

На правах рукописи
УДК 550.834

КАЛИНИН АЛЕКСЕЙ ЮРЬЕВИЧ

**ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ СЕЙСМИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ
ЮГО-ВОСТОКА РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ**

Специальность 25.00.10 - геофизика, геофизические методы
поисков полезных ископаемых

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2009

Работа выполнена в ОАО «Оренбургская геофизическая экспедиция»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Шнеерсон Михаил Борисович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Жуков Александр Петрович

кандидат технических наук
Каплан Самуил Абрамович

Ведущая организация: Нижне-Волжский научно-исследовательский
институт геологии и геофизики (НВНИИГГ),
г. Саратов

Защита состоится «12» марта 2009 года в 15 часов 00 минут на заседании
диссертационного совета Д 212.121.07 при Российском государственном
геологоразведочном университете имени Серго Орджоникидзе
по адресу: 117997, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23, РГГРУ, ауд. 6-38.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Российского
государственного геологоразведочного университета.

Автореферат разослан «10» февраля 2009 года.

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 212.121.07 кандидат
технических наук, профессор



Каринский А.Д.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы

Районы юго-восточной части Русской платформы характеризуются сложными сейсмогеологическими условиями, обусловленными сочленением трех надпорядковых структур, значительными глубинами до целевых горизонтов разреза, небольшими амплитудами структур в платформенных районах региона, наличием соляных куполов, оказывающих сильное искажающее влияние на траектории и времена прихода отраженных волн от более глубоких границ, неоднородным строением верхней части разреза переменной мощности и наличием регулярных и нерегулярных помех значительной интенсивности. Все это определяет жесткие требования к качеству и достоверности материалов сейсморазведки. Однако, реализуемый на практике методический уровень сейсморазведки не в полной мере удовлетворяет возросшим требованиям по поиску, разведке и подготовке к бурению перспективных структур в исследуемых районах. Сегодня от сейсморазведки требуются более высокая точность структурных построений и обоснованный прогноз наличия/отсутствия углеводородов в разрезе, включая петрофизическую оценку его параметров. Это инициирует непрерывное развитие и совершенствование методики сейсморазведочных работ, ее оптимизацию применительно к задачам и условиям их проведения, и обеспечение получения материалов требуемого качества.

В работе рассматриваются вопросы повышения геологической и экономической эффективности сейсморазведочных работ, проводимых в пределах юго-восточного склона Волго-Уральской антеклизы, Предуральского краевого прогиба и Прикаспийской синеклизы на основе оптимизации методики трехмерной сейсморазведки, уточнения параметров группирования при съемках 3D, рационализации методики “широкого профиля” при региональных исследованиях в условиях соляно-купольной тектоники, а также разработки технологии учета скоростных неоднородностей верхней части разреза. Решение этих задач и определяет актуальность и значимость настоящей диссертационной работы для развития и совершенствования отечественной сейсморазведки.

Цель работы

Целью диссертации является повышение геологической и экономической эффективности сейсморазведочных работ МОГТ-3D, МОГТ-ШП на территории юго-востока Русской платформы на основе использования современных технико-методических средств сейсморазведки.

Основные задачи исследования

1. Оценка эффективности систем наблюдения 3D “крест” с одноэлементными и многоэлементными шаблонами пунктов возбуждения, а также обоснование оптимальной методики обработки трехмерных крестовых съемок;
2. Оценка результатов совместного действия ортогонально ориентированных линейных групп источников и приёмников колебаний на волны-помехи, характерные для юго-востока Русской платформы, и полезные волны;
3. Определение условий аппроксимации непродольных годографов “широкого профиля” для использования в алгоритмах обработки;
4. Обоснование оптимальной системы наблюдений “широкий профиль”, позволяющей эффективно подавлять боковые волны без искажения полезных колебаний;

5. Рассмотрение особенностей проведения работ по изучению верхней части разреза.

Научна новизна

1. Сравнительный анализ эффективности крестовых систем наблюдения 3D с применением одноэлементных и многоэлементных шаблонов пунктов возбуждения в районах юго-востока Русской платформы и основанные на нем предложения по оптимизированным схемам проведения полевых работ.

2. На основе результатов модельных и опытно-методических исследований обоснована методика совместного группирования приемников и вибрационных источников колебаний при работах 3D по схеме “крест”.

3. Разработана научно-обоснованная методика проведения региональных сейсморазведочных работ в районах с ярко выраженной соляно-купольной тектоникой.

4. На основе анализа факторов, влияющих на распределение скоростей в приповерхностных отложениях, обоснована необходимость их изучения для учета неоднородностей верхней части разреза на исследуемой территории.

5. По результатам модельных и полевых исследований определены требования к плотности расположения волновых зондирований, обеспечивающей расчет статических поправок с заданной точностью.

Защищаемые положения

1. Предложенная методика отработки трехмерных крестовых систем наблюдения, основанная на применении многоэлементных шаблонов пунктов возбуждения, обеспечивает достаточную информативность и высокую производительность сейсморазведочных работ МОГТ-3D.

2. Теоретически и экспериментально обоснована технология совместного группирования источников и приёмников сейсмических колебаний при площадных 3D вибросейсмических наблюдениях по схеме “крест”, позволяющая эффективно подавлять поверхностные волны, характерные для юго-востока Русской платформы.

3. Разработана методика региональных сейсморазведочных работ в условиях соляно-купольной тектоники, позволяющая ослаблять боковые волны-помехи и сохранять форму сейсмического сигнала при имеющемся поперечном сносе.

4. Учет влияния неоднородностей верхней части разреза на сейсмическое поле отраженных волн заключается в проведении специальных исследований ВЧР методом преломленных волн в совокупности с микросейсмокаратажем. Плотность зондирований ВЧР зависит от максимального удаления источник-приемник данных МОГТ.

Практическая ценность

В районах юго-востока Русской платформы ведутся значительные по объему сейсморазведочные работы, в процессе проведения которых возникает необходимость их совершенствования, развития и адаптации к сложным сейсмогеологическим условиям региона. Диссертационная работа посвящена решению этих вопросов и конкретным задач, имеющих важное практическое значение и определяющих, в конечном счете, эффективность проводимых сейсморазведочных работ.

Тема диссертации, ее цели и задачи определены направлением и содержанием работ ОАО “Оренбургская геофизическая экспедиция”.

Разработанные технологии, методические приемы и предложения внедрены в практику работ ОАО “ОГЭ” и используются при проектировании и проведении сейсморазведочных съемок МОГТ-3D и МОГТ по методике «широкий профиль».

Апробация работы

По теме диссертации опубликовано 3 работы. Основные результаты работы докладывались на научно-практических конференциях “Современные геофизические технологии ОАО “Хантымансийскгеофизика” и перспективы их использования для повышения эффективности поисков, разведки и разработки месторождений нефти и газа” в 2005 г., 2006 г., 2007 г., и “Геомодель” в 2005 г., 2007 г.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения, содержит 125 страниц текста, включая 80 рисунков и 6 таблиц. Список литературы включает 34 наименования.

Благодарности

Автор выражает глубокую признательность и благодарность своему научному руководителю, профессору РГГРУ, доктору технических наук *Шнеерсону Михаилу Борисовичу* за поддержку, внимание, помощь, ценные замечания и советы в процессе выполнения данной работы.

Автор выражает благодарность доценту кафедры ССМ РГГРУ, кандидату технических наук *Белоусову Александру Валерьевичу* за ценные замечания и советы в процессе написания и подготовки работы.

Автор благодарит руководителей ОАО “Оренбургская геофизическая экспедиция” управляющего директора *Парамонова Владимира Константиновича*, главного инженера *Чивилева Бориса Алексеевича* и главного геофизика *Червакова Василия Михайловича*, а также начальника партии цифровой обработки и интерпретации ОАО “ОГЭ” *Благосмыслову Людмилу Александровну* за ценные советы, помощь и поддержку, оказанные автору в процессе выполнения диссертационной работы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цель исследования и его основные задачи, указаны научная новизна и положения, выносимые на защиту, приведены сведения о практической ценности выполненных исследований.

В первой главе показана сложность геологического строения исследуемого региона, что определено его расположением в пределах трех надпорядковых структур: восточного склона Волго-Уральской антеклизы, Предуральского краевого прогиба и Прикаспийской синеклизы.

Современное строение региона в значительной степени определяется особенностями развития образований кристаллического фундамента архейско-нижне-протерозойского возраста и отложений осадочного чехла верхнепротерозойского, палеозойского и мезозойского возраста. Складчатость осадочного чехла является наложенной.

По поверхности кристаллического фундамента на территории Оренбургской области выделены несколько крупных положительных и отрицательных структурных форм. Среди них в пределах юго-восточного склона Волго-Уральской

антеклизы располагаются южное окончание Татарского свода, Жигулевско-Оренбургский свод, Соль-Илецкий выступ, Серноводско-Абдулинская, Бузулукская впадина, Урало-Сакмарский прогиб. На востоке и юге области юго-восточный склон Волго-Уральской антеклизы по поверхности кристаллического фундамента ограничивается надпорядковыми отрицательными структурами: Предуральским краевым прогибом и Прикаспийской синеклизой.

По условиям залегания осадочного чехла на территории Оренбургской области выделяются Южный склон Татарского свода, Бузулукская впадина, Восточно-Оренбургское сводовое поднятие, Соль-Илецкий свод, Предуральский краевой прогиб и Прикаспийская синеклиза. Осадочный чехол подразделяется на семь сейсмостратиграфических комплексов (ССК), объединяющих отложения по литолого-фациальному составу и акустическим свойствам: додевонский терригенный (ССК-1), эмско-нижнефранский терригенно-карбонатный (ССК-2), франско-турнейский (ССК-3), визейско-башкирский (ССК-4), московско-артинский (ССК-5), преимущественно карбонатные, кунгурский сульфатно-галогенный (ССК-6), верхнепермско-четвертичный терригенный (ССК-7). Границами ССК, как правило, являются поверхности несогласия.

При сравнении современного структурного плана поверхности кристаллического фундамента со структурой, построенной для различных горизонтов осадочного чехла, наряду со сходными чертами можно выделить и существенные различия. Главным отличием является устойчивое выполаживание структур от древних к более молодым. Так, например, если по поверхности фундамента градиент перепада высот от Южно-Татарского свода до борта Прикаспийской синеклизы составляет 14,3 м/км, то по кровле пашийского горизонта он снижается до 10,3 м/км, по кровле бобриковского горизонта – 8,5 м/км и по кровле калиновской свиты в верхней перми – всего 4,1 м/км.

В рассматриваемой главе перечислены также геологические и геофизические методы, применявшиеся на исследуемой территории для поисков месторождений нефти и газа. Описано современное состояние сейсморазведочных работ при региональных и площадных 3D исследованиях.

Районы юго-восточной части Русской платформы характеризуются сложными сейсмогеологическими условиями, которые определяются тектоническим строением района, дизъюнктивными нарушениями, значительными глубинами до целевых горизонтов разреза, небольшими амплитудами структур в платформенных районах региона, наличием соляных куполов, оказывающих сильное искажающее влияние на траектории и времена прихода отраженных волн от более глубоких границ, неоднородным строением верхней части разреза переменной мощности и наличием регулярных и нерегулярных помех значительной интенсивности. Все это определяет жесткие требования к качеству и достоверности материалов сейсморазведки. Однако реализуемый на практике методический уровень сейсморазведки не в полной мере удовлетворяет возросшим требованиям по поиску, разведке и подготовке к бурению перспективных структур в исследуемых районах. Сегодня от сейсморазведки требуются более высокая точность структурных построений и обоснованный прогноз наличия/отсутствия углеводородов в разрезе, включая петрофизическую оценку его параметров. Это требует непрерывного развития и совершенствования методики проведения сейсморазведочных работ, ее оптимизации применительно к задачам и условиям их проведения и обеспечивающей получение материалов требуемого качества.

Пути совершенствования методики сейсморазведочных работ мы связываем с оптимизацией методики трехмерной сейсморазведки, уточнением параметров группирования при съемках 3D, рационализацией методики “широкого профиля” при региональных исследованиях в условиях соляно-купольной тектоники и разработкой эффективного метода учета скоростных неоднородностей верхней части разреза.

Во второй главе рассмотрены пути оптимизации геометрии площадных 3D сейсмических наблюдений на территории юго-востока Русской платформы. Мировая практика показывает, что в сейсморазведке 3D наиболее часто используются ортогональные системы. Это вызвано технологичностью данной системы и приемлемыми азимутальными и офсетными характеристиками. Хорошее распределение азимутов и удалений, а также возможность скоростного анализа с определением азимутальных и угловых кинематических зависимостей при использовании системы “крест” могут быть реализованы посредством широкоазимутальной съемки со значением соотношения меньшей стороны блока наблюдения (БН) к большей от 0,6 до 1,0. При уменьшении значения отношения меньшей стороны БН к большей до 0,3 – 0,5 съемка определяется, как узкоазимутальная. Такие системы более благоприятны для изучения динамических параметров отраженных волн. При проведении сейсморазведочных работ МОГТ-3D на территории юго-восточной части Русской платформы в основном используются узкоазимутальные системы наблюдения. Системы с соотношением сторон БН со значениями более 0,6 стали применяться с 2003 г. – на Сорочинском и Оренбургском месторождениях. Все площади обрабатываются с перекрытием по приемным линиям. Применяемые при этом параметры систем наблюдения в плане размеров бина, расстояний между линиями пунктов приема (ЛПП), линиями пунктов возбуждения (ЛПВ), пунктами приема (ПП), пунктами возбуждения (ПВ) идентичны. Практически все системы имеют размеры бина 25x25 и интервалы между ЛПП, ЛПВ – 300 м, что позволяет получить достаточно хорошую горизонтальную разрешающую способность исследований и несколько неравномерное, но распределение трасс во всем диапазоне удалений.

Проведение трехмерных сейсморазведочных работ с использованием узкоазимутальных систем в исследуемом регионе сопровождается применением двух методик отработки блоков: с перекрытием на $(N_{\text{ПП}}-1)$ линий приема и на $N_{\text{ПП}}/2$ приемных линии – в зависимости от конфигурации активной расстановки пунктов возбуждения БН ($N_{\text{ПП}}$ – количество ЛПП в активной расстановке). Практика использования широкоазимутальных съемок на рассматриваемой территории связана с передвижением БН после отработки полосы наблюдений на $(N_{\text{ПП}}-1)$ линий пунктов приема.

Не вызывает сомнения, что применение блоков с активной расстановкой пунктов возбуждения, содержащей больше 6 ПВ ($\Delta\text{ЛПП}=\Delta\text{ЛПВ}=300$ м, $\Delta\text{ПП}=\Delta\text{ПВ}=50$ м), гораздо технологичнее для вибрационной сейсморазведки 3D при ограниченном количестве оборудования по сравнению с блоком из 6 ПВ. Поэтому представляется весьма актуальным сопоставление характеристик систем этих методик отработки для выбора наиболее оптимальной схемы.

Для удобства изложения были использованы понятия шаблонов ПВ и ПП. Одноэлементный шаблон пунктов возбуждения отвечает расположению ПВ на участке между двумя соседними ЛПП, а для многоэлементного шаблона ПВ

пункты возбуждения занимают несколько (более одного) интервалов между линиями приёма. Понятие шаблона приёма (пунктов приёма), соответствует понятию активной регулярной расстановки каналов, а его «формула» отображает число линий ПП в активной расстановке и число ПП на каждой из линий. Так, для шаблона ПП из 8-ми линий приёма и 108-ти пунктов приёма на каждой линии формула будет 8×108 .

В целях сопоставления схем обработки площадей с применением одноэлементных и многоэлементных шаблонов пунктов возбуждения рассмотрены расстановки, характеризующие узкоазимутальную съемку с формой шаблона ПП 8×108 и широкоазимутальную, содержащую 18 ЛПП и 108 ПП на каждой линии приема. При этом схемы, содержащие многоэлементные шаблоны пунктов возбуждения, состоят из 24 ПВ в активной расстановке для 8 линий пунктов приема и из 54 ПВ для 18 ЛПП. Необходимо отметить, что набор кратности в направлении линий пунктов возбуждения, и соответственно общей кратности, происходит гораздо стремительнее при обработке площадей с использованием многоэлементных шаблонов ПВ.

Анализ графиков и диаграмм, характеризующих азимутальное распределение трасс, показал лишь небольшое их отличие для систем с одноэлементными и многоэлементными шаблонами ПВ. Характеристики распределения трасс в зависимости от удалений ПВ-ПП также практически сопоставимы для сравниваемых схем. Самые большие отличия наблюдаются на дальних удалениях, характерных только для систем с многоэлементными шаблонами ПВ – 2923-3130 м для шаблона ПП 8×108 и 3784-4709 м – для 18×108 . При этом указанные отличия наблюдаются в диапазоне азимутов 56° - 66° , 114° - 124° , 236° - 246° , 294° - 304° для анализируемой узкоазимутальной съемки и 0° - 45° , 135° - 225° , 315° - 360° с четырьмя ярко выраженными максимумами на 20° - 44° , 136° - 159° , 200° - 222° , 316° - 340° – для широкоазимутальной системы.

Сравнение азимутальных характеристик систем с различными значениями соотношения сторон блоков наблюдений подтверждает известный факт, констатирующий преимущество широкоазимутальных съемок по отношению к узкоазимутальным в плане равномерности распределения трасс по азимутам и удалениям ПВ-ПП.

В практике проектирования систем наблюдения 3D важную роль отводят анализу карт эффективных кратностей суммирования, характеризующих распределение трасс в бинах по азимутам и удалениям. Получение данных характеристик достигается, как известно, путем ограничения максимальных удалений ПВ-ПП с целью моделирования мьютинга, отсекающего трассы с предельными значениями последних. В результате сопоставления полей эффективной кратности смоделированных съемок 3D в объеме 70 км^2 было выявлено соответствие между характеристиками биновых подборок одноэлементных и многоэлементных шаблонов ПВ для значений удалений ПВ-ПП 0 м – 800 м применительно к узкоазимутальной системе наблюдения и 0 м – 1500 м для системы с шаблоном ПП 18×108 . Для предельных удалений больших 800 м для узкоазимутальных и превышающих 1500 м для широкоазимутальных систем наблюдения отмечается незначительное преимущество съемок с одноэлементными шаблонами ПВ за счет более равномерного распределения кратности суммирования. Все рассмотренные выше проектные характеристики систем наблюдения определяют геологическую эффективность сейсморазведочных работ.

Но не менее важным является критерий оптимизации систем наблюдений, устанавливающий временные и, соответственно, экономические затраты на проведение работ МОГТ-3D, – технологичность.

С целью выбора наиболее производительной системы наблюдения были проанализированы две схемы обработки площади с применением одноэлементного и шестиэлементного шаблонов ПВ. Для этого был рассмотрен условный участок квадратной формы общей площадью 110,5 км². В расчетах участвовали реальные временные затраты на обработку одного физического наблюдения и переезд виброустановок с одного ПВ на другой. А именно одна минута для возбуждения упругих колебаний с четырьмя накоплениями, длиной СВИП-сигнала 9 секунд и длиной сейсмической записи 6 сек на одном пикете и 80 сек. для переезда группы вибраторов на расстояние 50 м.

В результате анализа полученных расчетов было установлено, что применение многоэлементных шаблонов ПВ позволяет в более короткие сроки провести сейсморазведочные работы. Производительность также зависит от количества линий пунктов приема в полосе наблюдения, т.е. от наличия напольного оборудования в сейсморазведочной партии. Причем, чем больше ЛПП может быть размотано, тем меньше разница во временных затратах между рассматриваемыми методиками обработки площадей. При одновременном покрытии всего участка исследования разница времен будет сведена к нулю. Необходимо отметить, что увеличение производительности происходит за счет сокращения перемещений виброустановок между линиями ПВ, т.е. уменьшения расстояния, проходимого ими в процессе обработки площади.

С целью выявления показанного преимущества офсетных и азимутальных характеристик схем с одноэлементными шаблонами ПВ по отношению к системам, использующих большее количество элементов ПВ, на временное поле были сопоставлены подлинные сейсмические материалы. Схемы с расстановкой ПП 8x108, 6-ти ПВ в одном случае и 24-х – в другом – были созданы искусственно из крестовой системы наблюдения, состоящей из 12 линий пунктов приема (108 каналов на линии) и шести пунктов возбуждения в активной расстановке. Анализ графиков зависимостей числа трасс от азимутов и удалений, а также числа бин от кратности сравниваемых схем показал небольшие различия между характеристиками двух методик обработки, как и в случае проектных расчетов. В результате же сопоставления результатов обработки двух систем на уровне суммарных кубов после применения престоковой миграции было выявлено отсутствие каких-либо отличий рассматриваемых временных полей. Необходимо отметить, что данные материалы имеют сложную волновую картину, обусловленную соляной тектоникой, зонами тектонических нарушений, литологических замещений и выклиниваний.

Известно, что основной целью оптимизации систем наблюдения является достижение геологической и экономической эффективности сейсморазведки 3D. Определение оптимальных параметров съемки происходит, как правило, еще на этапе проектирования работ в соответствии с геологическими задачами, условиями местности, сроками проведения исследований и т.д. Преимущества каждой рассматриваемой системы наблюдения определяются в соответствии с критериями оптимизации. Считается, что получение представления о вертикальной и горизонтальной неоднородностях разреза достигается за счет равномерности спектров удалений в диапазоне целевых глубин и равномерности

спектров азимутов. Проведенный во второй главе анализ основных характеристик крестовых систем наблюдения с одноэлементными и многоэлементными шаблонами ПВ показал, что применение одноэлементных шаблонов пунктов возбуждения дает незначительное, но более равномерное распределение трасс по азимутам и удалениям, чем в случае использования шаблонов ПВ с несколькими элементами. Этот факт был отмечен как для узкоазимутальных, так и широкоазимутальных съемок. В результате сравнения, направленного на выбор наиболее технологичной методики обработки, выявлено, что многоэлементные шаблоны ПВ позволяют существенно повысить производительность “отстрела”. Анализ результатов обработки сейсморазведочных данных, полученных в результате применения сравниваемых методик обработки, показал, что наличие незначительных преимуществ характеристик системы наблюдения с применением одноэлементных шаблонов ПВ, никак не отразилось на реальных сейсмических данных.

Основным выводом исследований, проведенных во второй главе, является необходимость использования многоэлементных шаблонов ПВ при проведении трехмерных сейсморазведочных работ по схеме “крест”, что позволит значительно повысить производительность обработки площадей, а также оценивать полнократный материал на этапе полевой обработки сразу после “отстрела” блока или его части.

Третья глава диссертации посвящена вопросам оптимизации параметров группирования источников и приёмников колебаний при пространственных крестовых сейсмических съёмках с применением вибрационных источников колебаний. Как известно, в сейсморазведке МОГТ применяется ряд методических приемов и технических средств, направленных на повышение отношения сигнал/помеха, что позволяет увеличить надежность и точность выделения отраженных волн на фоне регулярных и нерегулярных помех. Основными орудиями, позволяющими повысить отношение амплитуды сигнала к амплитуде помехи, являются многоканальные фильтры, применяемые как при регистрации, так и при обработке сейсмических данных. Использование линейных групп источников и приемников упругих колебаний позволяет достаточно эффективно ослаблять некоторые типы волн, распространяющиеся в плоскости профиля. Для волн приходящих под углом к данному направлению, эффект направленности, по мере изменения угла, снижается. Чтобы ослабить волны-помехи, идущие по разным азимутам, следует применить группу, пространственная характеристика которой обладает необходимыми направленными свойствами по всем азимутам. Для наблюдений МОГТ-2D эта задача может быть решена с помощью площадного группирования, чему свидетельствует множество примеров. Сложнее дело обстоит с выбором параметров интерференционных систем для трехмерной сейсморазведки, особенно для территории юго-востока Русской платформы, где, наряду с группированием приёмников, обычно широко используется группирование источников колебаний – вибраторов. Необходимо отметить, что наибольший объем сейсмике 3D обрабатывается сегодня с применением крестовых систем наблюдения. Параметры интерференционных систем при таких работах стандартны – используются совместное линейное группирование источников и приемников с базами групп 40–60 м. Расстояние между элементами ортогональных групп приемников и источников упругих колебаний несоизмеримы, а именно сейсмоприемники в группах располагаются через 4-5 м,

а виброустановки через 10-20 м в зависимости от базы группирования и количества установок в группе.

Для районов юго-восточной части Русской платформы характерно наличие на сейсмограммах достаточно интенсивных поверхностных волн с различными кажущимися скоростями. С целью выбора наиболее оптимальной методики группирования при трехмерных наблюдениях было проанализировано действие интерференционных систем на регулярные волны-помехи, характерные для исследуемого региона.

Относительно анализируемых волн рассмотрены характеристики направленности линейной группы приемников, расположенной вдоль оси ОХ на базе 50 м с расстоянием между элементами группы 5 м, а также линейных групп источников, элементы которых размещены вдоль оси ОУ на базе 50 м с шагом 16.7 м и шагом 5 м. Показано, что увеличение шага между источниками приводит к сужению полосы подавления спектральной характеристики направленности для азимутов распространения волн 90° и 270° , т.е. вдоль линии возбуждения. И чем меньше значение отношения кажущейся длины волны к базе группирования, или чем ниже кажущаяся скорость, тем шире будет азимутальный диапазон сужения полосы подавления спектральной характеристики.

Применение ортогональной группы источников с параметрами, аналогичными параметрам группы приемников, приведет к одинаковым характеристикам данных систем, отличающимся на 90° относительно азимутов распространения волн-помех. Этот фактор дает предпосылку результативности применения совместного группирования ортогонально ориентированных групп источников и приемников с целью равномерного азимутально-независимого подавления поверхностных волн. Анализ характеристик направленности интерференционных систем показал, что использование совместных линейных ортогональных групп источников и приёмников с рассмотренной базой группирования 50 м и одинаковым шагом между элементами групп, равным 5 м, позволит эффективно подавить поверхностные волны с кажущимися скоростями до 900 м/с во всем диапазоне азимутов их распространения. Волны-помехи, имеющие довольно высокие кажущиеся скоростями 1000-2300 м/с, будут ослаблены незначительно – лишь на 20-40%.

Для подтверждения полученных теоретических результатов выполнен анализ подавления волн на синтетических материалах, содержащих волны-помехи с кажущимися скоростями от 320 м/с до 2240 м/с и отраженные волны. В результате моделирования были получены синтетические сейсмограммы, отвечающие расположению пунктов приема с шагом 5 м для продольного и непродольных наблюдений с боковыми выносами пунктов возбуждения 750 м и 1500 м. Синтетические данные были смоделированы таким образом, чтобы амплитуда помехи превышала амплитуду сигнала в 10 раз. Как показывает практика, в большинстве случаев, при проведении работ МОГТ-3D на территории юго-востока Русской платформы, используется шаг между пунктами приема 50 м. При таком шаге регистрации вдоль профиля для поверхностных волн, имеющих относительно невысокие значения кажущихся скоростей, происходит эффект подмены частот. Т.е., по наблюдаемым сейсмограммам будет невозможно однозначно восстановить гармонику волны с кажущейся длиной меньше 100 м. В результате прореживания трасс на смоделированных сейсмограммах с 5 м на

50 м появились синфазности, имеющие наклон, не свойственный указанным волнам-помехам.

Далее по полученным синтетическим данным было выполнено моделирование совместной работы ортогональных линейных групп приемников и источников на базах 0 м и 50 м для различных выносов пунктов возбуждения. Для групп источников на базе 50 м были рассмотрены расстояния между элементами в 16,7 м и 5 м. Полученные результаты свидетельствуют о преимуществе совместного группирования источников и приемников упругих колебаний на базе 50 м с шагом между элементами групп 5 м для волн-помех, имеющих относительно невысокие кажущиеся скорости и имеющие в результате шага регистрации вдоль профиля ложные синфазности. Данные искажения волн-помех, особенно если их наклон горизонтальный создают трудность для их подавления многоканальными фильтрами на этапе обработки, в частности с помощью преобразований Радона. С целью рассмотрения возможности ослабления волн-помех на этапе обработки, сейсмограммы, полученные в результате применения разных параметров групп, были подвергнуты фильтрации Радона.

Анализ количественных оценок показал, что эффективное подавление поверхностных волн посредством группирования связано с относительно небольшими кажущимися скоростями помех: чем выше кажущаяся скорость волн-помех, тем ниже коэффициент их подавления. Применение многоканальной фильтрации на стадии обработки дает обратное отношение величины коэффициента подавления в зависимости от значения кажущейся скорости. Исключение составляет среднескоростная волна с кажущейся скоростью 800 м/с. В результате подмены частот ее видимый наклон стал сопоставим с полезными отраженными волнами, поэтому влияние веерного фильтра на данную волну оказалось незначительным. Таким образом, совместное применение корректных волновых фильтров на стадиях полевых и камеральных работ позволяет повысить соотношение амплитуды сигнала к амплитуде помехи более чем в 10 раз. Каждый из этих этапов в процессе сейсморазведочных работ нацелен на свой диапазон волн-помех, отличающихся кажущимися скоростями.

В третьей главе также проведена оценка эффективности выбранных параметров интерференционных систем на материалах опытных работ для разнесенных в пространстве линий источников и приёмников колебаний. В ходе опытных работ 3D по схеме “крест” были рассмотрены варианты группирования источников на базе 55 метров и расстояниями между центрами плит вибраторов 18,3 м и 5 м. База группирования приемников составила 55 м с интервалами между элементами групп 5 м. Во время работ были задействованы 4 виброустановки. Дистанция в 5 м между элементами групп источников была достигнута за счет двух переездов вибраторов на расстояние 5 м вдоль линии возбуждения при отработке одного физического наблюдения. Таким способом была получена интерференционная система с одинаковыми параметрами ортогональных линейных групп источников и приемников. Группы сейсмоприемников состояли из 12 элементов, расположенных через 5 м вдоль линий приема на базах 55 м. В результате для двух вариантов групп источников были получены сейсмограммы ПВ с поперечными выносами 0 м, 300 м, 600 м и 900 м. На всех сейсмограммах продольных и непродольных наблюдений выделяются как синфазные отражения полезных волн, так и интенсивные поверхностные волны, кажущиеся скорости

и частоты которых изменяются в диапазоне волн-помех, характерных для исследуемого региона. Визуальный анализ результатов группирования подтвердил эффективность применения интерференционных систем с равными параметрами ортогональных линейных групп. Амплитуда волн-помех значительно уменьшилась в результате использования динамической группы из 12 вибраторов с расстоянием между соседними точками воздействий 5 м и группы приемников с аналогичными параметрами, ортогональной линии возбуждения. Отметим, что в данном случае существенно улучшается прослеживаемость полезных отражений. Количественные оценки отношения сигнал/помеха, полученные по рассмотренным результатам полевых экспериментов, свидетельствуют об увеличении данного параметра примерно в 2 раза при использовании динамической группы вибраторов относительно традиционной, где источники расположены через 18,3 м. Увеличение отношения амплитуды сигнала к амплитуде рассматриваемых волн-помех наблюдается на всех анализируемых боковых выносах ПВ – 0 м, 300 м, 600 м и 900 м.

Таким образом, результат опытных работ подтвердил необходимость применения линейных групп источников и приемников с одинаковыми параметрами при проведении трехмерных систем наблюдения по схеме “крест”. Так как в исследуемом регионе широко развиты поверхностные волны с обширным диапазоном кажущихся скоростей, различными азимутами и углами подхода к линиям наблюдений, это предусматривает необходимость использования различно ориентированных групп источников и приемников – ортогонально друг другу. При этом параметры линейных групп должны быть следующими: база группирования 45 м – 60 м, расстояние между элементами групп 4 м – 5 м. При выполнении данных условий на этапе полевых работ будут значительно ослаблены поверхностные волны, кажущиеся длины которых не превышают базу группирования. Применение подобных интерференционных систем позволит справиться с волнами-помехами, наиболее подверженных подмене частот из-за величины расстояния между каналами при регистрации, и ослабление которых при обработке затруднительно. Остальные же волны-помехи с более высокими кажущимися скоростями будут подавлены многоканальными фильтрами при обработке.

В четвертой главе рассмотрена проблема учета сейсмических волн, распространяющихся не в вертикальной плоскости при региональных исследованиях в сложных сейсмогеологических условиях, которыми характеризуются районы с ярко выраженной соляно-купольной тектоникой (Предуральский прогиб, Прикаспийская впадина). А именно рассмотрена задача повышения эффективности технологии “широкого профиля”, направленная на подавление “боковых” волн-помех и сохранение формы сигнала при имеющемся поперечном сносе отражающих границ.

Первые два раздела данной главы посвящены рассмотрению теоретических особенностей годографов ОГТ отраженных волн. Показаны условия, при которых будет возможна аппроксимация непродольного годографа однократно отраженной волны:

1. Отклонение аппроксимирующей гиперболы от непродольного годографа не должно превышать 2 - 4 мс. В этом случае сигнал, полученный в результате суммирования исходных трасс с нормальной кинематической поправкой не будет существенно отличаться по форме от суммарного

сигнала, полученного с учетом кинематических поправок непродольного годографа. Очевидно, что данное утверждение справедливо лишь при среднечастотных сигналах отраженных волн, для которых частотная характеристика суммирования, являющаяся спектром функции распределения запаздываний с величиной отдельных значений, равных 2 – 4 мс, в диапазоне частот спектра сигнала несущественно отклоняется от равномерной.

2. Время t_0 аппроксимирующей гиперболы не более чем на 2 – 4 мс отличается от времени непродольного годографа.

Выполнение этих условий обеспечивает, во-первых, возможность поиска кинематических поправок на основе стандартных приемов разновременного анализа сейсмограмм ОГГ по вееру симметричных гипербол, во-вторых, после ввода оптимальных кинематических поправок и суммирования на временном разрезе реализуется динамически выраженная синфазность отраженной волны и, в третьих, кривая $t_0(x)$, полученная в результате корреляции волны на временном разрезе по непродольному профилю с точностью до 2 - 4 мс совпадает с кривой $t_0(x)$ по продольному профилю, проходящему через линию средних точек.

Аналитическое решение задачи определения всех параметров, при которых правомерна выше указанная аппроксимация, представляет большие трудности, так как все параметры для разных значений t_0 нужно подбирать применительно каждой ситуации отдельно. Поэтому на практике удобнее руководствоваться значениями поперечных невязок (по линиям “широкого профиля”) во временном масштабе.

В третьем разделе рассмотрены результаты опытно-производственных работ, направленных на определение эффективной методики ослабления боковых волн методом ОГТ ШП. Работы проведены на профиле, отработанном ранее методом ОГТ 2D (Предуральский прогиб). Регистрация осуществлялась на центральной (четвертой) линии, а возбуждения производились на ортогональных ЛВ из 7 ПВ, расположенных с интервалом центров групп через 100 м, то есть длина линии возбуждения составляла 600 м. Линии возбуждения располагались через 200 м. В качестве источников волн использовалась группа вибраторов. Опытные работы были проведены в южной части профиля 8 МОГТ-2D Акобинской площади, расположенного в мульдовой части между Сагарчинской и Илекско-Сазанской соляными грядами. На данном профиле регистрируются интенсивные боковые волны, которые затрудняют прослеживание отражающих горизонтов.

С целью определения эффективности систем ОГТ ШП были рассмотрены различные варианты обработки опытно-методических материалов: произведено суммирование сейсмической записи, полученной из разного количества линий: 7, 5, 3, 1 соответственно эффективная база возбуждения составляла 600, 400, 200 и 100 метров.

Анализ полученных временных разрезов позволил сделать следующие выводы:

1. При уменьшении шага между пунктами взрыва вдоль рассматриваемого профиля МОГТ-2D до 200 м естественно происходит и снижение кратности, что влияет на прослеживаемость отражающих границ.
2. Системы ОГТ ШП с базой возбуждения 100 м уже ослабляют волны-помехи, присутствующие на временном разрезе ОГТ 2D.
3. “Боковые” волны-помехи полностью подавляются при применении систем ОГТ ШП с базой возбуждения 200 и более метров.

4. Вместе с “боковыми” волнами на суммарных разрезах, содержащих поперечный вынос и непродольные линии ШП, подавляются и “межкупольные” отражения.

Потеря корреляции “межкупольных” отражений связана с поперечным сносом, который на пространственных системах обычно учитывается с помощью имеющихся на сегодняшний день различных алгоритмов трехмерной миграции. Но применимость процедур, улучшающих пространственную разрешенность, невозможна при данной методике из-за низкого значения поперечного выноса для апертуры миграции, которую можно оценить по формуле:

$$A = H \times \operatorname{tg} \alpha, \quad (1)$$

где H - глубина основного горизонта; α – кажущийся угол дифрагированных волн, восходящих от горизонта.

Например, при $H = 2000$ м апертура миграции (в зависимости от поставленных задач) составляет $2000(\operatorname{tg}30^\circ \dots \operatorname{tg}45^\circ) - 1160$ м ... 2000 м от контура объекта.

Следовательно, для учета поперечного сноса посредством трехмерной миграции при отработке профилей МОГТ ШП необходимо увеличивать длину линий взрыва и для достижения необходимого распределения кратности – количество линий приема. С экономической точки зрения усложнение методики МОГТ ШП менее выгодно, тем более, что проблема временных невязок продольного и непродольных профилей ШП разрешима в процессе обработки.

Анализ полученного временного поля показал различия пространственного положения сейсмических поверхностей, связанных с “межкупольными” отражениями вдоль линий взрыва от 2 мс/тр до 10 мс/тр. Изменение задержек в поперечном направлении, относящихся к “боковым” волнам достигает от 10 мс/тр до 22 мс/тр.

Динамическую выраженность отражений, утраченную из-за искажения формы суммарного сигнала, можно восстановить исключением из суммируемых трасс ОГТ временных участков непродольных профилей, имеющих наклон отражающих границ по отношению к тем же горизонтам продольного профиля. В результате применения выше указанного приема при обработке “широкого профиля” получен временной разрез, на котором “боковые” волны подавлены вследствие несинфазного суммирования, а коэффициент корреляции “полезных” отражений сопоставим с данными МОГТ 2D (рис. 1).

При обработке “широкого профиля” возможен и другой способ учета боковых градиентов отражений – расчет временных разрезов по вееру направлений, получение временных разрезов с фиксированными боковыми градиентами и в результате – базисного временного разреза. Недостатком данной технологии является большой объем работ по визуализации результатов и невозможность одновременно учесть угол и азимут падения отражающей границы вдоль профиля. Применение данного метода целесообразно в совокупности с выше указанным способом при интерференции “боковых” волн с “полезными” отражениями, поперечный наклон которых на временном поле превышает 4 мс/тр.

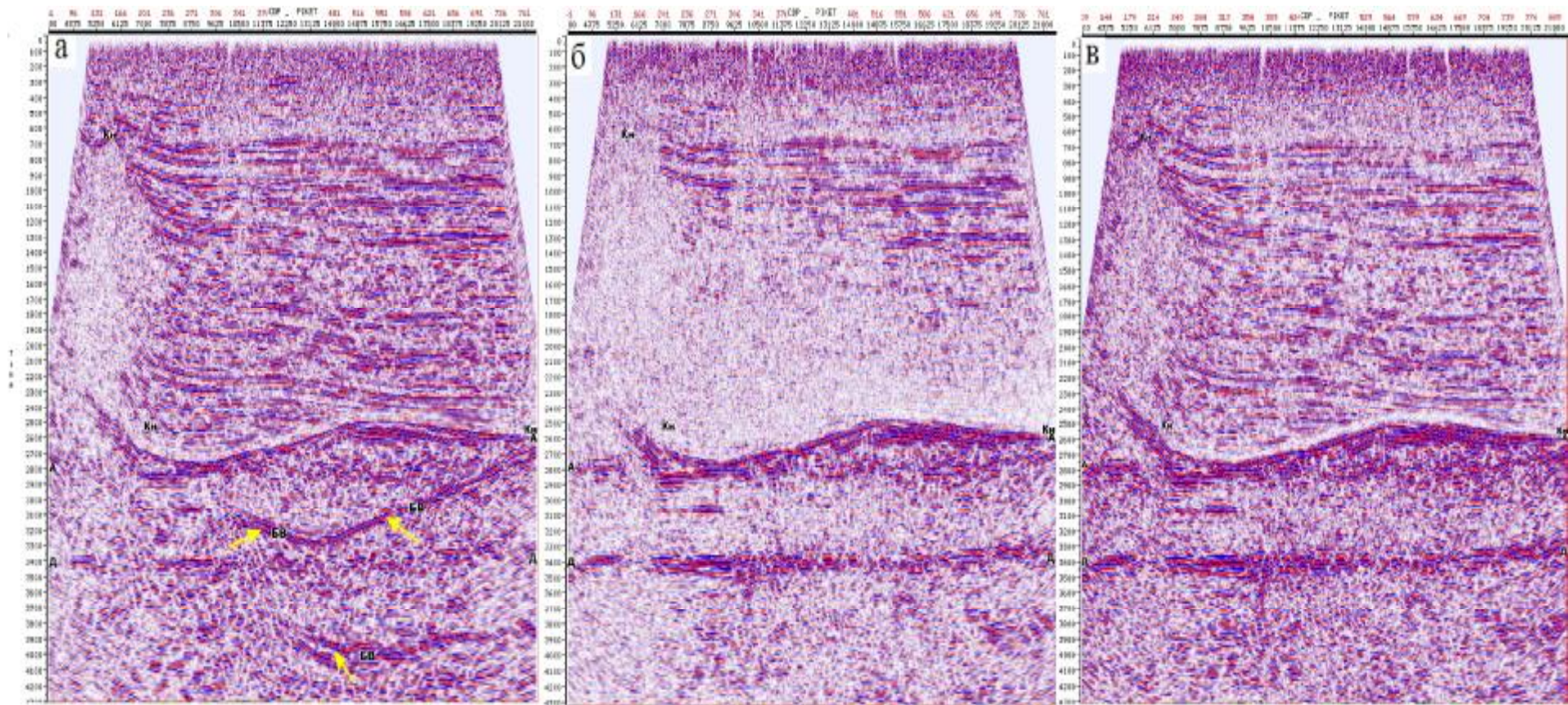


Рис.1. Временные разрезы:

- а) МОГТ-2D, ПВ через 50 м, Σ 60, стандартная обработка (присутствуют боковые волны и “межкупольные” отражения), *БВ* – “боковые волны” показаны стрелками;
- б) МОГТ- ШП, 7 линий возбуждения, база 600м, Σ 105, стандартная обработка (убраны боковые волны, но отсутствуют “межкупольные” отражения);
- в) МОГТ- ШП, 3 линии возбуждения, база 200м, Σ 45, предложенная схема обработки; (убраны боковые волны и сохранены “межкупольные” отражения);

Обобщая полученные результаты, можно сказать, что для учета “боковых” волн, приходящих не в вертикальной плоскости профиля, региональные сейсморазведочные работы в условиях соляно-купольной тектоники необходимо проводить по методике “широкого профиля”. При этом гораздо лучший конечный результат может быть получен в результате использования трех – пяти линий пунктов приема с поперечными размерами полученных блоков наблюдения 200 – 400 м. Величина поперечного выноса зависит от разницы времен “боковых” волн на линиях ОГТ пространственной системы и должна обеспечивать несинфазное суммирование “боковых” волн. Для увеличения соотношения сигнал/помеха, позволяющего четко проследить отражающие горизонты и, соответственно, достижения необходимой кратности, а также возможности комбинировать полученные материалы, пункты возбуждения необходимо располагать вдоль средней в активной расстановке ЛПП с ДПВ 50 м – 100 м. Сохранение формы сейсмического сигнала при имеющемся боковом градиенте “межкупольных” отражений и посолевых отражающих горизонтов более 4 мс/тр рекомендуется с помощью предложенных технологий на стадии обработки.

Пятая глава диссертации посвящена проблеме учета сложно построенной ВЧР при проведении сейсморазведочных работ на нефть и газ на территории юго-восточной части Русской платформы. Важность корректного учета скоростных неоднородностей ВЧР в платформенных условиях исследуемого региона показана на примере одной из площадей, отработанной методом ОГТ-3D. Рассматриваемая площадь характеризуется значительной расчлененностью рельефа местности. Абсолютные отметки колеблются в пределах 112-300 метров. Верхняя часть разреза сложно построена и представлена зоной малых (ЗМС) и зоной пониженных (ЗПС) скоростей, мощности и скорости в которых резко изменяются. В таких условиях для изучения ВЧР на данной площади были проведены специальные исследования – МПВ с сетью пунктов изучения 900x900м между центрами зондирований.

Для определения эффективности метода учета скоростных неоднородностей ВЧР и плотности пунктов наблюдения МПВ статические поправки были рассчитаны в четырех вариантах:

- 1) статика от рельефа с применением постоянной скорости замещения равной 2200 м/с;
- 2) статика от рельефа с учетом скоростей в коренных породах до линии приведения, рассчитанных по материалам МПВ;
- 3) по данным МПВ, с плотностью наблюдений 1800x1800м между центрами зондирований;
- 4) по данным МПВ, с более частой сетью наблюдений 900x900м между центрами зондирований.

Показано, что статические поправки, рассчитанные по первому варианту, полностью соответствует форме рельефа местности. Второй метод позволяет в большей степени учесть скоростные неоднородности коренных пород до линии приведения. Очевидно, что расчет статических поправок от рельефа с постоянной или же с дифференцированными по территории скоростями не всегда может оказаться корректен, т.к. не учитывает скоростные неоднородности ЗМС и ЗПС.

Представленная в работе принципиальная схема строения четвертичных отложений, демонстрирующая достаточно сложное поведение верхней части

разреза, свидетельствует о необходимости проведения зондирований МПВ по плотной сети наблюдения для получения неискаженной геологической модели.

Анализ материалов, полученных при исследовании ВЧР зондированиями МПВ с разной плотностью показал, что временные сдвиги, рассчитанные по сети 900x900 м, отличаются наибольшей дифференцированностью, характеризуя скоростные неоднородности ЗМС и ЗПС. Разброс априорных статических поправок 3 и 4 вариантов изменяется по площади от (-13) до +16 мс.

Проведенные структурные построения также показали разницу между полученными материалами (рис. 2). Район скважины № 8 по структурным картам горизонтов Б и Т подтверждает существование структуры. Ей соответствует аномалия с амплитудой 20-30 м. Из этого следует, что в районе скважины № 8 ВЧР учтена статическими поправками, что хорошо согласуется с результатами бурения скважины №8 и вновь полученными данными. На структурных картах по отражающим горизонтам Б и Т, полученным по материалам с более редкой сетью наблюдений МПВ наблюдается смещение свода структуры в районе скважины № 8 в северо-западном направлении, что указывает на отсутствие достаточной информации по ВЧР при разряженной сети наблюдения.

Результаты, полученные по рассмотренной площади, доказывают необходимость сгущения пунктов изучения верхней части разреза до 900x900 м (≈ 0.11 длины расстановки) для исследуемого района. Но и в данном случае нет уверенности, что при шаге пунктов изучения ВЧР, составляющим не менее 0.1 длины расстановки, будут учтены все аномалии ВЧР. Как правило, еще на этапе проектирования работ проводится анализ сведений о поверхностных условиях с целью выбора методики специальных работ по изучению ВЧР. Для этого используются имеющиеся материалы предшествующих сейсморазведочных работ, геологических съемок, результатов работ по другим геофизическим методам. Что касается работ по изучению ВЧР, выполненных сейсмическим и другими геофизическими методами, то не всегда представляется возможным оптимально установить необходимый интервал зондирований. Карты четвертичных и дочетвертичных образований могут дать приблизительную оценку сложности строения ВЧР. А для выбора плотности пунктов изучения приповерхностных отложений данной информации недостаточно. Одной из причин является масштаб проводимых геологических съемок - 1:200000.

В описываемой главе выполнено математическое двумерное моделирование с целью оценки влияния неучтенной высокоскоростной аномалии ВЧР трапецевидной формы с амплитудами 2.5, 5, 10 мс и пространственными периодами от 0.008 до 2.5 длин расстановки. При построении модели в качестве основы использованы данные по одной из скважин. С целью упрощения анализа ошибок синтетическая модель представлена в виде горизонтально слоистой с постоянными по профилю скоростями. Были получены временные разрезы путем суммирования сейсмограмм с длиной расстановки 6000 метров (X_{\max} 3000 м) и 12000 метров (X_{\max} 6000 м).

В результате анализа модельных данных было установлено, что изменение формы искажения на разрезе ОГТ происходит по мере увеличения размера аномалии ВЧР по отношению к длине расстановки. Аномалия на временном разрезе в каждом случае превышает длину неоднородности. Разница между пространственными размерами аномалии на разрезе ОГТ по отражающим горизонтам, находящимся и не попавшим в зону мьютинга становится меньше при

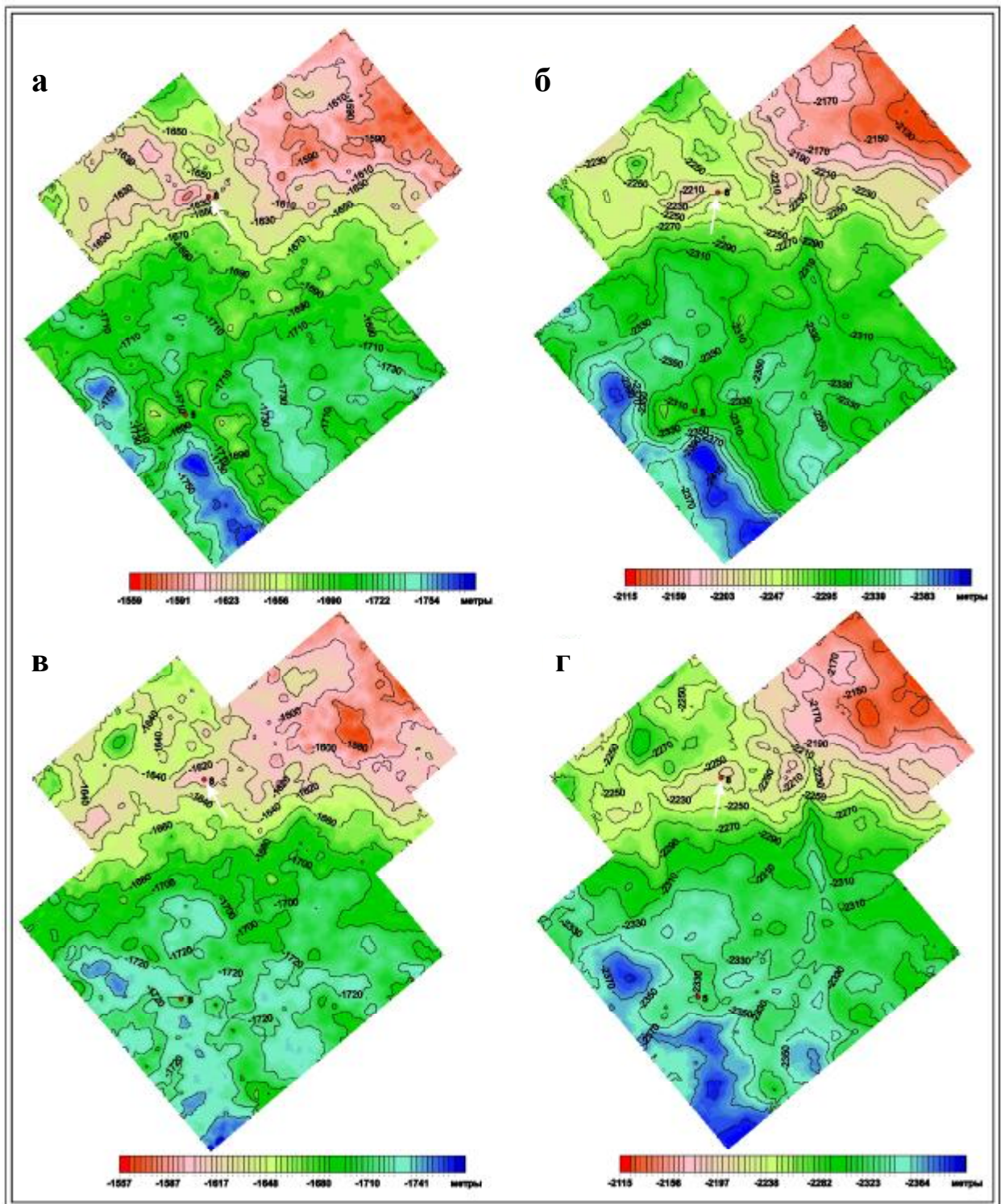


Рис. 2. Структурные карты по отражающим горизонтам Б и Т, построенные по материалам с применением статических поправок, рассчитанных по данным МПВ с разной плотностью зондирований:

- а) горизонт Б, плотность наблюдений МПВ 1800x1800м, (скважина №8 находится на склоне структуры);
 - б) горизонт Т, плотность наблюдений МПВ 1800x1800м, (скважина №8 находится на склоне структуры);
 - в) горизонт Б, плотность наблюдений МПВ 900x900м, (скважина №8 находится в своде структуры);
 - г) горизонт Т, плотность наблюдений МПВ 900x900м, (скважина №8 находится в своде структуры).
- Скважина №8 показана стрелкой.

размере неоднородности ВЧР сопоставимой и больше половины длины расстановки. Также при увеличении размера аномалии верхней части разреза по отношению к длине расстановки возрастает амплитуда отклонения на разрезе ОГТ. Причем, чем короче годограф на сейсмограмме, тем стремительнее происходит процесс увеличения амплитуды на разрезе при росте периода поверхностной аномалии. Временная погрешность на сейсмическом поле становится равной удвоенной амплитуде поверхностной аномалии при периоде отклонения равного и большего половины длины расстановки. После применения автоматической коррекции статики длина неоднородности на разрезе возрастает, а ее амплитуда падает. Но процедура стандартной коррекции статических поправок при периоде отклонения ВЧР большего половины длины расстановки не уменьшает амплитуду временных сдвигов на разрезе. Для определения оптимальной плотности изучения ВЧР по модельным данным будем исходить из простых рассуждений. Допустим, что периоды рассматриваемых аномалий соответствуют по размерности расстоянию между пунктами изучения ВЧР. То есть, если плотность зондирований ВЧР, например, составляет 600 метров, то предполагаем, что не учтена, находящаяся между пунктами изучения ВЧР, поверхностная аномалия периодом того же размера. Также при анализе модельных данных мы пренебрегли погрешностью снятия значения двойного времени пробега волны t_0 в 2-4 мс.

Анализ полученных материалов показал, что для учета аномалии ВЧР равной 10 мс с погрешностью определения t_0 на данных МОГТ не более 2-4 мс плотность пунктов изучения приповерхностных отложений не должна превышать 0,05-0,1 длины расстановки (или 0,1-0,2 X_{max}). Аномалии ВЧР в 10 мс на исследуемой территории встречаются достаточно часто. Это возможно, например, при одновременном изменении скорости на 50 м/с и мощности слоя в поверхностных отложениях на 0.5 м.

По полученным моделям рассчитаны ошибки определения глубины при разных периодах и амплитудах аномалии ВЧР. Заметим, что в данном случае речь идет не о фактической погрешности определения глубины отражающих горизонтов, а о той ее составляющей, которая обусловлена ошибкой расчета поправок за ЗМС и рельеф, без учета таких проблемных факторов, как просчеты определения скоростей, а также остаточные искажения формы сейсмического сигнала. Очевидно, что погрешности рассчитанных глубин возрастают при переходе к более глубоким горизонтам.

Таким образом, в силу описанных допущений, по модельным данным получена плотность пунктов изучения ВЧР, необходимая для учета поверхностной аномалии с пространственным периодом не превышающим 0,05-0,1 длины расстановки МОГТ и амплитудой 10 мс интерференционными системами ОГТ с применением в процессе обработки стандартных процедур автоматической коррекции статики. Из расчетов была исключена вероятность присутствия в пределах одной расстановки МОГТ нескольких неучтенных специальными наблюдениями аномалий ВЧР, а также аномалий амплитудой больше 10 мс.

Резюмируя рассмотренные в данной главе материалы, можно констатировать, что на практике к решению проблемы изучения ВЧР зачастую подходят утилитарно, получая статические поправки по данным МОГТ или учитывая только информацию о рельефе. Однако уже само понятие ВЧР должно определяться видом сейсмических исследований, масштабом сейсморазведочных

работ. При планировании сейсморазведочных работ необходимо исходить из положения о том, что точность изучения ВЧР должна отвечать масштабу съемки. При этом нужно использовать максимум всей имеющейся априорной и апостериорной геолого-геофизической информации. Проблема изучения ВЧР, не смотря на многочисленность публикаций по ее различным аспектам, по-прежнему является актуальной научной и прикладной задачей. Решение ее на основе рационального комплекса приемов сбора, обработки и интерпретации данных определяет дальнейшее повышение геолого-экономической эффективности сейсморазведочных работ на территории юго-востока Русской платформы.

Для учета скоростных неоднородностей приповерхностных отложений мы обосновываем необходимость в проведении дополнительных исследований ВЧР методом преломленных волн в совокупности с микросейсмокаратажем. Плотность зондирований ВЧР мы рекомендуем связывать с максимальным удалением источник-приемник данных МОГТ и для успешного учета поверхностных скоростных аномалий проводить исследования ВЧР не реже 0,1-0,2 от X_{\max} .

Заключение

Сложное геологическое строение исследуемого региона, постоянно повышающиеся требования к геологической информативности сейсморазведки обуславливают необходимость в разработке рациональных подходов к выбору и обоснованию методики проведения полевых работ, что во многом определяет качество и достоверность получаемых конечных результатов. Проведенные исследования по оптимизации методики сейсмических исследований на территории юго-востока Русской платформы позволили получить следующие результаты:

1. Проанализированы основные характеристики крестовых систем наблюдений узкоазимутальных и широкоазимутальных съемок 3D для одноэлементных и многоэлементных шаблонов пунктов возбуждения и дана оценка каждой из методик обработки.
2. Обоснована оптимальная методика проведения трехмерных сейсморазведочных работ, позволяющая увеличить производительность и, соответственно, экономическую эффективность исследований.
3. Выполнен анализ характеристик направленности ортогонально ориентированных групп источников и приемников упругих колебаний при крестовых системах наблюдения и проведена оценка результатов их совместного действия на поверхностные волны, характерные для региона, по синтетическим и реальным сейсмическим материалам.
4. Уточнена методика сейсморазведочных работ при региональных исследованиях на основе систем “широкий профиль” в районах с резко выраженной соляно-купольной тектоникой и выбрана схема “широкого профиля”, позволяющая решать задачи по подавлению “боковых” волн-помех и сохранению формы сейсмического сигнала при имеющемся поперечном наклоне отражающих границ.
5. Обоснована методология работ по учету скоростных неоднородностей ВЧР.

На основании полученных результатов сформулированы основные положения оптимизированной методики сейсморазведочных работ в условиях юго-востока Русской платформы:

1. Сейсморазведочные работы МОГТ-3D по крестовым системам наблюдения проводить с использованием многоэлементных шаблонов пунктов возбуждения.

2. Региональные исследования в районах с резко выраженной соляно-купольной тектоникой проводить с помощью пространственных систем наблюдения – по методике “широкого профиля”. При этом использовать схему, состоящую из трех – пяти ЛПП с поперечным размером полосы наблюдения 200 м – 400 м и одной линии ПВ, расположенной вдоль средней (3-й или 5-й) ЛПП с интервалами между пунктами возбуждения 50 м или 100 м.
3. При съемках с применением крестовых пространственных систем наблюдения использовать ортогонально ориентированные линейные группы виброисточников (в динамике) и сейсмоприемников с одинаковыми параметрами: базой 40–60 м и расстоянием между элементами групп 4–5 м.
4. Для всех модификаций сейсморазведочных работ – 2D, 3D, ШП проводить детальное изучение ВЧР методом преломленных волн с плотностью не реже 0,1-0,2 от максимального значения удаление источник-приемник в совокупности с микросейсмокартажем.

**Основные положения и результаты диссертации
опубликованы в следующих работах:**

1. *Парамонов В.К. Калинин А.Ю. Черваков В.М. Гореликов В.И. Карнаухов В.И.* Особенности методики региональных сейсморазведочных работ в районах с резко выраженной соляно-купольной тектоникой. Геофизика, 2006, спец. выпуск 55 лет “Хантымансийскгеофизике”, стр. 55-57.
2. *Калинин А.Ю. Черваков В.М.* “Принципиальная важность учета скоростных неоднородностей ВЧР в платформенных условиях Оренбургской области”. Технология сейсморазведки, 2008, №1, 74-79.
3. *Калинин А.Ю.* “Методика отработки трехмерных крестовых систем наблюдения в условиях юго-востока Русской платформы”. Технология сейсморазведки, 2009, №2.
4. *Калинин А.Ю. Черваков В.М. Гореликов В.И. Карнаухов В.И.* “Особенности методики региональных сейсморазведочных работ в районах с резко выраженной соляно-купольной тектоникой”. Труды 8-й, 9-й научно-практических конференций “Современные геофизические технологии в ОАО “Хантымансийскгеофизика” и перспективы их использования для повышения эффективности поисков, разведки и разработки месторождений нефти и газа”. Ханты-Мансийск, 2005 г., 2006 г. // Труды конференции “Геомодель-2005”, Геленджик, 2005 г.
5. *Калинин А.Ю. Черваков В.М. Андронов А.И.* “Принципиальная важность учета скоростных неоднородностей ВЧР в платформенных условиях Оренбургской области” Труды 10-й научно-практической конференции “Современные геофизические технологии в ОАО “Хантымансийскгеофизика” и перспективы их использования для повышения эффективности поисков, разведки и разработки месторождений нефти и газа”. Ханты-Мансийск, 2007 г. // Труды конференции “Геомодель-2007”, Геленджик, 2007 г.

Соискатель  /А.Ю. Калинин/