

Некоторые проблемные вопросы изучения и учета влияния верхней части разреза в сейсморазведке

■ Михеев С.И., Михеев Д.С., НВНИИГГ, г.Саратов

Аннотация. В статье обсуждаются проблемы, возникающие в сейсморазведке при изучении и учете искажающего влияния верхней части разреза (ВЧР). Делается вывод о необходимости выявления и учета в практике малоизученных факторов, препятствующих получению точных сведений о строении и свойствах ВЧР.

Проблема повышения эффективности способов исключения искажений характеристик отраженных волн, связанных с верхней частью разреза, относится к наиболее актуальным. Решение данной проблемы требует углубления и систематизации данных об искажающей роли различных факторов, снижающих точность определяемых характеристик ВЧР. По нашему мнению, некоторые из связанных с данной проблемой вопросов не нашли адекватного своей роли освещения в опубликованной литературе [6, 11, 17, 18 и др.]. Это и послужило побудительной причиной для написания данной статьи.

При проведении сейсморазведочных работ ВЧР обычно изучается микросейсмокаротажом (МСК) или методом преломленных волн (МПВ).

Оба этих метода характеризуются ошибками, часть из которых являются общими, часть специфическими для конкретного метода. Основные погрешности определения и задания статических поправок как в МСК, так и в МПВ определяются:

- ошибками интерполяции и экстраполяции поправок между пикетами, где они определялись на основе применения специальных систем наблюдения;
- зависимостью физических свойств верхней части разреза от времени изучения;
- ограничением глубины изучения ВЧР, приводящим к недоучету неоднородностей, залегающих ниже кровли коренных пород;

- анизотропными свойствами ВЧР.

Рассмотрим вышеприведенные причины возникновения ошибок при определении статических поправок в порядке их перечисления.

Ошибки задания статических поправок, связанные с интерполяцией и экстраполяцией их значений, возникают вследствие относительно больших расстояний между скважинами МСК или пикетами зондирования МПВ. Очевидный путь преодоления указанной проблемы, основанный на сгущении точек наблюдения до 500м/км и менее, на практике реализуется редко по экономическим причинам. Широкое внедрение в практику сейсморазведочных работ технологии МОГТ 3D внесло дополнительные сложности в решение проблемы учета ВЧР, обусловленные разреженностью сети специальных наблюдений по ее изучению. В МОГТ 3D необходимо знать строение и свойства ВЧР на всей площади съемки, которая может быть довольно значительной. В результате еще более острым, по сравнению с профильной сейсморазведкой, становится вопрос о достаточной плотности наблюдений. Последняя должна быть оптимальной, то есть должна обеспечивать надежное решение поставленных геологических задач при приемлемых затратах. Как справедливо отмечено в работе [3], некоторые геофизические компании, убедившись в недостаточной эффективности применения приемлемой с позиций затрат сети 4 x 4 км и даже 2 x 2 км, предлагают обрабатывать МСК или

малоглубинные зондирования МПВ по сети 1 x 1 км, 500 x 500 м и менее. Тем самым ситуация с решением проблемы учёта поверхностных неоднородностей загоняется в тупик. Действительно, расходы на изучение ВЧР в таком случае становятся очень велики и превышают 15 - 20% стоимости полевых сейсмических исследований. В итоге они могут оказаться в разы большими, чем расходы на обработку и интерпретацию материалов МОГТ.

Зависимость физических свойств верхней части разреза от времени изучения определяется непостоянством физических свойств слагающих ее пород, что, в первую очередь, объясняется изменением их влажности. Действительно, с одной стороны акустические свойства пород очень сильно зависят от их водонасыщенности, с другой – уровень грунтовых вод (УГВ), который обычно определяет положение кровли коренных пород, с точки зрения сейсморазведчика, чувствителен к изменениям, происходящим в атмосфере, лунно-солнечным приливам и др. По многочисленным опубликованным данным, УГВ существенно меняется даже в пределах суток [5]. В частности, к его изменению, а также непостоянству водонасыщенности пород ВЧР в целом приводит просачивание талых и дождевых вод. После выпадения дождя объемная влажность почвы резко увеличивается. Причем коэффициент инфильтрации (доля влаги осадков, перешедшая в грунтовые воды) для большинства водосборов основных рек России превышает 0.6. В сухое время года верхний водоносный горизонт отдает речной сети часть воды, что приводит к снижению УГВ.

При проведении сейсморазведочных работ в переходных зонах возникает специфическая проблема учета приливно-отливных явлений. Оно приводит к

изменению толщины водного слоя, которое в ряде районов превышает 3м. Это, в свою очередь, вызывает временные сдвиги порядка 4 мс. Изменения толщины водного слоя могут определяться также перемещениями береговой линии под воздействием ветра.

Другим фактором, также определяющим временную изменчивость физических свойств пород ВЧР, является непостоянство температуры приповерхностного слоя. Согласно [19] годовые колебания температуры наблюдаются до глубин 5 - 30 м. Причем на глубинах 1.5 - 2.0 м в течение года температура изменяется на 5 - 10 С. Особенно сильные изменения скоростей пород ВЧР наблюдаются в результате их промерзания. Например, водонасыщенные песчано-глинистые породы характеризуются скоростями 1500 – 2400 м/с в талом состоянии и 2600 – 3500 м/с в мерзлом. При промерзании грубодисперсных пород значения скоростей продольных волн V_p резко возрастают в 3 - 5 раз и более, при промерзании тонкодисперсных - в 1.5 - 3 раза. Кратковременное промерзание почвы связано с ночными заморозками, сезонное вызывается наличием среднесуточных отрицательных температур зимой. Сезонномерзлые толщи обычно представляют собой непрерывные по вертикали слои. Верхняя их граница совпадает с дневной поверхностью, а нижняя граница находится на относительно небольшой (от сантиметров до единиц метров) глубине.

Для некоторых регионов значительной проблемой является учет в данных сейсморазведки многолетнемерзлых пород (ММП). Их кровля залегает на различных глубинах ниже дневной поверхности вследствие неравномерного сезонного или многолетнего протаивания. Наблюдаются случаи залегания двух и более слоев многолетнемерзлых пород

друг над другом, разделенных талыми прослоями. Кровля ММП является акустически жесткой границей, на которой формируются интенсивные отраженные и преломленные волны. Также усложняющими изучение и учет ВЧР факторами при наличии сезонномерзлых толщ и ММП являются значительные по величине и протяженности аномалии градиента скорости в зонах оттаивания мерзлого грунта.

Другая причина, сказывающаяся в результатах разновременного определения характеристик ВЧР, связана с формированием снежного покрова в зимнее время. Причем дополнительное влияние на свойства такого покрова оказывает процесс его уплотнения.

Кроме того, временную изменчивость скоростных характеристик ВЧР вызывают вариации в ней давления. Такие вариации происходят по целому ряду причин, каждая из которых имеет свою периодичность. Поэтому итоговое давление, влияющее на скорость распространения сейсмических волн, представляет собой сложную функцию времени, содержащую множество компонент. Как отмечено в работе [4], особенно большие вариации скорости продольных волн отмечаются при малых значениях давления в характерных для ВЧР терригенных слабоуплотненных породах. Изменения здесь давления всего лишь на 10 МПа могут приводить к вариациям скорости до 10%, а, следовательно, и к вариациям значений времен пробега сейсмических волн через этот интервал разреза так же до 10%.

Обсуждаемая изменчивость давления преимущественно связывается с действием лунно-солнечных приливных сил. Установлено, что амплитуда колебаний лунно-солнечных приливных сил изменяется во времени с периодами: 18,61 г., 8,85 г., 6,0 г., 1 г., 0,5 г., месячным, полуме-

сячным, недельным, суточным, полусуточным и другими менее значимыми периодами [16].

Для количественной оценки временной изменчивости свойств ВЧР автором совместно со Старовойтовым В.С. были проанализированы данные МСК в пределах Северо-Гвардейского и Слепцовского участков [10]. Данные участки расположены в Саратовском Правобережье и отличаются весьма сложными поверхностными сейсмогеологическими условиями. Общее количество проанализированных зондирований МСК составило 218. С целью расширения возможностей анализа экспериментальных данных и повышения надежности результатов вычислялись и изучались вертикальные времена T_v для глубин $H = 30$ м, 60 м и 80 м. Всего было сформировано по 9 выборок T_v , отвечающих различным глубинам и временам отработки МСК. В одну группу сведены результаты, полученные летом, в другую - зимой, в третью - весной и осенью. Объединение наблюдаемых данных весеннего и осеннего периодов было выполнено исходя из близости для них результатов определений T_v , а также с целью обеспечения приблизительно одинаковой представительности всех сформированных выборок для разных временных интервалов.

Анализ собранных данных выявил тенденцию уменьшения значений T_v в зимний и весенне-осенний периоды по сравнению с летним. Для зимнего периода уменьшение в среднем составило 4.5 мс, для весенне-осеннего – 3.0 мс. При использовании наиболее распространенных сейчас поверхностных источников сейсмических колебаний, отмеченные аномалии T_v могут привести к искажениям вертикальных времен на разрезах ОГТ порядка 6-9 мс, существенным с точки зрения современной практики нефтегазопромысловых работ.

Переходя к обсуждению последствий недоучета неоднородностей, залегающих ниже кровли коренных пород, отметим, что важность данной проблемы, в свете анализа эффективности исключения искажающего влияния ВЧР, подчеркивалась еще в работах Н.Н. Пузырева [15]. Наличие обсуждаемых неоднородностей приводит к значительным искажениям характеристик регистрируемых полей отраженных волн. Действительно, ниже выбираемых из общепринятых в сейсморазведке соотношений линий приведения (ЛП) в большинстве случаев наблюдаются криволинейность границ раздела, зоны литологического замещения пород, дизъюнктивные нарушения, линзы водоносных пород и пр. Вышеперечисленные и другие неоднородности, расположенные ниже ЛП, приводят к значительному искажению регистрируемой на поверхности волновой картины. Для того чтобы убедиться в справедливости утверждения о сложном строении разреза ниже обычно выбираемых ЛП достаточно ознакомиться с имеющимися геологическими и особенно гидрогеологическими разрезами большинства территорий, где проводятся сейсмические исследования. Найти их для разных территорий России можно, например, в справочнике [2].

Судя по опубликованной литературе, влияние на регистрируемое волновое поле глубокозалегающих локальных неоднородностей ВЧР изучено недостаточно. Общепринятым является предположение, что в этой части разреза значительных изменений строения и упругих свойств пород не наблюдается. Повсеместное распространение указанного допущения отчасти является вынужденным, так как методические и экономические трудности учета искажающего влияния неоднородностей, расположен-

ных ниже кровли коренных пород, очевидны. Действительно, углубление скважин МСК влечет значительное удорожание комплекса сейсморазведочных работ, малоглубинные же модификации отраженных и преломленных волн встречают значительные трудности методического характера при изучении глубин от нескольких десятков до нескольких сотен метров. Таким образом, для малоглубинной модификации МОГТ возникает трудноразрешимая проблема кардинального повышения разрешающей способности метода. Помимо того, стоимость малоглубинного МОГТ оказывается сопоставимой со стоимостью основного вида глубинных исследований. Реализация же специальных работ МПВ по изучению ВЧР повышенной глубинности, помимо экономических причин, осложняется частым проявлением эффекта выпадения слоев. Подробное обсуждение данного эффекта будет приведено ниже.

Влияние анизотропных свойств ВЧР на данные сейсморазведки при проведении геологоразведочных работ на нефть и газ практически не исследовалось. При изучении свойств ВЧР помимо эффектов, обусловленных упорядоченностью внутренней структуры вещества, т. е. проявления собственно анизотропии, необходимо учитывать и влияние литологической неоднородности разреза (квазианизотропию). Исходя из общетеоретических соображений, эффекты анизотропии и квазианизотропии могут определять расхождения данных различных методов изучения ВЧР, так как влияние этих эффектов зависит от используемых физических полей, характеристик систем наблюдения, спектра используемых колебаний и др. Кроме того, очевидной является возможность искажения используемых данных о характеристиках приповерхностных отложений за счет

различной ориентации вспомогательной и основной систем наблюдений. Влияние обсуждаемого фактора исследовалось с участием авторов на месторождении Тенгиз, где в рамках опытно-методических работ были выполнены наблюдения в трех скважинах глубиной 50 м. В качестве источника колебаний использовался взрыв одиночного детонатора с шагом по стволу скважин 2.5 м. Наблюдения осуществлялись многократно в течение 24-х часов через каждый час (т.е. 24 раза на каждой скважине) по системе обращенного трехкомпонентного микросейсмокаротажа. Прием колебаний проводился на трех пересекающихся расстановках, которым соответствовало шесть лучей наблюдений. Сейсмоприемники располагались на удалениях 5, 10, 15, 20 и 25 м от устья скважин. По данным МСК вычислялись скорости в зоне малых скоростей (V1) и скорости в коренных породах (V2). Проведенные эксперименты показали, что в условиях территории исследований максимальные различия значений скоростей в ЗМС и коренных породах ВЧР, обусловленные различной ориентацией систем наблюдений, достигают 5%, что значимо для практики нефтегазопромысловых работ.

Указанные изменения не могут быть объяснены проявлением случайных погрешностей измерений, так как последние были проведены 24 раза и полученные результаты характеризовались небольшими (до 1-2%) знакопеременными расхождениями. Причем средние значения расхождений были близки к нулю.

Вышеперечисленные факторы приводят к ошибкам определения характеристик ВЧР и статических поправок как для МСК, так и для МПВ. Следует отметить и специфические для каждого метода искажающие факторы.

Так на данные наиболее точного, по общепринятому мнению, метода МСК может сказаться влияние на физические свойства пород промысловой жидкости, используемой при бурении скважин. В МПВ, как уже отмечалось выше, проблемой является снижение точности данных, связанное с проявлением эффекта выпадения слоев. Обычно, описываемые в литературе случаи «выпадения слоя», связаны с наличием в разрезе пластов с пониженными относительно вышележащих скоростями. Однако в практических ситуациях часто встречается и другой реже обсуждаемый случай, когда скорости в слоях с глубиной возрастают, но вследствие складывающегося соотношения толщин пластов и скоростей в них из годографов первых вступлений выпадает некоторое число ветвей. Для трехслойного разреза с плоскопараллельными границами раздела условие пропуска промежуточного пласта может быть записано следующим образом:

$$X_{12} > X_{13}, X_{23} < X_{13}. \quad (1)$$

Здесь X_{12} , X_{13} – абсциссы точек пересечения годографов преломленных и прямой волн, X_{23} – абсцисса точки пересечения годографов преломленных волн. При выполнении условия (1) годограф первых вступлений не содержит ветви, связанной с кровлей второго слоя. В результате, при интерпретации первых вступлений возникают ошибки в определении глубины кровли третьего слоя, а также ошибки вычисления статических поправок. Погрешности будут максимальными, если пропускаемый слой обладает наибольшей возможной мощностью. При этом выполняется очевидное равенство

$$X_{12} = X_{23} = X_{13}. \quad (2)$$

Для случая совпадения линии приведения с кровлей третьего слоя нами получена следующая формула для вычис-

ления относительной погрешности определения статической поправки [9]:

$$\Delta = 1 - \left[\frac{\frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_2}}{\frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_3}} \cdot \frac{\cos i_{13}}{\cos i_{12}} \cdot \left(1 - \frac{\cos i_{13}}{\cos i_{23}} \right) + \frac{\cos i_{13}}{\cos i_{23}} \right]^{-1} \quad (3)$$

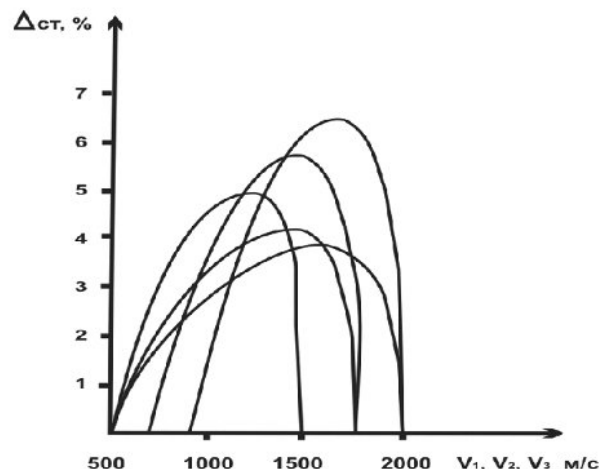
где V_1, V_2, V_3 - значения скоростей в первом, втором и третьем слоях;

i_{12}, i_{13}, i_{23} - критические углы, вычисляемые по скоростям в первом-втором, первом-третьем и втором-третьем слоях.

Согласно формуле (3) погрешность равна нулю при условии $V_2=V_1$ или $V_2=V_3$. Такой результат очевиден, так как в данных случаях трехслойный разрез вырождается двухслойный.

Рассмотрим результаты расчетов по формуле (3) на примере значений скоростей, характерных для весьма сложных поверхностных сейсмогеологических условий Саратовского Правобережья. Согласно выполненному нами анализу данных, имеющих на данной территории зондирований МСК, здесь для трехслойных разрезов скорости в первом, втором и третьем слоях варьируют в пределах 520 - 900 м/с, 670 - 1540 м/с и 1450 - 2100 м/с, соответственно. Примеры полученных для указанных скоростей результатов теоретических расчетов представлены в графическом виде на рис. 1.

Из представленных на нем графиков следует, что погрешности определения статических поправок максимальны при $V_2 \approx 0,85V_3$. С ростом V_1 растут и величины ошибок. Как видно на рис. 1, погрешность вычисления статических поправок для трехслойной ВЧР Саратовского Правобережья может достичь 6% и более (в абсолютных единицах 5-6 мс). Такие погрешности, учитывая небольшую амплитудную выраженность ловушек в пределах указанной территории, могут существенно сказаться на эффективности

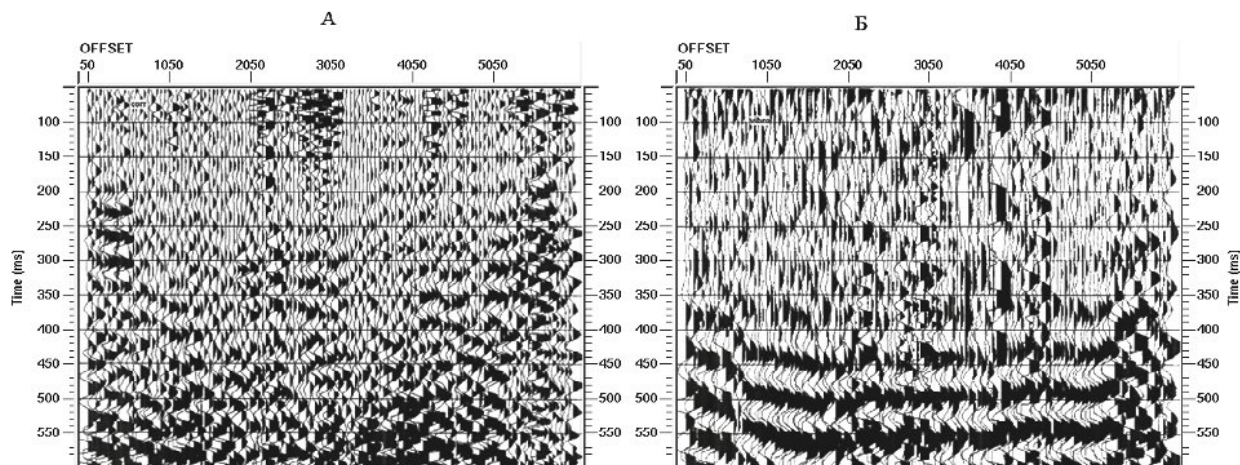


▲ Рис. 1. Графики относительной погрешности определения статических поправок вследствие «выпадения слоя»

сейсморазведки.

По данным выполненного нами сейсмогеологического моделирования ВЧР Саратовского Правобережья, основанного на обобщении имеющихся на эту территорию данных МСК, эффект выпадения слоя наблюдается здесь более чем в 50% случаев [8]. В приведенной суммарной оценке учтены случаи, связанные с наличием в разрезе пластов с пониженными относительно вышележащих скоростями, а также с отсутствием в области первых вступлений ветвей годографа волны, преломленной на кровле одного из слоев ВЧР.

Эффективность МПВ при изучении ВЧР снижается также по причине отличия по частотному диапазону колебаний, регистрируемых в МОГТ и МПВ, приводящего к трудностям увязки их данных. Указанная проблема устраняется в случае применения способов интерпретации преломленных волн, попутно регистрируемых в области первых вступлений на сейсмограммах МОГТ [1, 6, 7, 17 и др.]. Такие способы, не требующие проведения специальных полевых работ для изучения строения ВЧР, получили широкое распространение в практике ГРР. Точность получаемых с их помощью результатов, в основном, зависит от надежност-



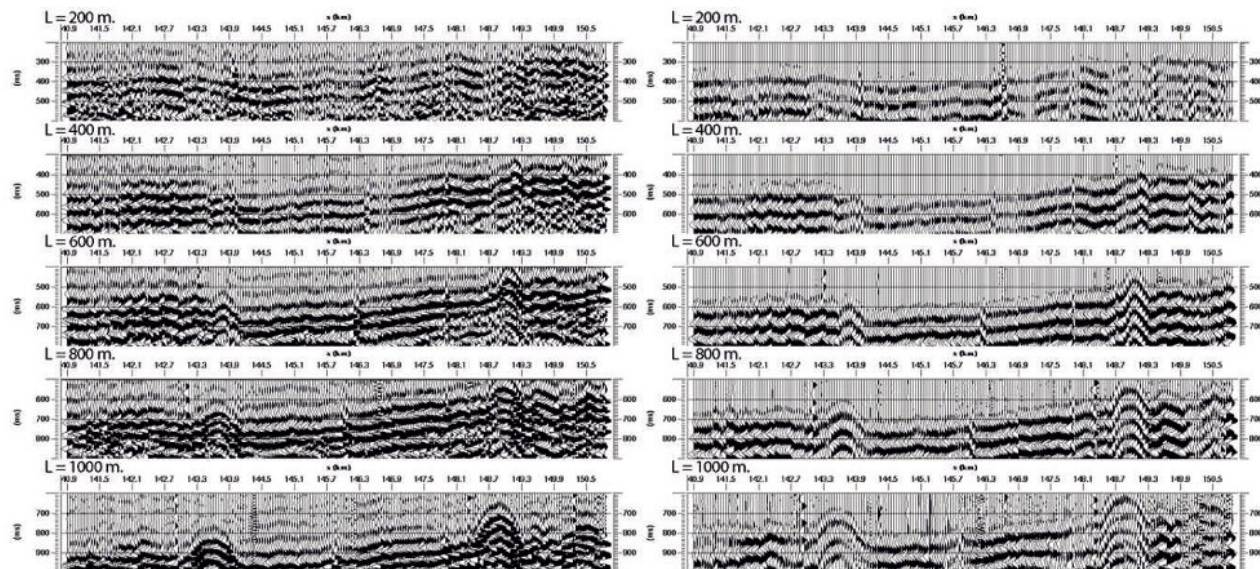
▲ Рис. 2. Монтаж временных разрезов $L = \text{const}$. Случай низкого качества сейсмического материала в области первых вступлений. А, Б – разрез полученный стандартным способом и с применением ТМС соответственно.

ти корреляции первых вступлений. Обеспечить выполнение данного условия зачастую оказывается затруднительно, особенно для вибрационных источников. Это связано с тем, что при применении вибраторов, после процедуры корреляционного преобразования виброграмм на записи фиксируются интенсивные побочные максимумы корреляционной функции, маскирующие моменты вступлений первых волн. Возникающие трудности в значительной мере можно устранить с помощью разработанной нами технологии многоуровневой сейсморазведки (ТМС). Основная идея ТМС заключается в уменьшении баз группирования элементов полевой интерференционной системы, коррекции частотного спектра свип-сигнала перед процедурой корреляции в соответствии с частотной характеристикой среды, а также в оптимизации полевой системы наблюдений на лабораторном этапе для всех целевых глубинных интервалов разреза [12].

В качестве примера улучшения за счет применения ТМС надежности выделения и прослеживаемости первых вступлений приведем монтаж временных разрезов равных удалений $L = \text{const}$ для сейсмического профиля МОГТ, обрабо-

танного в условиях бортовой зоны Прикаспийской впадины с вибрационным источником (рис. 2). Сколь-либо надежно прокоррелировать на временном разрезе равных удалений первые вступления не удастся (см. рис. 2А). Использование же технологии ТМС позволило довольно уверенно проследить вступления первых волн (рис. 2Б). Применение обсуждаемой технологии в качестве действенного средства повышения надежности корреляции первых вступлений целесообразно даже в относительно простых случаях. Это хорошо видно на монтаже разрезов $L = \text{const}$ для фрагмента профиля Ха, отработанного в пределах Ставропольского свода (см. рис. 3). Судя по данному рисунку, первые вступления на разрезах $L = \text{const}$, полученных стандартным способом (рис. 3 А), уверенно прослеживаются на всех удалениях. Но определить время вступлений первых волн из-за наблюдающейся многофазности записи крайне сложно. Применение ТМС практически полностью устранило влияние указанного фактора (см. рис. 3 Б).

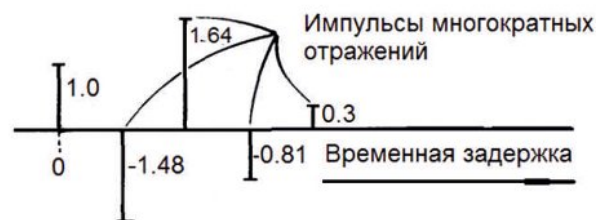
Завершая обсуждение способов изучения и учета ВЧР, отметим, что даже в гипотетическом случае, когда вводимые в сейсмические записи статические поправки определены с абсолютной



▲ Рис. 3. Монтаж временных разрезов $L = \text{const}$. Случай высокого качества сейсмического материала в области первых вступлений. А, Б – разрез полученный стандартным способом и с применением ТМС соответственно

точностью, некоторые из проблем учета влияния ВЧР все равно остаются. На данное обстоятельство, в частности, обращалось внимание в монографии К. Уотерса [18]. Из-за тонкой слоистости ВЧР в ней возникают интерференционные явления, определяющие ее фильтрующие свойства. К. Уотерс предложил аппроксимировать эти свойства обобщенным фильтром. Он показал, что максимальный всплеск его импульсной характеристики не соответствует результатам прямого определения времени распространения волны в ЗМС. В качестве примера в [18] им приведена импульсная характеристика ВЧР с учетом источника и приемника (рис. 4). Она соответствует случаю задания плотности пород ЗМС равной 1.5 г/см^3 и скорости распространения в ней упругих волн - 600 м/с . Плотность коренных пород бралась равной 2.5 г/см^3 , скорость в них - 2440 м/с . Демонстрируемое на рис. 4 смещение максимума импульсной характеристики ЗМС относительно времени задержки в ней проходящей сейсмической волны определяет возможность изменения начального соотношения амплитуд

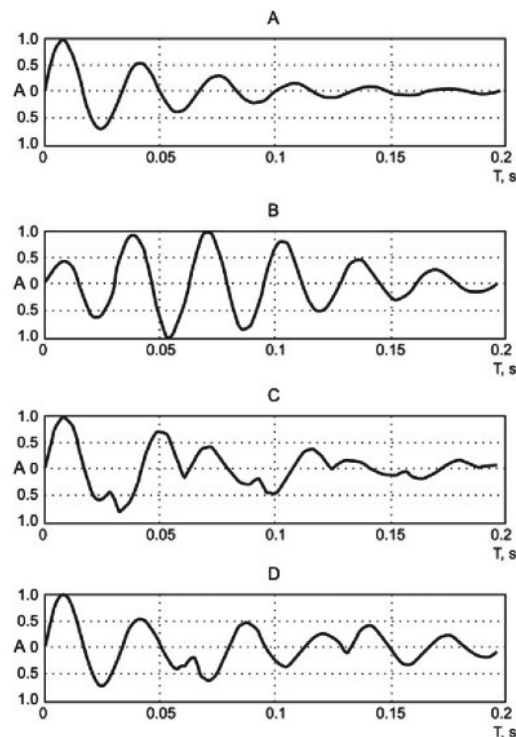
экстремумов сейсмических импульсов. Тем самым создаются условия для ошибочной корреляции отражений, снижения эффективности автоматической коррекции статических поправок. По мнению К. Уотерса, по этой причине даже высокоточные измерения времени пробега волн, например с помощью МСК, зачастую не обеспечивают эффективного исключения искажающего влияния верхней части разреза. С этим можно согласиться, так как в МОГТ корреляция отражений практически осуществляется по экстремумам сейсмических импульсов, а не по временам их



▲ Рис. 4. Пример импульсной характеристики ВЧР с учетом источника и приемника (К. Уотерс, 1981). Породы ЗМС характеризуются плотностью 1.5 г/см^3 и скоростью 600 м/с . Плотность коренных пород 2.5 г/см^3 , скорость в них 2440 м/с

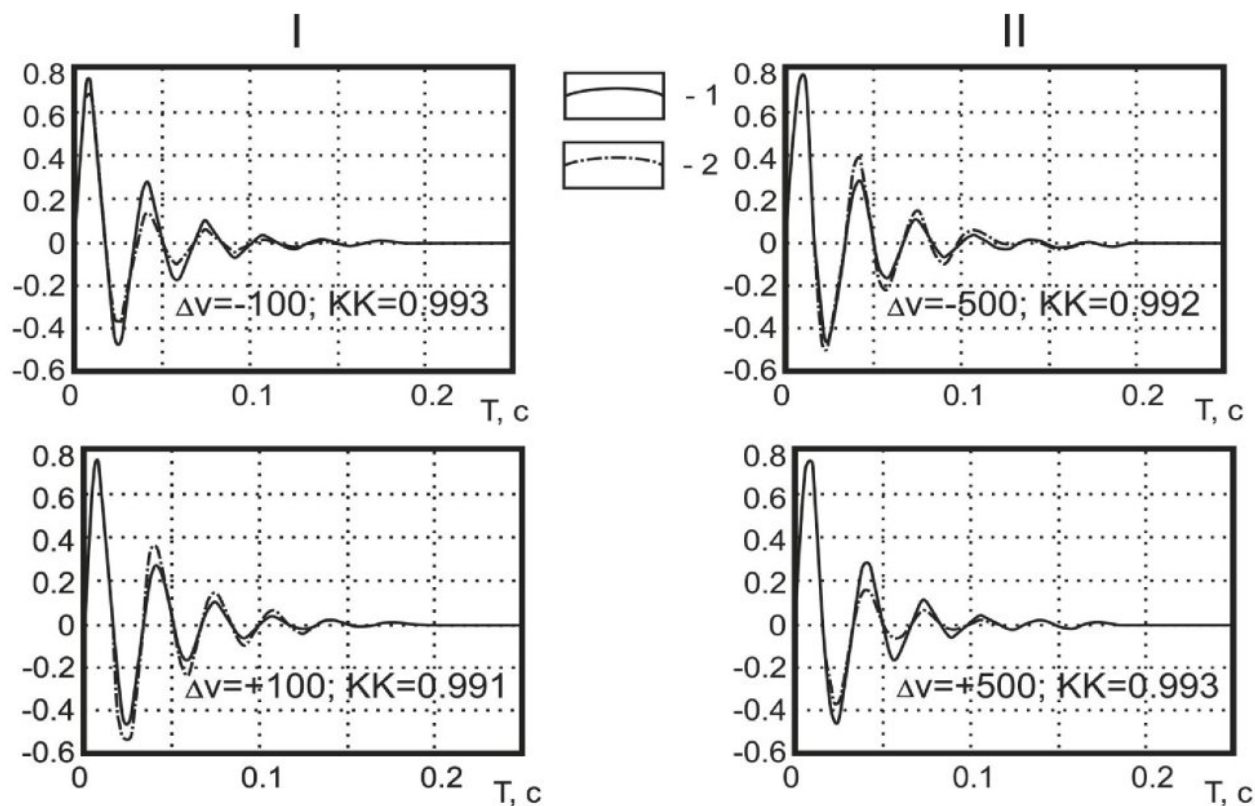
вступлений. Основная опасность заключается в появлении локальных искажений динамики отражений, связанных с изменчивостью по площади строения ВЧР. В результате такой изменчивости меняется и импульсная характеристика фильтра, что приводит к изменяющимся по латерали сдвигам по времени экстремумов сейсмических импульсов. На рис. 5 приведен пример связанных с тонкой слоистостью разреза ВЧР искажений формы сейсмического импульса, полученный путем математического моделирования. Здесь показано изменение формы импульсного сигнала при двукратном (вверх и вниз) прохождении через двухслойную ВЧР. При расчетах значение скорости в ЗМС (V_1) принято равным 600 м/с, величина скорости в коренных породах (V_2) – 1800 м/с. Соответствующие значения плотностей составляли 1.65 г/см³ и 2.14 г/см³. Как следует из рис. 5, даже для рассмотренной простой модели ВЧР искажения сигнала весьма значительны. Особенно примечательно изменение амплитуд экстремумов импульса вплоть до инверсии их знаков.

Исключить обсуждаемые искажения можно, применяя разработанный нами способ устранения искажающего влияния ВЧР, основанный на вычислении и учете ее частотной характеристики, расчете и применении обратного фильтра [14]. Отметим, что помимо тонкой слоистости разреза в способе также учитывается поглощение сейсмической энергии в ВЧР. Из-за зависимости поглощения от частоты ВЧР действует как фильтр низких частот, внося дополнительные, причем изменяющиеся по профилю (площади), искажения в форму сейсмического сигнала. С практической точки зрения важно подчеркнуть, что обсуждаемый способ устранения искажающего влияния ВЧР эффективен даже в случае значительных погрешностей в



▲ Рис. 5. Изменение формы импульсного сигнала при двукратном прохождении через двухслойную ВЧР. При расчетах значение скорости в ЗМС (V_1) принято равным = 600 м/с, величина скорости в коренных породах (V_2) – 1800 м/с. Соответствующие значения плотностей составляли 1.65 г/см³ и 2.14 г/см³. А – форма исходного импульса; В, С – форма импульса после прохождения ЗМС толщиной 5 и 10 м соответственно.

данных, использованных при вычислении обратного фильтра. Это утверждение иллюстрируется рис. 6, на котором демонстрируются результаты восстановления формы сейсмического импульса при неточном задании скоростей в ЗМС и коренных породах. Заданные в проведенном вычислительном эксперименте ошибки скорости в ЗМС составляли +100 м/с, -100 м/с, в коренных породах +500 м/с, -500 м/с. Несмотря на столь значительные ошибки в задании скоростей, исходный сигнал восстанавливался с высокой точностью (см. рис. 6), коэффициенты парной корреляции между ним и восстановленным импульсом во всех рассмотренных случаях превышали 0.9.



▲ Рис. 6. Примеры восстановления формы сейсмического сигнала после прохождения ВЧР при наличии ошибок в данных для расчета обратного фильтра.
 1 – форма исходного сигнала;
 2 – форма восстановленного сигнала;
 I, II – варианты ошибочного задания скорости в ЗМС и коренных породах соответственно;
 ΔV – абсолютная погрешность задания скорости; KK – коэффициент корреляции исходного и восстановленного сигнала.

Завершая статью, отметим, что авторы в полной мере отдают себе отчет в том, что помимо рассмотренных в ней проблем существует большое число и других технико-методических, а также теоретических аспектов повышения эффективности учета ВЧР. Кроме того, ограниченный объем статьи не позволил детально остановиться на раскрытии затронутых вопросов. Приведенные в ней материалы, по нашему мнению, свидетельствуют о наличии множества малоизученных факторов, затрудняющих учет искажающего влияния ВЧР на регистрируемое поле целевых волн. Очевидно, что в полной мере устранить их искажающее влияние невозможно. Все используемые на настоящий момент в сейсморазведке способы изучения ВЧР имеют те или иные ограничения и не обеспечива-

ют безошибочных решений. Поэтому сформулировать исчерпывающие выводы по повышению эффективности этих способов до приемлемых для современной практики геологоразведочных работ показателей практически невозможно. Однозначно можно сделать заключение лишь о том, что в решении проблемы повышения эффективности сейсморазведочных работ на нефть и газ развитию методик изучения и учета ВЧР принадлежит одна из важнейших ролей. Причем в районах, где общепринятые способы не дают удовлетворяющих практику результатов, существенное повышение качества сейсмического материала следует связывать с выявлением и учетом вышеописанных и других малоисследованных факторов, влияющих на данные методов изучения ВЧР.

Литература

1. А. С. 1536248 СССР. Способ определения статических поправок / С. И. Михеев, В. С. Старовойтов (СССР).—№ 431766731-25; Заяв. 16.10.87; Бюл. № 2,1990.
2. Гидрогеология СССР. М., Недра, 1972.
3. Завьялов В. А. Методические и технологические подходы к изучению по-верхностных неоднородностей с использованием систем МОВ ОГТ в среднем Приобье // Технологии сейсморазведки. — 2009.- № 1.
4. Кузнецов В. И., Вялова Е.К. Влияние календарного времени проведения сейсмических работ на точность структурных построений // Геофизический вестник. — 2000. - №5.
5. Спасский Б.А. Учет верхней части разреза в сейсморазведке.- Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1990.
6. Ковалевский В.С. Условия формирования и прогнозы естественного режима подземных вод. — М.: Недра,1973.
7. Козырев В.С., Жуков А.П., Коротков И.П., Жуков А.А., Шнеерсон М.Б. Учет неоднородностей верхней части разреза в сейсморазведке. — М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003.
8. Кузнецов В. И., Воронцов И. В. Применение различных технологий учета влияния многолетнемерзлых пород на результаты нефтегазовой сейсморазведки // Технологии сейсморазведки. — 2007.-№1.
9. Михеев С.И., Бирдус С.А. Учет верхней части разреза в двухмерной и трехмерной сейсморазведке // Деп. от 31.12.97 г., N3830- В97. - 140 с.
10. Михеев С.И., Старовойтов В.С. Некоторые пути повышения точности определения статических поправок // Недра Поволжья и Прикаспия. - Саратов: Изд-во ФГУП НВНИИГГ. - 1994.- Вып.7.
11. Михеев С.И., Старовойтов В.С. Результаты исследования искажающего влияния некоторых факторов на точность определения статических поправок // Недра Поволжья и Прикаспия. - Саратов: Изд-во ФГУП НВНИИГГ. - 1997.- Вып.14.
12. Михеев С. И., Старовойтов А. В., Старовойтов В. С. Экспериментальное изучение сезонных изменений статических поправок на территории Саратовского Правобережья //Тезисы докладов конференции «Комплекс геофизических методов исследований в сложных геологических условиях» — Пермь, 1989
13. Морозов В. Ю., Михеев С. И. Основные направления изобретательской деятельности в области сейсмических методов изучения верхней части разреза // Разведка охрана недр.— 1991.— № 2.—С. 51-52.
14. Пат. 2169382 Российская Федерация , МПК G01V 01/26. Способ многоуровневой вибросейсморазведки / Михеев С.И., Михайлов В.А., Живодров В.А., Резепова О.П., Бутенко Г.А. // Заявка № 1907111785/28; заявл. 02.03.2000; опубл. 07.01.2001, Бюл. № 17. — 3с.
15. Пат. 2375725 Российская Федерация, МПК G01V1/00, G01V1/36. Способ сейсморазведки / Михеев А. С., Михеев С. И. // Заявка № 2008125315/28 ; заявл. 25.06.08; опубл. 10.12.09. Бюл. № 34.
16. Пат. 2381529 Российская Федерация, МПК G01V1/36, G01V1/28. Способ устранения искажающего влияния верхней части разреза в сейсморазведке / Михеев А. С. // заявитель и патентообладатель ГОУ "Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского". — № 2008135495/28; заявл. 01.09.2008; опубл. 10.02.10. Бюл. № 4.
17. Пузырев Н.Н. О некоторых вопросах методики сейсморазведки методом отраженных волн //Геология и геофизика. — 1988. - N 11.
18. Сидоренков Н.С. Атмосферные процессы и вращение Земли. С. Петербург. Гидрометеиздат. 2002. 366 с.
19. Уотерс К. Отражательная сейсмология. - М.: Изд-во Мир, 1981.
20. Timur A. Temperature dependence of compressional and shear wave velocities in rocks // Geophysics. — 1977. - V. 42.

Подробнее об авторах

Михеев
Сергей Иванович

заместитель генерального
директора ФГУП НВНИИГГ,
профессор кафедры
геофизики СГУ,
д.г.-м.н.



Михеев
Денис Сергеевич

заместитель директора
по геофизике Филиала
"СГЭ" ФГУП "НВНИИГГ",
к.г.-м.н.