

О. А. Нанишвили

**УЧЕТ НЕОДНОРОДНОСТИ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА (ВЧР)
ПРИ ОБРАБОТКЕ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ ДАННЫХ**

Изучение верхней части разреза необходимо для повышения точности сейсморазведочных работ. В данной статье описан способ учета статических аномалий, связанных с влиянием верхней части разреза.

Ключевые слова: зона малых скоростей, верхняя часть разреза, преломленная волна, отраженная волна, статические поправки.

O. A. Nanishvili

**THE ACCOUNTING OF INHOMOGENEITY THE UPPER PART
IN THE PROCESSING OF SEISMIC DATA**

Researching of the upper part of profile is necessary to improve accuracy of seismic works. The article describe method of accounting static anomalies connected with the influence of the the upper part of the profile.

Key words: low velocity zone, the upper part of the log, refracted wave, reflected wave, static corrections.

Введение

Целью обработки и интерпретации результатов сейсморазведки МОВ ОГТ является построение и уточнение глубинно-скоростной модели разреза.

Для территории Западной Сибири в настоящий момент не существует ярко выраженного универсального подхода к решению данной задачи. Это связано с особенностями применяемых методик, конкретными поверхностными условиями, различным уровнем метрологического обеспечения работ, качеством полевого материала.

Существует большое количество методик обработки и интерпретации [1, 2], но все они, в большинстве своем, не гарантируют абсолютной достоверности результата. Зачастую применение различных подходов к обработке и интерпретации дает значительно разнящиеся результаты, несмотря на то, что в основе лежат одинаковые исходные данные.

Тем не менее за время своего существования сформировались определенные правила и методики как проведения полевых работ, так и обработки и интерпретации данных МОВ ОГТ, выполнение которых необходимо для достижения современных требований к точности построений и моделирования в целом.

Для Западной Сибири проблема точности модельных построений имеет повышенную важность – закончился период открытий месторождений, подобных Самотлору, Федоровскому, Приобскому и др., в настоящее время весь поисковый интерес прикован к малоразмерным (до 3 км в поперечном сечении) и малоамплитудным (10–15 м) объектам, а также объектам неструктурного типа.

Выявление подобных объектов имеет ряд затруднений: методические ограничения, применение упрощенных и неадекватных методик полевых работ, моделей распространения волн и схем обработки сейсмических данных. Но наиболее значимым негативным фактором является неоднородность верхней части разреза (ВЧР) – наиболее проблемная для изучения и учета область сейсморазведки.

Сегодня требования недропользователей к точности результатов сейсморазведки неуклонно растут. Соответственно для достижения требуемого уровня необходимо увеличение точности определения параметров отраженных и преломленных волн, привлечение данных специализированных работ, ориентированных на объекты ВЧР, использование более адекватных моделей ВЧР и методов ввода корректирующих поправок.

В период становления сейсморазведочного изучения Западной Сибири сформировалось представление о несущественном влиянии ВЧР и поверхностных условий на точность результатов сейсморазведки.

Более адекватный подход к проблеме ВЧР сформировался к середине 80-х годов, когда появились убедительные доказательства влияния скоростных неоднородностей ВЧР на точность результатов и, как следствие, необходимость их учета. Среди основоположников изучения проблемы были:

В. А. Гершаник, В. И. Кривокурцев, В. С. Козырев, В. В. Жданович, В. К. Монастырев, В. М. Глоговский, Ю. П. Бевзенко и др.

Постепенно стал применяться учет влияния аномалий ВЧР по данным стандартной системы наблюдений МОВ ОГТ. На этапе обработки получили распространение способы учета, такие как обработка волн первых вступлений, интерактивная коррекция аномалий, использование времен и эффективных скоростей для замещения неоднородного слоя.

Учет искажающего влияния ВЧР

В настоящее время уже не подвергается сомнению необходимость изучения и учета искажающего влияния ВЧР, обсуждается в основном вопрос, какие технологии и методики как на этапе полевых работ, так и обработки, обеспечивают решение проблемы ВЧР с необходимой точностью, позволяющие выявление малоразмерных объектов.

В настоящее время наблюдается большое разнообразие применяемых методов изучения и учета ВЧР, но, несмотря на это, всех их можно разделить на две группы – прямые и косвенные.

Суть прямых методов заключается в непосредственном изучении сейсмического отображения аномалиеобразующего объекта, то есть его выделение и интерпретация по отраженным или преломленным волнам, формирующимся на границах ВЧР. Такими границами в условиях Западной Сибири главным образом являются: подошва зоны малых скоростей (ЗМС), а также кровля и подошва многолетнемерзлых пород (ММП).

Наибольшим применением в этой группе пользуются:

- способ вертикального времени;
- использование волн первых вступлений [3];
- учет ЗМС по данным МСК и МОВ микроОГТ [1];
- статистический способ расчета поправок за влияние неоднородностей мерзлоты;
- учет ВЧР по технологии многоуровневой сейсморазведки [2].

Предметом изучения косвенных методов и анализа является не сам аномальный объект ВЧР, а его искажающее влияние на параметры нижележащих сейсмических горизонтов.

Наиболее применяемыми в этой группе являются:

- интерактивные методики, основанные на анализе и коррекции аномалий по разрезам различной сортировки или фрагментам сейсмограмм отраженных волн;
- способ верхнего опорного горизонта (учет локальных неоднородностей ВЧР статическими поправками по схеме замещения);
- автоматическая коррекция аномалий на основе гиперболизации годографов ОГТ отраженных волн (различные модификации программы PAKS);
- методики, основанные на построении некоторой эффективной неоднородной модели ВЧР с последующим приведением (пересчетом) волнового поля к более однородной модели (системы ИНТЕРСЕЙС, VELINK, алгоритмы сейсмической томографии, лучевой и волновой миграции сейсмограмм ОГТ).

Тем не менее, несмотря на большое количество сформировавшихся подходов к обработке и интерпретации данных, можно отметить недостаточную проработанность вопроса об учете искажающего влияния ВЧР в целом по различным причинам: дефицит информации о строении ВЧР; недостаточная точность определения параметров ВЧР; разрыв между обработкой и интерпретацией, начиная расчетом априорных статических поправок и заканчивая выдачей результативной глубинно-скоростной модели.

По результатам многолетних исследований, для районов Западной Сибири характерно присутствие в ВЧР двух факторов формирования аномалий – зона малых скоростей и зоны многолетнемерзлых пород.

Особенности строения ЗМС и мерзлых пород не имеют четко выраженной однозначности – они могут существенно меняться в зависимости от принадлежности к различным геокриологическим зонам. Тем не менее их характер (низкоскоростной ЗМС и высокоскоростной ММП) по отношению к подстилающим породам постоянен.

По причине того, что в настоящее время поисковый интерес прикован к малоразмерным и малоамплитудным объектам, решение задачи по учету искажающего фактора ВЧР выходит на первый план, потому как аномалии, образуемые им, выделяются ярче, нежели объекты поиска. Величина локальных аномалий ВЧР, характерная для районов Западной Сибири, составляет 10–15 мс, что соответствует амплитуде объектов поиска во временной области [3].

Поэтому в настоящее время достоверность выявления глубинных структурных объектов может быть обеспечена только при условии знания не только параметра времени (t_0), но и параметра скорости.

Именно информация о средних скоростях, извлекаемая из сейсмических данных, является основой построения глубинно-скоростной модели среды, при этом достоверность такой глубинно-скоростной модели напрямую зависит от точности определения эффективных скоростей.

В свою очередь, точность определения эффективных скоростей зависит от корректности и точности учета неоднородностей ВЧР, главным образом, факторов рельефа, ЗМС и мерзлоты.

Также важно понимать, что точность учета неоднородностей ВЧР и точность модели ВЧР является необходимым, но недостаточным условием, поскольку есть и другие значимые факторы, такие как степень оптимальности условий возбуждения-приема волн, кратность, максимальное удаление источник-приемник [3].

Само собой разумеющимся является вывод о том, что применение самых совершенных технологий и программ учета скоростных неоднородностей ВЧР при недостаточности информации об искажающем объекте в принципе не может обеспечить точности, необходимой для подготовки малоамплитудных и малоразмерных объектов к глубокому бурению, а также выявления целевых аномалий, размеры которых меньше погрешности учета влияния ВЧР.

Общеизвестными являются способы учета влияния неоднородностей верхней части разреза, включающие следующие этапы:

- построение схемы изохрон отраженной волны от верхнего опорного горизонта, залегающего ниже подошвы верхней части разреза;
- пересчет схемы изохрон в схему скорректированных за влияние неоднородностей ВЧР изохрон;
- расчет корректирующих статических поправок;
- применение полученных статических поправок к трассам сейсмограмм;
- построение с использованием остаточных поправок времен структурных схем;
- построение временных разрезов с дополнительно скорректированной статикой;
- построение по общей глубинной точке структурных схем более глубоких горизонтов по всему разрезу.

Наиболее важным при учете влияния неоднородностей ВЧР упомянутыми способами является этап построения структурной карты верхнего опорного горизонта, и от ее точности напрямую зависит точность поправок, и, как следствие, точность структурных построений по нижележащим горизонтам после применения статических поправок.

По этой причине о надежности и достоверности всех последующих построений можно говорить только после привязки опорных горизонтов к скважинной информации, что выполняется по результатам вертикального сейсмического профилирования (ВСП) в скважинах, расположенных непосредственно на площади работ [1], либо прослеживанием волновой картины до ближайшей имеющейся скважины. Соответственно с повышением количества скважин, используемых для привязки, повышается вероятность достоверности структурных построений. В случае отсутствия скважин на площади работ и прилегающей территории, все построения носят субъективный характер.

В любом случае глубинно-скоростная модель, формируемая на основе параметров отраженных волн горизонтов (t_0 и $V_{огт}$), залегающих ниже подошвы ВЧР, весьма чувствительна к точности априорных статических поправок, главным образом, за влияние рельефа и ЗМС.

Предлагаемый в данной работе способ учета вышеописанных искажающих факторов является дополнением к существующим методикам и имеет в своей основе общепринятые методы определения ряда ключевых параметров ($V_{огт}$). Сам способ является целиком интерпретационным и не требует использования дополнительных технических приемов на полевом этапе, и ориентирован исключительно на статические поправки, как инструмент учета влияния ВЧР.

Цель предлагаемой методики состоит в повышении точности сейсмоструктурных построений за счет комбинированного использования первых вступлений как отраженных волн, так и преломленных, в формировании статической поправки за влияние неоднородностей рельефа и/или высокоскоростного слоя.

Рассмотрим последовательность действий с целью учета погрешностей сейсмических глубин при наличии в ВЧР неоднородного высокоскоростного слоя (ММП) на основе материалов, полученных по результатам работ МОВ ОГТ 2D [4]. Обработка сейсмических материалов проводилась на ВЦ ГЭОИ ОАО «Хантымансийскгеофизика» на ЭВМ SUN Ultra – Enter-prise-450 в обрабатывающей системе ProMAX 2003.0.

Перед началом обработки по всему объему полевых материалов проводилась редакция с целью отбраковки трасс и сейсмограмм, непригодных к суммированию, применялась широкополосная фильтрация и процедура восстановления истинных амплитуд в режиме учета сферического расхождения фронта волны. Для повышения разрешенности сейсмической записи применялась поверхност-

но-согласованная деконволюция сжатия с последующим выравниванием всех частотных составляющих спектра сигнала.

Априорные статические поправки рассчитывались от поверхности до уровня приведения 0 метров. При расчете учитывались: альтитуды пунктов взрыва и приема, глубина заложения заряда, вертикальное время. Скорость в подстилающем слое была принята равной 1600 м/с.

Территория работ характеризуется развитием высокоскоростной мерзлой толщи (рис. 1), имеющей не повсеместное распространение и невыдержанной по мощности, скорость продольных волн в которой может находиться в пределах от 2200 м/с до 4000 м/с (рис. 2).

Основой для построения глубинно-скоростной модели являются временные разрезы с введенными корректирующими поправками за высокоскоростные неоднородности ВЧР. Разумеется, использовать в качестве априорной информации рассчитанную на основе t_0 и $V_{огт}$ структурную поверхность неглубокого горизонта, подразумевает под собой, что, чем более точно определены t_0 и $V_{огт}$, и чем ближе к подошве ВЧР горизонт залегает, тем лучше будет результат.

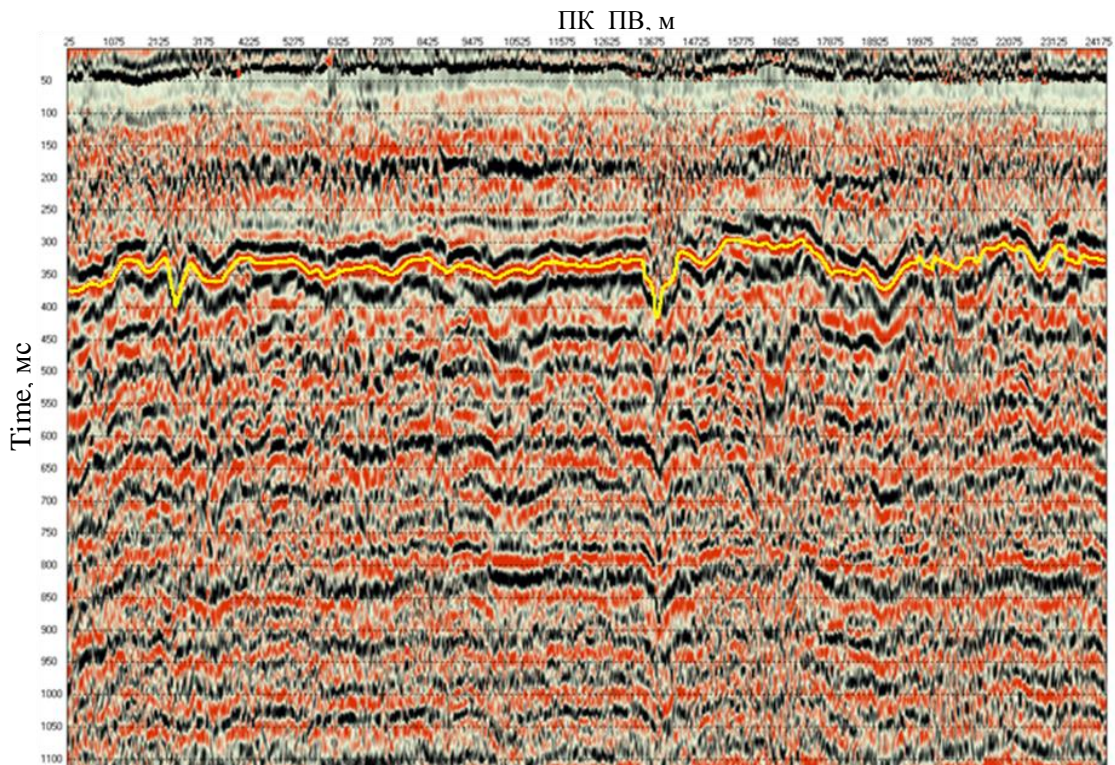


Рисунок 1 – Корреляция кровли ММП (желтым цветом) по данным МОВ ОГТ

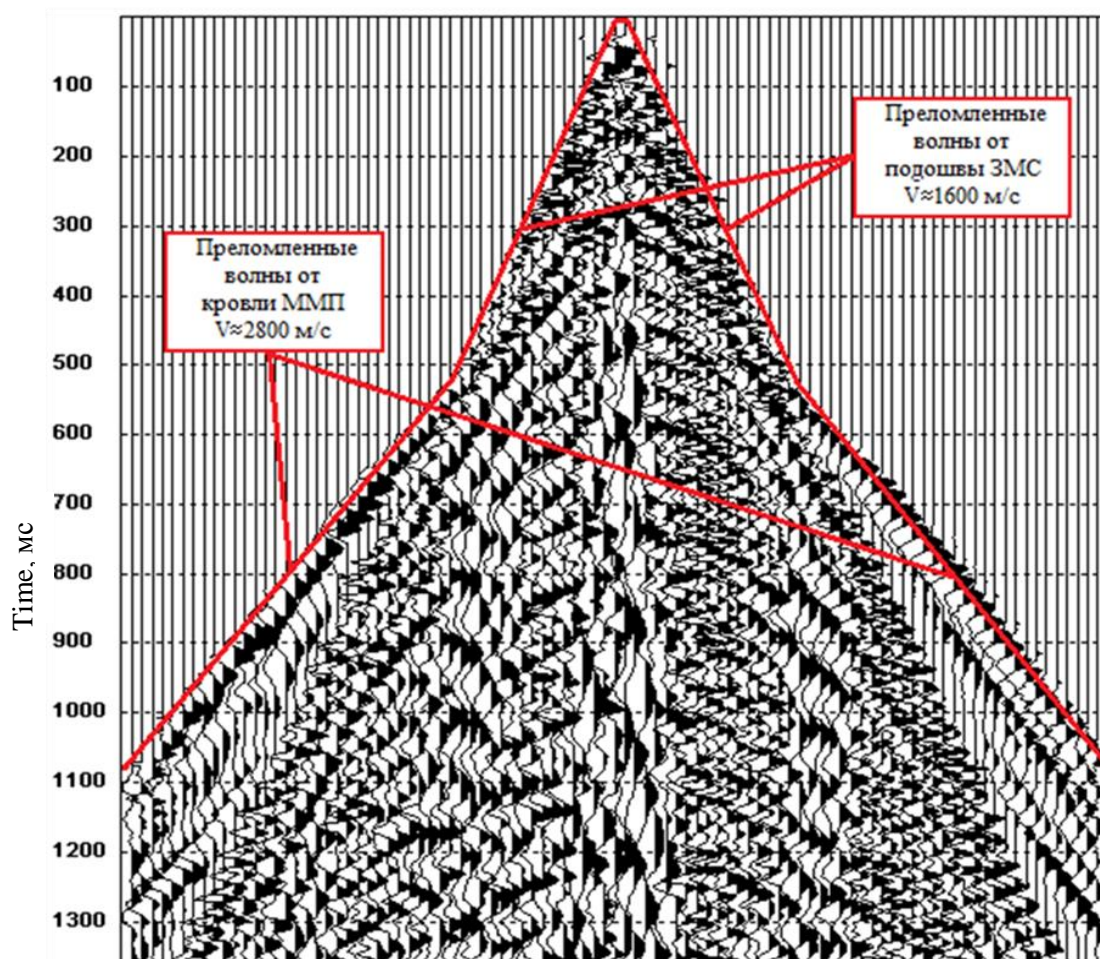


Рисунок 2 – Сейсмограмма ОПВ МОВ

Суть предложенного способа сводится к тому, что построение опорного горизонта, получение параметра t_0 выполняется с использованием различных типов волн, дополняющих друг друга (рис. 3). Информация о скоростях $V_{\text{отг}}$, используемая для построений, извлекается из сейсмограмм применением вертикального скоростного анализа и построением скоростных разрезов.

В основе первого варианта лежит стандартная процедура прослеживания горизонта по отраженным волнам (рис. 3, а). Преимуществом модели является уверенное прослеживание отражающих границ практически вдоль всего временного разреза, за исключением локально-выраженной аномалии, наблюдаемой на пикете 16900. Происхождение аномалии объясняется зоной «шероховатости», возникающей вследствие, так называемого, «эффекта преломления» на границе мерзлотного тела.

По этой причине основой для построения второго варианта (рис. 3, б) видится логичным использование преломленных волн. Современные технологии обработки позволяют получить по преломленной волне горизонт, времена которого эквивалентны t_0 при прохождении сейсмической волны в слое по вертикали.

Отличительной чертой полученного таким образом разреза является практически не искаженная в поле t_0 и $V_{\text{отг}}$ картина над локальной аномалией, что позволяет получить значения статических поправок в неискаженном виде. Опираясь на вышеописанные построения, представляется возможным компенсация искажающего влияния верхней части разреза путем применения первых вступлений отраженных и преломленных волн.

С этой целью априорные статические поправки, рассчитанные на основе отраженных волн, были модифицированы – в пределах влияния аномалиеобразующего объекта были использованы значения корреляции по преломленным волнам.

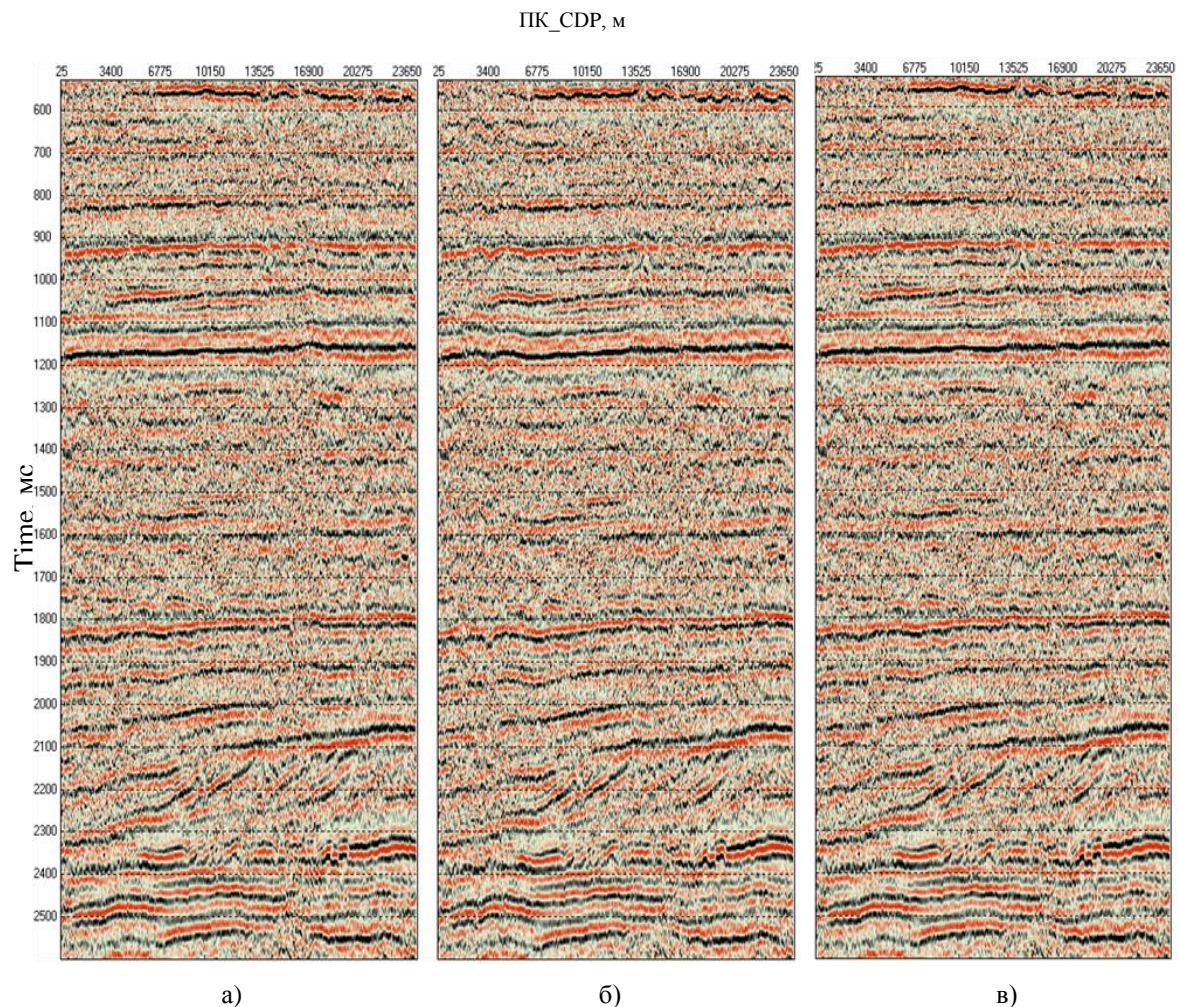


Рисунок 3 – Модели опорного горизонта: а) с поправками, рассчитанными по отраженным волнам, б) – с поправками, рассчитанными по преломленным волнам, в) – с комбинированными априорными статическими поправками

На временном разрезе (рис. 3, в), смоделированном подобным образом, выбранный опорный горизонт позволяет уверенное субгоризонтальное прослеживание, с полным компенсированием скоростной аномалии.

На рисунке 4 представлены коррекционные статические поправки, которые использовались при построении временных разрезов. Значения статических поправок, компенсирующих искажающее влияние скоростных неоднородностей в зоне малых скоростей (ЗМС) и в верхней части разреза (ВЧР), рассчитываются способом замещения слоя. При этом предполагается замена резко изменчивого по мощности низкоскоростного слоя породами эквивалентного по мощности подстилающего слоя со стабильными скоростями. В случае такой замены применение для расчета статических поправок за рельеф постоянной скорости $V=1600\text{м/с}$ будет корректно.

Таким образом, в условиях Западной Сибири наиболее ценной априорной информацией для решения проблем, связанных с искажающим влиянием ВЧР, являются: модель ЗМС, данные о распределении толщин и интервальных скоростей в мерзлой толще, структурная поверхность верхнего опорного горизонта, точное определение параметра $V_{\text{огт}}$. При этом вопрос об определении $V_{\text{огт}}$ требует отдельного расширенного рассмотрения.

На рисунке 5 представлены: предварительный временной разрез (рис. 5, а) исследуемого профиля МОВ ОГТ 2D, до введения статических поправок за влияние высокоскоростной аномальной зоны, и финальный временной разрез (рис. 5, б), с высокочастотной коррекцией статических поправок.

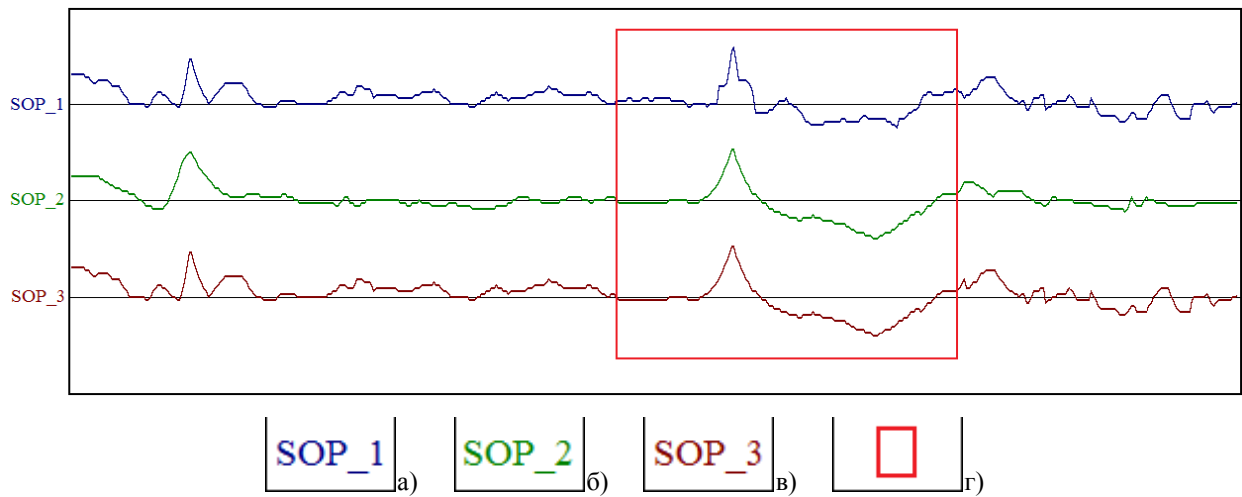


Рисунок 4 – Коррекционные статические поправки: а) по отраженным волнам, б) по преломленным волнам, в) комбинированные поправки, г) область комбинирования

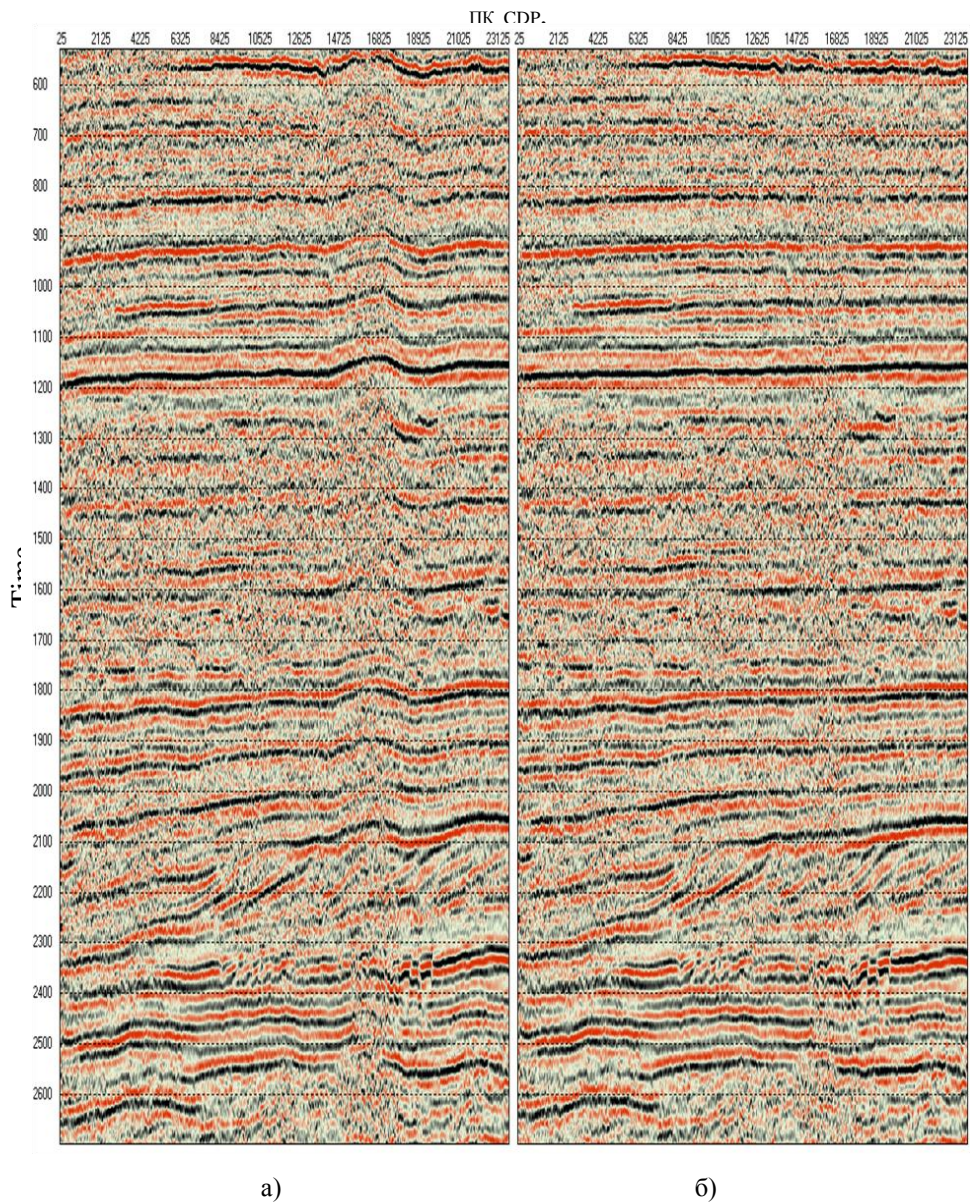


Рисунок 5 – Предварительный временной разрез МОВ ОГТ 2D до введения статических поправок за влияние ВЧР (а) и финальный временной разрез МОВ ОГТ 2D с высокочастотной коррекцией статических поправок (б)

Выводы

Применение вышеописанного способа учета с привлечением волн-спутников ориентировано исключительно на статистической коррекции и направлено на повышение точности результативных сейсмических и глубинно-скоростных моделей, следовательно способствуют получению более адекватных моделей геологических объектов.

Следует добавить, что существует значительный резерв повышения точности и достоверности результативных сейсмических и глубинно-скоростных моделей, при этом принципиальным является применение адекватной поверхностным и глубинным условиям методики полевых работ, а также корректного подхода к обработке и интерпретации данных МОВ ОГТ.

Литература

1. Козырев, В. С. Учет неоднородностей верхней части разреза в сейсморазведке [Текст] / В. С. Козырев. – Москва : Недра, 2003.
2. Бевзенко, Ю. П. Многоуровневая высокоточная сейсморазведка в районах развития многолетней мерзлоты [Текст] / Ю. П. Бевзенко. – Тюмень : ТюмГУ, 2004.
3. Нанишвили, О. А. Учет неоднородностей верхней части разреза (ВЧР) комбинированием первых вступлений отраженных и преломленных волн [Текст] / О. А. Нанишвили // Ежемесячный научный журнал ЕСУ. – 2016. – № 2 (23), Ч. 1. – С. 162–166.
4. Машьянова, Л. И. Отчет о результатах детальных работ МОВ ОГТ М 1:50000 на Юильской площади в Сургутском районе Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области [Текст] / Л. И. Машьянова, С. С. Басырова. – Тюмень : ОАО «ТНГФ», 2004.