

6. Герасимова И.Ю. Применение данных метода первых волн для уточнения скоростного закона в верхнем интервале малых глубин // Горное эхо. – 2023. – № 1 (90). – С. 72-76. – DOI:10.7242/echo.2023.1.10.
7. Тарантин М.В., Голячук Н.А. Квантовомеханический подход к построению временных разрезов при малоглубинных сейсмических исследованиях // Инженерная геофизика 2020: Материалы 16-й науч.-практ. конф. и выставки, сентябрь 2020. – Пермь, 2020. – С. 1-7. – DOI: 10.3997/2214-4609.202051030.
8. Чугаев А.В., Санфиоров И.А., Тарантин М.В. Сейсморазведка на отраженных волнах при межскважинных исследованиях на Верхнекамском месторождении калийных солей // Геология и геофизика. – 2023. – Т. 64, № 2. – С. 293-307. – DOI:10.15372/GiG2022119.

УДК 550.834

DOI:10.7242/echo.2023.3.15

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ СКВАЖИННЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И НАЗЕМНОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ

А.Д. Тезиков

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: В современной практике сейсмические исследования методами ВСП и МОГТ широко применяются как при поиске, разведке и разработке нефтегазовых месторождений, так и в рудной геофизике, и позволяют решать широкий спектр технических задач. Однако если в нефтегазовой отрасли практика комплексирования скважинных исследований ВСП и наземных работ МОГТ распространена повсеместно, то в рудной геофизике эти методы интегрируются заметно реже. В данной работе продемонстрированы результаты совместной интерпретации данных ВСП и МОГТ с целью оценки эффективности их комплексирования на месторождениях солей на примере Тюбегатанского месторождения.

Ключевые слова: вертикальное сейсмическое профилирование, малоглубинная сейсморазведка, скважинная сейсморазведка, интерпретация данных сейсморазведки.

Вертикальное сейсмическое профилирование

Вертикальное сейсмическое профилирование (ВСП) – скважинный геофизический метод, основанный на изучении сейсмического волнового поля в непосредственной близости от скважины. Метод широко применяется в комплексе с геофизическими исследованиями скважин и наземной сейсморазведкой с целью получения опорной информации для интерпретации материалов. Существуют разновидности ВСП [1]:

- по расположению пункта возбуждения:
 - *продольное* – ПВ находится в непосредственной близости к скважине;
 - *непродольное* – ПВ находится на удалении от скважины;
- по взаимному расположению пунктов приема и возбуждения:
 - *прямое* – ПВ находится на земной поверхности, ПП – в стволе скважины;
 - *обращенное* – ПВ находится в стволе скважины, ПП – на земной поверхности.

ВСП в рамках доизучения Тюбегатанского месторождения

Одна из основных задач скважинных исследований методом вертикального сейсмического профилирования в данной работе заключается в определении скоростей распространения упругих волн по стволу скважины и стратиграфической привязке отражающих горизонтов, выделенных по результатам наземной сейсморазведки на Тюбегатанском месторождении (Узбекистан).

На изучаемой территории скважинные сейсмические исследования выполнены в двух гидрогеологических скважинах. Работы проводились по методу прямого продольного

ВСП усилиями сотрудников отдела активной сейсмоакустики «ГИ УрО РАН». Для возбуждения упругих колебаний на земной поверхности использовался невзрывной импульсный источник типа AWD-33. Регистрация колебаний в скважине осуществлялась с помощью гидрофонной косы WellStreamer с расстоянием между гидрофонами, равным 4 м. Принципиальная схема проведения работ ВСП приведена на рисунке 1.

На рисунке 2 приведена смоделированная синтетическая сейсмограмма ВСП в случае горизонтально-слоистой среды и приведены основные типы волн. Для моделирования использовано программное обеспечение «Tesseral Engineering». Полезными для интерпретации данных ВСП являются падающая волна, по первым вступлениям которой можно определить скорость ее распространения, т.е. построить скоростную модель вдоль ствола скважины, а также восходящие отраженные волны, в результате миграции которых строится разрез ВСП-ОГТ.

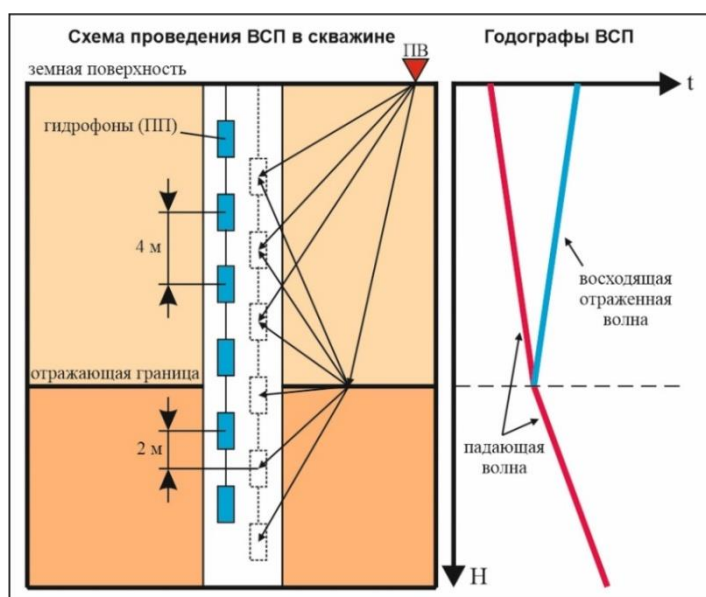


Рис. 1. Схема проведения ВСП в скважине и получаемые теоретические годографы

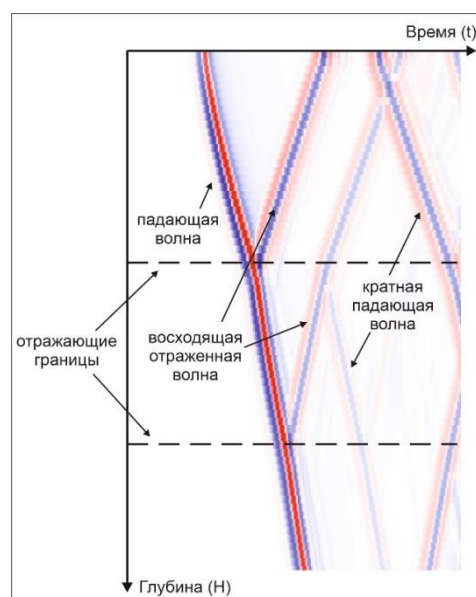


Рис. 2. Синтетическая сейсмограмма ВСП и типы волн

Основные параметры системы наблюдения ВСП на Тюбегатанском месторождении:

- минимальное удаление ПВ от устья скважины – 16 м;
- максимальное удаление ПВ от устья скважины – 56 м;
- шаг ПП в скважине – 2 м.
- шаг дискретизации – 0,2 мс (200 мкс).

Наземная сейсморазведка МОГТ

Наземные сейсморазведочные малоглубинные исследования методом общей глубинной точки проведены с целью доизучения строения Тюбегатанского месторождения в межскважинном пространстве. Данный метод обеспечивает достаточное для дальнейшей обработки и интерпретации соотношение сигнал/помеха [2].

Сейсмические работы выполнены по сети профильных линий. Как и при работах ВСП, для возбуждения упругих волн использовался источник AWD-33. Основные параметры системы наблюдений по методу ОГТ:

- шаг пунктов возбуждения – 8 м;
- шаг пунктов приема – 8 м;
- максимальная кратность наблюдений – 32;
- шаг дискретизации – 0,5 мс (500 мкс).

Обработка данных метода ВСП

Обработка данных ВСП, полученных в скважинах Тюбегатанского месторождения, производилась в программе RadExPro и включала в себя следующие процедуры:

- ввод полевого материала и присвоение заголовков;
- полосовая фильтрация;
- выделение поля первых вступлений для последующего мьютинга и построения скоростного закона;
- фильтрация в области частота-волновое число ($f-k$) для выделения восходящих отраженных волн;
- миграция Кирхгофа и преобразование ВСП-ОГТ для трансформации данных ВСП в разрез ОГТ;
- суммирование трасс ВСП для получения трасс однократных отражений, используемых для дальнейшей увязки данных ВСП и МОГТ.

На рисунке 3 представлены сейсмограммы ВСП до и после выполнения процедур полосовой фильтрации, мьютинга и фильтрации в области $f-k$. Получено поле восходящих отраженных волн.

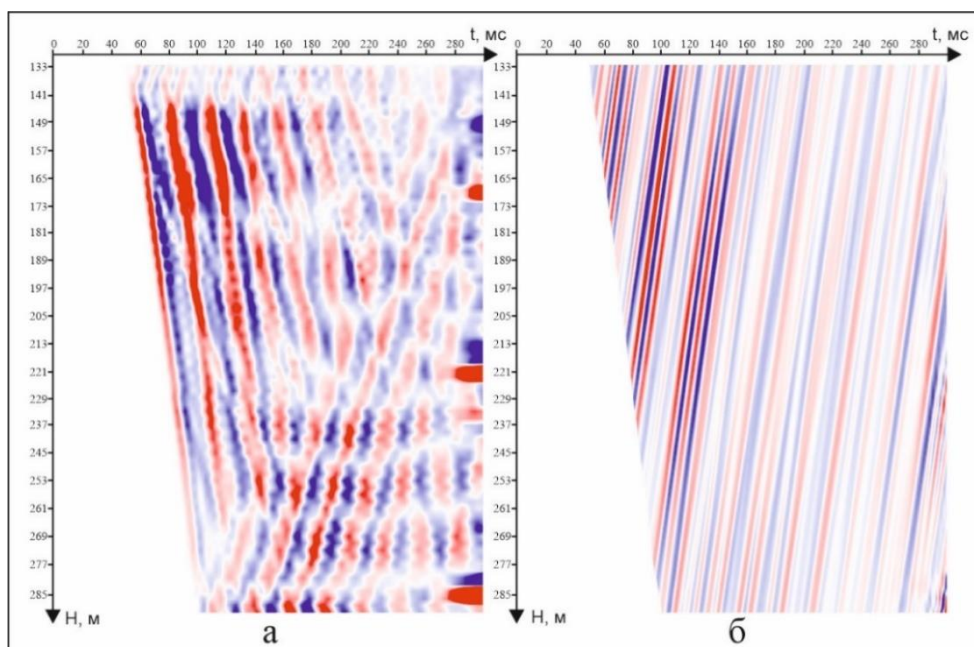


Рис. 3. Сейсмограмма ВСП до (а) и после (б) процедур обработки

Сопоставление результатов интерпретации ВСП и МОГТ

В результате обработки данных построены модели скоростей распространения продольных волн вдоль стволов скважин, а также получены поля отраженных восходящих волн, являющихся полезным сигналом в работах ВСП (рис. 4). На рисунке 4 видно, что стратиграфическая граница (подошва карабильской свиты и кровля гаурдакской свиты) соответствует отражающей границе, выделенной в поле отраженных восходящих волн. Также на этой границе наблюдается увеличение скоростей, что соответствует переходу от переслаивающейся толщи песчаников, глин и алевролитов к каменной соли.

После миграции сейсмограмм ВСП и построения разреза ОГТ вблизи скважин получена результирующая суммарная трасса ВСП, которая используется для взаимной увязки данных скважинной сейсморазведки и наземной сейсморазведки МОГТ (рис. 5).

При интерпретации сейсмических данных МОГТ прослежены два отражающих горизонта – кровля соли (ВС), находящаяся ниже забоя скважины на абсолютной отметке

784 м, и отражение, соответствующее контрастной акустической границе в карабильской свите на абсолютной отметке 1004 м. Как видно, положения горизонтов на трассах ВСП и разрезе МОГТ не совпадают. Это объясняется тем, что скважина находится не на сейсмическом профиле, а в 240 метрах к северо-западу (рис. 6), что совпадает с азимутом падения слоев на месторождении. Перепад абсолютных отметок горизонта ВС между скважиной и ближайшей точкой на сейсмическом профиле – около 40 м.

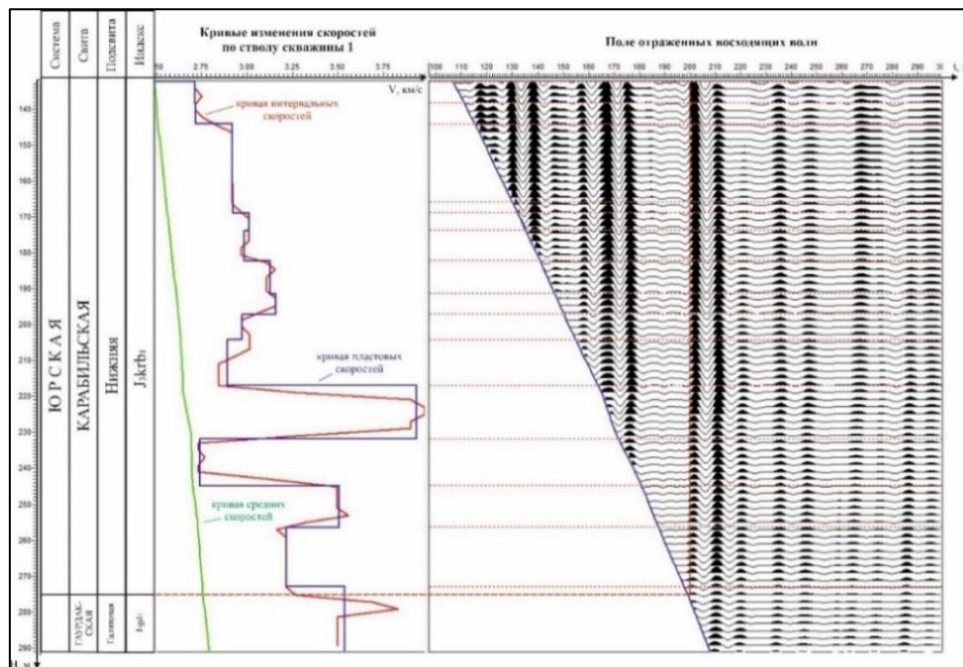


Рис. 4. Скоростная модель по скважине 1 с выделенным полем отраженных восходящих волн и стратиграфической колонкой

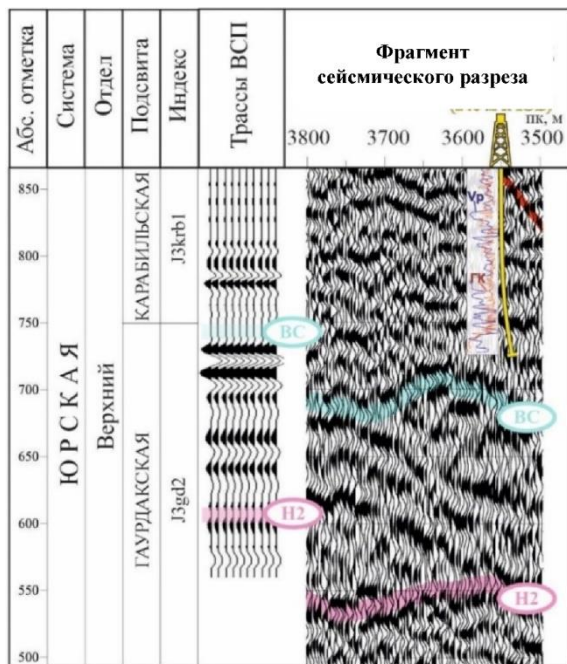


Рис. 5. Увязка данных ВСП и МОГТ и их стратиграфическая привязка

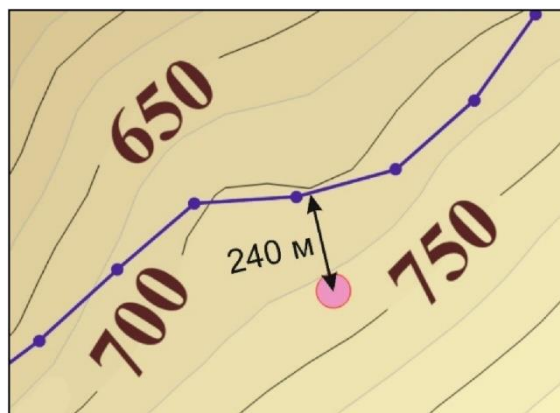


Рис. 6. Фрагмент карты абсолютных отметок горизонта ВС. Синей линией обозначен сейсморазведочный профиль, красной точкой – положение скважины

Заключение

Проведение работ ВСП на изучаемой территории позволило решить две основные задачи:

- получение опорной модели скоростей распространения упругих волн в скважинах;
- увязка данных ВСП и МОГТ, выделение по данным ВСП основных отражающих горизонтов для дальнейшей интерпретации сейсморазведки МОГТ.

На основании решения данных задач установлено, что комплексирование скважинных и наземных сейсморазведочных исследований для данной территории позволяет получать более точные результаты при решении задач стратиграфической привязки опорных отражающих горизонтов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баянов А.С., Меркулов В.П., Степанов Д.Ю. Вертикальное сейсмическое профилирование нефтяных и газовых скважин: учеб. пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 100 с.
2. Санфиоров И.А. Рудничные задачи сейсморазведки МОГТ / ГИ УрО РАН. – Екатеринбург, 1996. – 168 с.
3. RadExPro Plus 2020: руководство пользователя. – Текст электронный. – URL: <https://radexpro.com/> (Дата обращения 15.04.2023).

УДК 550. 83. 552.1

DOI:10.7242/echo.2023.3.16

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГРАВИМЕТРИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СЛОИСТЫХ ТОЛЩ В СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ

Г.П. Щербина

Горный институт УрО РАН, Пермь

Аннотация: Проведение и интерпретация гравиметрической съемки на месторождении калийных солей, расположенном на территории складчатого строения в горах Гиссарского хребта, имеет свои особенности. Гравиметрические профили прокладывались в зависимости от условий горного рельефа – по горным долинам. Это определило разное расстояние между линиями профилей, что осложняет интерпретацию гравитационного поля. На изучаемой территории расстояние между профилями составило 0,5-1,5 км. Это обстоятельство обусловило разную детальность гравитационной характеристики на разных участках между профилями.

Существенно разная глубина залегания соляного пласта вблизи вершины складки (200-300 м) и в нижней части крыла (1000-200 м) влияет на выявляемую по данным гравитационного поля детальность его плотностного строения. Наиболее детально гравитационное поле характеризует плотностное строение продуктивного пласта на участке близкого залегания к земной поверхности, т.е. в верхней части крыла складки. С погружением слоя солей уменьшается выявляемая детальность его плотностного строения по данным гравиметрии. Т.е. один и тот же стратиграфический слой, залегающий наклонно, отражается в гравитационном поле с разной степенью детальности.

Результаты гравиметрической съемки показали также, что в результате деформаций породного массива при горообразовании надсоляная толща приобрела повышенную плотностную неоднородность по сравнению с соляным и подсоляным разрезом. Гравиметрической съемкой выявлено, что повышенной плотностной неоднородностью характеризуются участки близкие к вершине складки, находящиеся в зоне гипергенеза. Эти участки являются наиболее опасными с точки зрения возможного затопления соляного месторождения при обработке полезного ископаемого.

Ключевые слова: гравиметрическая съемка, складчатое строение территории, плотностная неоднородность породных толщ.