наблюдений, которая обеспечивает повышение качества исследований за счет повышения размерности наблюдений. Существуют различные направления повышения достоверности и информативности сейсмических работ за счет использования совмещенных наблюдений на поверхности и в скважине. Нами выбраны наиболее актуальные проблемы наземной сейморазведки – компенсация влияния ВЧР на времена и форму сигнала отраженных волн, регистрируемых наземными сейсмоприемниками. Эти проблемы неоднократно обсуждались на различных конференциях и им посвящено несколько статей в журнале «Геофизика» [3, 4, 5, 6]. В этих статьях приводится обзор существующих методик оценки неоднородностей скоростей ВЧР, основанных на анализе записей наземных сейсмоприемников и априорных сведений о строении ВЧР.

В данной работе авторами предлагается для оценки статических поправок за неоднородность ВЧР и учета изменения формы сигнала использовать записи многоточечного трехкомпонентного зонда ВСП, расположенного вблизи забоя глубокой скважины и регистрирующего колебания одновременно с наземными сейсмоприемниками [1, 7]. Наблюдения глубинным зондом ВСП, таким образом, являются контрольными наблюдениями для наземных сейсмоприемников.

Такая технология должна составить альтернативу большим объемам наблюдений 3D (и системе профилей 2D) и наблюдениям ВСП из удаленных пунктов возбуждения

в задачах изучения околоскважинного пространства на расстояниях 2-3 км от скважины.

Описание методики полевых работ

Для использования методики совмещенных наблюдений необходимо наличие глубокой скважины приблизительно в центре площади (наблюдения “3D+ВСП”) или профиля (наблюдения “2D+ВСП”) исследований.

Каждое возбуждение на сетке 3D (или профиле 2D) регистрируется многоточечным трехкомпонентным зондом, расположенным вблизи забоя глубокой скважины, с шагом между приемниками не менее 15 м. Использование многоточечного трехкомпонентного зонда обеспечивает возможность выделения прямой продольной волны для последующей компенсации изменений формы сигнала в записях наземных сейсмоприемников. Система наблюдений для наземных расстановок проектируется по обычным принципам. Удаления пунктов возбуждения от устья глубокой скважины не должны превышать глубины расположения зонда ВСП. Таким образом, при глубине скважины 3 км область изучаемого околоскважинного пространства (полная кратность суммирования ОГТ) составляет порядка 2-2.5 км.

В скважине проводятся также работы ВСП из ближнего и нескольких удаленных пунктов возбуждения. Данные ближнего пункта возбуждения ВСП используются для привязки отражений, регистрируемых на поверхности, к литологическому разрезу и прогнозу геологического разреза ниже забоя скважины. Проведение ВСП из нескольких пунктов взрыва позволяет более достоверно и точно определить скоростную модель среды в окрестности скважины и оценить направление возможной трещиноватости.

Обработка данных

Обработка данных совмещенных наблюдений состоит из трех этапов. На первом этапе осуществляется обработка данных ВСП из всех пунктов возбуждения. Основным результатом первого этапа является скоростная модель среды.

Далее выполняется обработка записей глубинного контрольного зонда ВСП, которая включает в себя кинематическую и динамическую обработку. Основой для кинематической обработки служит годограф первых вступлений контрольного зонда ВСП. Предполагается, что функциональная зависимость годографа от координат источников обусловлена следующими факторами:

- средой распространения, описываемой слоисто-однородной моделью;
- локальными неоднородностями ВЧР;
- неоднородностями условий возбуждения.

Разность между наблюдаемым годографом и синтетическим, рассчитанным с использованием скоростной модели среды, определяет поле статических поправок. Гладкая составляющая этих поправок характеризует локальные неоднородности скоростей ВЧР, а высокочастотная - неоднородности условий возбуждения.

Динамическая обработка записей контрольного зонда ВСП служит для выравнивания формы импульса возбуждения. Различия формы импульса могут быть обусловлены как неидентичностью условий возбуждения, так и неоднородностями ВЧР. Обработка состоит из выделения падающей волны и получения эталонного сигнала для расчета корректирующего оператора. Эталонный сигнал рассчитывается путем накапливания трасс падающих волн, имеющих равное удаление от устья скважины.

Результатами этого этапа являются поправки за аномалии скоростей ВЧР и операторы, компенсирующие различия формы импульса возбуждения [1, 7].

На последнем этапе выполняется обработка записей наземных сейсмоприемников с учетом результатов, полученных на предыдущих этапах. В заключение обработки выполняется деконволюция разреза ОГТ с использованием трассы однократных отражений ВСП. Эта процедура обеспечивает расширение спектра трасс ОГТ и приведение формы импульса к нуль-фазовому.

Опыт применения методики

Несмотря на то, что описанная технология является относительно новой, уже есть примеры ее успешного использования как в варианте 2D+ВСП, так и в варианте 3D+ВСП.

В варианте 3D+ВСП она использовалась на одном из месторождений Западной Сибири для изучения продуктивного пласта Ю₁¹ в окрестности скважины, в которой получен приток нефти из этого пласта. В пределах площади работ, составляющей порядка 25 км², пробурены еще три глубокие скважины. В двух из них по данным испытаний притока нефти не получено, а в одной испытания не проводились. Применение технологии совмещенных наблюдений позволило оценить вариации скоростей ВЧР, связанные с речным комплексом в этой зоне (рис. 1), и компенсировать неоднородности формы импульса возбуждения в записях наземных сейсмоприемников (рис. 2). Неучет этих факторов приведет к ошибке в структурных построениях и искажению динамических характеристик отраженных волн. Результатом обработки данных 3D+ВСП на этой площади являются детальные структурные карты и карты сейсмических атрибутов, по анализу которых сделаны важные выводы о развитии продуктивного пласта в окрестности скважины.

Совместные наблюдения 2D+ВСП применялись уже на трех объектах Западной Сибири. В северном районе новосибирской области методика использовалась для

изучения межскважинного пространства (расстояние между скважинами 2 км) и поиска высокопроницаемых нефтенасыщенных участков в коре выветривания палеозойских пород. Для этого проведены полевые работы на профиле, протяженностью 4 км. По результатам проведенных исследований был построен разрез межскважинного пространства, имеющий частотный диапазон до 125 гц. На этом разрезе (рис. 3, справа) были выделены тектонические нарушения и области резкого изменения отражающих характеристик целевого пласта, связанных с изменением его коллекторских свойств.

На следующем объекте были проведены совмещенные наблюдения в скважине и на трех профилях, проходящих через ее устье. Уточнены структурные планы и построены карты мощностей интересующих пластов. С целью повышения разрешенности записи выполнена деконволюция старых профилей 2D по трассе однократных отражений ВСП. Результатом деконволюции стало расширение спектра волнового поля (сжатие импульса), что позволило проследить кровлю и подошву продуктивного пласта Ю1, ранее «скрытую» под мощным отражением от подошвы баженовской свиты (рис. 4). Рекомендована точка бурения наклонного ствола.

Третье применение методики 2D+ВСП было обусловлено сложными геологическими условиями района работ и имело своей целью уточнение структурных планов по юрским и нижнемеловым отложениям и обеспечение стратиграфической привязки отраженных волн к геологическому разрезу скважины. На исследуемой площади располагалось две скважины. В окрестности первой скважины были проведены совмещенные наземно-скважинные наблюдения на четырех профилях, два из которых проходят через устье скважины. В окрестностях второй – три профиля, два проходят через устье скважины. В обеих скважинах проведено также ВСП. По результатам совместной обработки и интерпретации наземно-скважинных наблюдений рекомендована точка заложения скважины.

Область возможного применения

Опыт применения методики совмещенных наземно-скважинных наблюдений ограничивается решением геологоразведочных задач исследования околоскважинного пространства. Основными результатами проделанных исследований с помощью методик «2D+ВСП» и «3D+ВСП» являются структурные карты, карты мощностей коллекторов и рекомендации по бурению наклонных стволов.

Кроме того, методика «3D+ВСП» может быть также использована для осуществления контроля за изменением контура нефтеносности в процессе эксплуатации месторождения с целью коррекции проекта его разработки.

При мониторинге месторождений в процессе эксплуатации работы 3D проводятся несколько раз, и по изменению эффектов, связанных с залежью, оценивается изменение контуров продуктивности. Ключевым элементом при мониторинге является обеспечение повторяемости условий эксперимента (условий возбуждения). При совместных наблюдениях на поверхности и в скважине («3D+ВСП») создается возможность контроля и восстановления полной повторяемости условий возбуждения.

Заключение

Результаты опробования методик совмещенных наблюдений «2D+ВСП» и «3D+ВСП» свидетельствуют о преимуществах таких наблюдений в задачах исследования околоскважинного пространства.

Основные преимущества совмещенных наземно-скважинных наблюдений можно сформулировать следующим образом:

- возможность компенсации неоднородностей формы импульса в записях наземных сейсмоприемников за счет контроля формы импульса каждого воздействия,
- возможность использования достоверных статических поправок за возбуждения,

- возможность использования точного скоростного закона на скважине по данным ВСП и учета горизонтального градиента скоростей ВЧР, оцениваемого по вариации времен прихода прямой волны при возбуждении на сетке наземных наблюдений.

Очевидные преимущества (как перед ВСП, так и перед обычными наземными работами), а также невысокая стоимость таких работ должны стать основными аргументами для использования совмещенных наземно-скважинных сейсмических наблюдений в задачах изучения околоскважинного пространства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов К.В., Табаков А.А., Бикеев В.С., Яковлев И.В., Барков А.Ю., 2001, Коррекция статических поправок и формы импульса возбуждения при наземно-скважинных наблюдениях «Локальный проект 3D+ВСП»: Сборник докладов научно-практической конференции, посвященной 5-летнему юбилею ООО «КогалымНИПИнефть», Когалым, 91 - 97.
2. Гальперин Е. И., 1994, Вертикальное сейсмическое профилирование: опыт и результаты: М., Наука.
3. Жданович В. В., Ознобихин Ю. В., Монастырев Б. В., 1997, Изучение и компенсация искажающих свойств верхней части разреза в сейсморазведке: Геофизика, 6, 22-36.
4. Козырев В. С., Королев Е. К., 1993, Интерактивная методика коррекции статических поправок для условий сложного строения ВЧР: Геофизика, 3, 13-19.
5. Лаврик А. С., Геништа А. Н., 2001, Интерпретационный подход к учету неоднородностей ВЧР при обработке 2D- и 3D- сейсморазведки ОГТ на территории Западной Сибири: Геофизика, 1, 61-63.

6. Монастырев Б. В., Козак В. Б., Базаев А. И., Монастырев В. Б., 2002, Технология учета приповерхностных неоднородностей и результаты ее применения на севере Западной Сибири: Геофизика, 5, 15-20.
7. Табаков А.А., Бикеев В.С., Баранов К.В., Яковлев И.В., Барков А.Ю., 2001, Методика совмещенных наземно-скважинных наблюдений «Локальный проект 3D+ВСП» для детального изучения околоскважинного пространства: Тезисы докладов научно-практической конференции «Состояние и перспективы развития метода ВСП», М., 32.

Список рисунков:

Рисунок 1.	Карта скоростей слоя, включающего зону мерзлоты (белая точка – скважина, белая линия – речной комплекс)
Рисунок 2.	Записи наземного приемника для нескольких пунктов взрыва (слева – до коррекции, справа – после коррекции формы импульса и статики с использованием записей зонда ВСП)
Рисунок 3.	Сопоставление результатов обработки данных 2D+ВСП (справа) и стандартного 3D (слева)
Рисунок 4.	Деконволюция разреза ОГТ с использованием трассы однократных отражений ВСП (вверху – до деконволюции, внизу – после деконволюции)