

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ РФ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
УНИТАРНОЕ
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ГЕОЛОГОРАЗВЕДКА»**

Н.А.КАРАЕВ, Ю.П.ЛУКАШИН

**СЕЙСМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЗЕМНОЙ КОРЫ
В ИЗОБРАЖЕНИЯХ ПОЛЯ РАССЕЯННЫХ
ВОЛН**

Санкт -Петербург
ФГУНПП «Геологоразведка»
2015

ПРЕДИСЛОВИЕ
к монографии Сейсмические модели земной коры
в изображениях поля рассеянных волн

В 80-х годах прошлого века академиком М.А.Садовским и его учениками была сформулирована новая модель реальной геологической среды, названная *геофизической средой*. Это изображение реальной среды, которое выявляется геофизическими методами. Сформулированы *пять членов нового символа веры*: иерархическая неоднородность среды по всем физическим характеристикам; активность, способность не только поглощать, но и излучать энергию геофизических полей; нелинейность, проявляющаяся во множестве эффектов, прежде всего в невыполнении принципа суперпозиции геофизических полей; взаимодействие геофизических полей разной природы; изменчивость во времени геофизических свойств реальных сред. Эти изменения происходят не в медленном *геологическом времени*, а быстро, на протяжении долей секунды – до продолжительности человеческой жизни. Эти принципы позволили снять многие табу и освободить исследователя в его творческом труде интерпретатора экспериментальных данных.

Новая концепция принимается не сразу, болезненно, по частям. Особенно трудно освободиться от принципа суперпозиции, на его страже стоит другой принцип – «бритвы Оккама» - не надо вводить новые сущности, если можно объяснить природу вещей сущностями существующими. Принцип суперпозиции имеет замечательную физическую и математическую простоту, отсюда и его удивительная живучесть.

В целом, основных новых качеств - два: иерархическая неоднородность среды и нелинейность. Если среда иерархически неоднородна, то она уже обладает многими замечательными свойствами, среди которых главное – способность рассеивать волновые поля, сейсмическое и электромагнитное. Рассеяние сейсмических волн на неоднородностях разного масштаба реальных гетерогенных сред иногда приводит в отчаяние сейсморазведчиков. На протяжении десятилетий сейсморазведчики боролись с рассеянными волнами, помехами интерпретации волн регулярных, связанных с регулярными гладкими границами слоистых сред.

Существует конфликт между сейсморазведкой традиционной и сейсморазведкой нетрадиционной. На самом деле – это конфликт между людьми, которые мыслят традиционно и слепы, и людьми нетрадиционно мыслящими, которые видят реальную гетерогенную среду открытыми глазами, чувствуют ее своим искренним сердцем, непредвзято; изучают рассеянные волны, которые тоже, видят «все как есть». Сейсморазведка нетрадиционная трудна, но благодарна. Она позволяет решать геологические задачи, на которые традиционная сейсморазведка не посягает, а часто и сознательно обходит.

Эти трудности, во многом непреодолимые для стандартных методик решения прямых задач, могут быть одолены физическим моделированием даже на плоских моделях. Надо только правдоподобно воспроизвести гетерогенность, рассеивающие неоднородности. Разнообразие геологических образов такой гетерогенности необыкновенно широко. Для начала надо упростить задачу, выбрать некоторые ключевые образы, воспроизвести волновые поля рассеянных на них волн, а потом усложнить полученные изображения. Таким первым упрощением является использование плоской модели, а не трехмерной; можно комбинировать результаты, переходить к новым композициям, используя своего рода суперпозицию, но не физическую, а образную, мысленную. Конечно, внесение такого индивидуального элемента – это нестандартная, неоднозначная задача, ее решение связано с характером интерпретатора, его опытом, геологическим видением проблемы и еще многим другим.

Лет 30 назад, когда вычислительные возможности компьютеров были гораздо скромнее, *теперешни*, широко применялась оптическая обработка изображений. Это направление называлось иконикой, оптической аналоговой обработкой изображений с учетом зрительного восприятия. По существу, иконика – это метод, использующий как физическую обработку оптической информации, так и ручную, индивидуальную обработку зрительных образов интерпретатором. В отличие от цифровой иконика использует аналоговую информацию, аналоговые методы обработки данных, гораздо более мощные, чем методы цифровые, и гораздо менее бездушные и затратные.

На первом этапе работ, в 60–70-х годах исследования рассеянных волн велись аналоговым моделированием. Эти исследования были продолжены аналогово-цифровым моделированием с преобразованием импульсных сигналов в вибрационные; начиная с 2000-х годов система физического моделирования была полностью компьютеризована. Это позволило диагностировать трещинную и порово-трещинную гетерогенность с широкой вариацией параметров 2D- и 3D- моделей при поисках нефтяных коллекторов.

В последние два десятилетия, с развитием цифровых технологий обработки данных, результаты физического моделирования были дополнены данными математического моделирования, реализованного применением современных программных систем. Особенно эффективно физическое моделирование при волновой диагностике вертикальных трещинных систем, это связано с необходимостью решения сейсморазведочных задач нефтяной сейсморазведки.

Современная цифровая революция сопровождается и революцией технической: качество современной бумажной полиграфии существенно выше прежнего, цифровое сканирование альбомных изображений значительно улучшено. Сейчас возможно превратить страницы этой монографии, на которых даны изображения наблюдаемых при физическом моделировании волновых полей, в цифровое изображение и применить к цифровому изображению всю мощь современных средств компьютерной обработки. Таким образом, обработка данных является аналоговой на первом, наиболее трудном этапе построения моделей рассеянных волн, и цифровой – на следующем этапе интерпретации. В этом я вижу перспективу использования изображения поля рассеянных волн для огромного мыслимого и немыслимого разнообразия геологических образов гетерогенных сред. Это и есть на самом деле прорывная современная технология развития сейсморазведки.

Монография сейсмических моделей земной коры в изображениях полей рассеянных волн содержит богатейший экспериментальный материал, собранный на протяжении многих лет талантливыми людьми, которые видели проблемы сейсморазведки шире и дальше, чем общепринято. Пытливый читатель войдет в удивительный мир изображений рассеянных волн, прочтет сопровождающий рисунки текст, проникнется идеями авторов, взглянет на природу привычных вещей новыми глазами. Читатель творческого и аналитического склада ума увидит и перспективы дальнейшего развития метода, связанные с необыкновенными возможностями, которые несет вычислительная техника в сочетании с аналоговым физическим моделированием, сумеет усложнить модель земной коры, ввести в нее нелинейность, трехмерность, изменчивость во времени, связь сейсмического поля рассеянных волн с другими геофизическими полями. Но в любом случае основу исследования составит физическое моделирование на случайно-неоднородных и частично упорядоченных моделях гетерогенных сред, как фундамент дальнейшего развития сейсмического метода исследований.

Поддерживаю и приветствую издание монографии, надеюсь, что она будет оценена читателями, внесет существенный вклад в сейсмическую разведку и сейсмологию.

Главный научный сотрудник Института
Физики Земли РАН, член-корр. РАН

А.В.Николаев

Н.А. Караев Ю.П.Лукашин

Сейсмические модели земной коры
в изображениях поля рассеянных волн
(аннотированное содержание)

Процесс развития сейсмических методов при постоянном усложнении геологических задач в большой мере определяется представлениями сейсмических моделей реальных сред. Принципиальная важность проблемы выбора сейсмической модели реальной среды, от которой зависит весь исход всей последующей интерпретации сейсмических данных, в равной степени касается всех разделов структурной сейсмологии, т.е. сейсморазведки и глубинного сейсмического зондирования. Отклонения от известных идеализированных классических моделей реальных сред отмечаются при переходе к изучению неоднородной структуры глубоких частей земной коры. Объектами изучения становятся новые нетрадиционные для сейсморазведки геологические образования в метаморфических и изверженных толщах пород кристаллической коры. Для решения проблемы детализации сложнонеоднородных внутрикоровых структурно-тектонических комплексов в состав сейсмических методов глубинных исследований земной коры был включен МОВ ОГТ, занявший лидирующее положение во многих странах мира при реализации различных международных проектов на крупных геотраверсах.

С широким внедрением в региональную сейсморазведку метода, перенесенного из традиционной нефтепоисковой сеймики регулярно-слоистых сред, обострились противоречия во взглядах на сейсмические модели земной коры. Существенна при этом многозначность интерпретации сейсмических построений, выполненных различными методами при установлении связи между глубинными структурными элементами и строением верхних структурно-тектонических комплексов. Расхождения в результатах региональных сейсмических построений прежде всего связаны с тем, что каждый из применяемых методов в связи с его физико-геологической особенностью, значением масштабного параметра, определяющего область воздействия среды на волновое поле, по-разному освещает неоднородности среды различных иерархических уровней. С другой стороны, существующая неоднозначность в истолковании глубинных сейсмических построений как между различными методами, так и в пределах одного метода часто может быть связана с низкой дискретностью наблюдений, (например, в методах ГСЗ, МОВЗ и др.), а также неадекватностью применяемых алгоритмов обработки и интерпретации сейсмической информации.

Отсюда вытекает первоочередная проблема современных глубинных сейсмических методов, которая заключается в создании и усовершенствовании нового класса сейсмических моделей, наиболее реалистично описывающих неоднородное строение коры, и в изучении и обосновании новых (альтернативных) подходов к обработке и интерпретации сейсмической информации с учетом аппроксимации земной коры новым нетрадиционным классом моделей. Решение этой проблемы должно быть построено на сопоставлении и сравнительной оценке результатов наблюдений в «дальней» и «ближней» зонах. Важным является обоснование признаков диагностики сейсмических объектов различными методами и возможности их комплексирования при изучении неоднородностей консолидированной коры различных иерархических уровней. Проведение подобных исследований имеет исключительное значение как в решении глобальной проблемы изучения строения земной коры, так и в решении прикладных прогнозно-поисковых задач для установления связи глубинных структур земной коры с верхними структурно-тектоническими комплексами.

В первом главе монографии дано обоснование построения нового класса сейсмических моделей наиболее адекватно аппроксимирующих детальное строение сложнопостроенных моделей консолидированной земной коры.

Отход от аппроксимации земной коры традиционными регулярными сейсмическими моделями при наблюдениях в «дальней» зоне был сделан А.В. Николаевым (1973). В отличие от классических представлений земная кора по данным наблюдений МРВ была аппроксимирована случайно-неоднородной сейсмической моделью. По реакции динамических и кинематических характеристик первых волн, наблюдаемых в «дальней» зоне, А.В. Николаевым было введено понятие «мутность» среды, которая характеризуется рассеивающим действием статистических неоднородностей на изменение тонкой структуры волнового поля при «облучении» кристаллической коры. По существу, А.В. Николаевым был сделан первый шаг на пути обоснования новой концепции сейсмической модели при аппроксимации неоднородной структуры земной коры. Однако наблюдениями в «дальней» зоне возможно лишь в самом общем виде осветить интегральные характеристики мегагетерогенных структур коры: ее расслоенность и мозаично-блоковую структуру.

С переводом наблюдений в «ближнюю» зону в качестве альтернативы традиционным регулярным сейсмическим моделям, при описании внутрикоровых структурно-тектонических комплексов, впервые в рассмотрение был введен принципиально новый класс *гетерогенных* сейсмических моделей, наиболее адекватно аппроксимирующих детальное строение сложнопостроенных сред, основная информация о которых связана с полем рассеянных волн [Б.Я. Гельчинский, Н.А. Караев, 1977; Н.А. Караев, 1982].

Переход к аппроксимации неоднородности коры наиболее реалистичными и конструктивными сейсмическими моделями гетерогенного типа осуществлен на основе сейсмического масштабирования неоднородностей среды. Все многообразие неоднородностей по отношению их размеров к сечению зоны Френеля ($D_{\text{фр}}$) систематизировано в три разные группы, при этом эффективный сейсмический масштаб неоднородностей определен на основе различий в формируемом волновом поле для каждой из групп. Так, в случае крупномасштабных неоднородностей ($2d \gg D_{\text{фр}}$) – это область лучевого приближения, положенная в основу описания традиционных моделей регулярных сейсмических границ. Центральное место в сейсмических моделях земной коры отведено средним ($2d \approx D_{\text{фр}}$) и мелкомасштабным ($2d \ll D_{\text{фр}}$) неоднородностям, из композиции которых формируются различные модели, названные нами *гетерогенными сейсмическими системами*. В первом случае – это область френелевской дифракции. Эффективные сейсмические модели (ЭСМ) среднемасштабных неоднородностей условно подразделены на двумерные и трехмерные, отражающие (рассеивающие) свойства которых можно описать при помощи эффективного коэффициента $\chi(\theta, \omega)$, где θ – угол падения волны, ω – частота. В другом – это область фраунгоферовой дифракции, и волновое поле описывается статистически.

В общем виде сейсмическую гетерогенность земной коры следует рассматривать как сочетание разномасштабных неоднородностей, собранных в определенные композиции, образующие в пространстве гетерогенные системы, различаемые масштабом, контрастностью, структурой организации и плотностью распределения неоднородностей. Проявление в волновом поле сейсмических неоднородностей различных масштабов зависит от размеров области наблюдения, а также распределения неоднородностей в пространстве.

Вторая глава монографии посвящена изучению закономерности распространения волнового поля в гетерогенных моделях со среднемасштабными включениями. Исследования проведены на основе сочетания методов физического и математического моделирования. Рассмотрены особенности волнового поля, формируемого на отдельных

локальных элементах, включая трещины; особенности формирования волнового поля на системах неоднородностей (зонах, блоках) с упорядоченной и диффузной структурой распределения рассеивающих элементов. Установлена важная особенность среднемасштабного рассеяния – принципы суперпозиции и локальности, которые положены в основу расшифровки свойств полей рассеянных волн, формируемых на гетерогенных системах. В процессе рассмотрения приведены исходные сейсмограммы ОПВ, а также волновые поля, преобразованные в форму временных и мигрированных разрезов ОГТ. При всем разнообразии моделей методами сейсмического моделирования выявлен ряд отличительных волновых признаков рассеянных волн, по которым на разрезах могут быть диагностированы сейсмические образы реальных гетерогенных систем. Важным результатом модельных исследований явилась установленная зависимость структуры многокомпонентного поля отраженного рассеяния при постепенном переводе наблюдений из «ближней» в «дальнюю» зону.

В процессе исследований выявлены аномальные волновые эффекты, связанные с кинематикой и поляризацией рассеянных волн при распространении через гетерогенные блоки, различаемые геометрическими параметрами среднемасштабных элементов, а также их композиции в блоках. Приведенные в главе некоторые результаты объемного многоволнового физического моделирования блоков с вертикальной трещинностью и выявленные при этом особенности волнового поля могут представлять интерес при решении разведочных задач, связанных с диагностикой залежей углеводородов в слоистых средах.

Третья глава посвящена описанию сейсмических образов геологических объектов земной коры в отображении поля рассеянных волн. Принципиально важным является подтверждение экспериментальными наблюдениями СДР адекватности аппроксимации гетерогенными сейсмическими системами неоднородностей коры различных иерархических уровней. В результате реализации развиваемой концепции обработки данных в изображениях поля разномасштабного рассеяния в главе приведены сейсмические образы самых разных геологических объектов кристаллической коры на примерах некоторых геотраверсов МОВ ОГТ. Поле рассеянных волн, с которыми связана основная информация о гетерогенности земной коры, представлено в виде наложения двух компонент.

Первая компонента, условно названная волновым фоном, образована в результате рассеяния сейсмических волн на разномасштабных неоднородностях коры. Геологической содержательностью обладают интегральные характеристики волнового фона как источника информации об усредненных характеристиках коры, отображающих степень ее неоднородности («прозрачности»). По существу, в наблюдаемом волновом фоне отображается общий каркас сейсмической модели земной коры: вертикальная расслоенность коры, определяемая составом пород и фазовыми изменениями вещества и мозаично-блоковая структура коры. Расслоение коры по параметру «мутности», установленное по наблюдениям в «дальней» зоне, позволяет предположить, что в формировании слоистости коры основное значение имеют мелкомасштабные неоднородности, образующие статистический фон сейсмической гетерогенности коры. Во многих публикациях приведены примеры статистической обработки разномасштабного рассеяния на различных композициях неоднородностей с выделением объектов, различаемых по признаку поглощения волнового поля.

Вторая компонента волнового поля, рассеянного на среднемасштабных неоднородностях, занимает центральное место в изучении структуры земной коры. С этой компонентой поля рассеянных волн связана основная информация о строении геологических объектов более высокого иерархического уровня в наиболее неоднородном разделе коры – верхнекоровом структурно-вещественном комплексе, и его связи с глубинными объектами земной коры. В поле среднемасштабного рассеяния

отображены структурные особенности разнообразных геологических объектов, например, зон разломов, надвиговых структур, приконтактных зон, интрузивных образований и пр. Во многих случаях в поле рассеянных волн отображается структура контрастного раздела земной коры – коромантийного слоя со сложной композицией среднemasштабных сейсмических неоднородностей. В основе исследований рассмотрены временные и мигрированные разрезы ОГТ, соответствующие основным структурным элементам земной коры, и отдельные фрагменты сейсмических образов гетерогенных систем в слоистых разрезах.

Широко представлены в верхнекоровом разделе субвертикальные и крутонаклонные *гетерогенные системы*, соответствующие разрывным нарушениям, зонам смятия, приконтактным зонам и пр. При этом отмечена удовлетворительная сопоставимость реальных данных с результатами моделирования. К особому типу сейсмических моделей отнесены наклонные гетерогенные зоны, аппроксимирующие интенсивно дислоцированные породы зоны надвигов. ЭСМ аппроксимируемых объектов представлены двумерными гетерогенными системами. Наблюдаемые на сейсмических моделях волновые картины наклонных гетерогенных зон четко проявлены на примерах надвиговых зон в изображениях реального поля отраженных рассеянных волн.

В главе приведены фрагменты сейсмических образов гранитоидных и ультраосновных интрузивных массивов; примеры сейсмических образов транскоровых гетерогенных систем, аппроксимирующих обширные области земной коры, которые характеризуются высокой сейсмической контрастностью и внутренней неоднородностью. К числу крупных контрастных субвертикальных гетерогенных систем земной коры, наблюдаемых на динамических разрезах, отнесены транскоровые зоны разломов и обширные кимберлитоконтролирующие структуры, отображаемые в динамических аномалиях поля разномасштабного рассеяния. Приведен пример сейсмической модели образа обширной субвертикальной системы кимберлитобразования, включающей верхнюю часть мантии; подводящие каналы в земной коре; кимберлитовые тела и сопутствующие им разломы в осадочном чехле. Внутренняя структура каналов связи характеризуется неоднородным строением, определяемым чрезвычайно пестрым составом образующих пород.

В процессе детализации отдельных фрагментов региональных сейсмических построений путем преобразования поля среднemasштабного рассеяния отмечено удовлетворительное восстановление (иногда с высоким разрешением) гетерогенных систем, отображающих структуру зон разрывных нарушений, строение чешуйчато-надвиговых структур, вулканогенных структурных комплексов, интрузивных массивов.

Важной особенностью рассеянных волн, которую следует учитывать при интерпретации данных, является влияние масштабного эффекта на формирование структуры волнового поля. В соответствии с увеличением радиуса Френеля с глубиной меняется масштаб сейсмических неоднородностей. С уменьшением эффективного размера неоднородностей в наблюдаемом поле рассеянных волн возрастает виртуальная «прозрачность» земной коры. По мере распространения волнового поля (за счет снижения энергетических характеристик рассеяния) информация о «рассеивающей» среде по отношению к уровню случайных помех постепенно убывает.

Масштабный эффект существенно влияет на структуру волнового поля при переходе наблюдений из «ближней» в «дальнюю» (ГСЗ) зону. Путем сопоставления модельного эксперимента с реальными данными установлено, что коромантийный слой, аппроксимируемый в «ближней» зоне сложнеоднородной гетерогенной средой при увеличении офсета наблюдений за счет уменьшения масштаба неоднородностей, приобретает свойства регулярной отражающей границы. Качественное совпадение сейсмических построений по наблюдениям в «ближней» и «дальней» зонах позволяют

сделать важный вывод, что оба подхода совершенно с разных позиций, дополняя друг друга, в поле отраженных рассеянных волн отображают положение в разрезе и структуру нижнекорового слоя. При этом следует отметить, что достаточно интенсивные регулярные волны, отраженные от коромантийного слоя, в том числе и от границы М, часто наблюдаются в докритической области.

В четвертом разделе рассмотрены примеры отображения сейсмической гетерогенности земной коры в наблюдаемом в «ближней» зоне поле рассеянных волн на крупных региональных пересечениях в сопоставлении с данными ГСЗ.

- В изображениях интегральных амплитудных характеристик поля рассеянных волн отображено строение главных докембрийских структурно-тектонических комплексов Восточной части Балтийского щита, в том числе строение Печенгской грабен синклинали, Беломорского гнейсового пояса, Центрально-Карельской гранит-зеленокаменной области, наложенной Онежской мульды. В наблюдаемом поле рассеяния четко проявилась чешуйчато-надвиговое строение региона.

- На динамических разрезах геотраверса «Urseis» в поле разномасштабного рассеяния отображено положение основных мегазон Южного Урала: макрогетерогенные разделы коры, транскоровые разломные зоны, а также гетерогенные системы более высокого иерархического уровня (интрузии, разломы, приконтактные и надвиговые зоны и пр.). Важно отметить установленное соответствие между положением гетерогенных зон и положением сейсмоструктурных этажей по данным ГСЗ. По характеру распределения амплитуд фонового поля земная кора дифференцируется на четыре слоя.

- В алмазоносных районах Западной Якутии в наблюдаемых аномалиях поля рассеянных волн прослежены транскоровые структуры, отождествляемые с моделью кимберлитобразующих систем; положение рудоконтролирующих разломов, а также примеры локализации кимберлитовых трубок.

В процессе детализации отдельных фрагментов региональных сейсмических построений путем преобразования поля среднемасштабного рассеяния отмечено удовлетворительное восстановление (иногда с высоким разрешением) гетерогенных систем, отображающих структуру зон разрывных нарушений, строение чешуйчато-надвиговых структур, вулканогенных структурных комплексов, интрузивных массивов и пр. Важным результатом является удовлетворительное совпадение данных наблюдений в «ближней» зоне с сейсмическими построениями ГСЗ на геотраверсах.

В развитии физических основ сейсморазведки, связанном с изучением природы и структуры волнового поля, формируемого в кристаллической коре, фундаментальное значение представляют результаты сопоставления сейсмакустических наблюдений в Кольской СГ-3 с традиционными наблюдениями СДР. Волновые поля, наблюдаемые во внутренних точках среды и при наземных наблюдениях, оказались нетождественными друг другу по несоизмеримому уровню извлекаемой информации. Проведенное сопоставление волновых полей является иллюстрацией тому, насколько ограничена информация о строении коры при реализации применяемых традиционных моноволновых сейсмических технологий на геотраверсах ОГТ.

Аппроксимация земной коры гетерогенными сейсмическими системами – это путь к разрешению противоречий между методами в существующей многозначной интерпретации данных глубинных сейсмических построений, а также к обоснованию природы наблюдаемого волнового поля, формируемого на объектах коры различных иерархических уровней. Изучение земной коры с позиции сейсмической гетерогенности позволит повысить достоверность геологической интерпретации сейсмических построений, а также надежность сейсмических признаков, устанавливающих связь между внутрикоровыми структурами и верхними структурно-тектоническими комплексами. Исследуя сейсмическую гетерогенность земной коры в изображениях сложного поля рассеянных волн, мы получаем новую информацию о ее строении. При

этом следует отметить, что достоверность сейсмических построений, геологическая интерпретация данных находятся в прямой зависимости от надежности выделения и преобразования сложного поля рассеянных волн в глубинный разрез. В традиционном исполнении, как правило, при поточной обработке огромного массива данных, когда утрачивается контроль над качеством исходной информации, а обработка строится с позиции регулярных моделей, часто происходит разрушение и искажение результатов.

Приведенные в работе данные сейсмического моделирования гетерогенных систем, адекватных геосейсмическим моделям земной коры различных иерархических уровней, в сопоставлении с реальным сейсмическим материалом могут иметь значение как в дальнейшем развитии физических основ и технологии сейсморазведки кристаллической коры, так и при сопровождении обработки и геологической интерпретации данных сейсморазведки на опорных профилях. Представленные в монографии примеры изображения сейсмических образов самых различных структурных геологических образований (от крупных структурных элементов в земной коре до залежей) могут представлять интерес, как для сейсмиков-интерпретаторов, так и геологов, в качестве тестового материала при геологическом истолковании результатов сейсмических построений, при расшифровке сложных структурных образований.

. Работа построена на результатах обобщения многолетних теоретико-модельных и экспериментальных исследований, которые активно проводились учеными ВИРГа, были продолжены в ФГУНПП «Геологоразведка» и отражены в многочисленных публикациях. При составлении монографии использовались материалы, полученные на геотраверсах организациями ГПП «Спецгеофизика», ПГО «Севзапгеология», «Якутсгеология», «Уралгеология», ГП ЭГГИ, и др. Обработка основного объема материала, полученного на геотраверсах и изложенного в монографии, выполнена в ВИРГе.