

– перечисленные представления параметров верхней части разреза являются дополнительной информационной составляющей интерпретационных заключений и могут быть использованы, в зависимости от сложности участка мониторинга, как комплексно, так и в любой из модификаций. Выбор формируемых представлений и периодичность их оценивания определяются контрастностью негативных изменений структурно-физических параметров верхней части разреза.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания (рег. номер НИОКТР 1022040500578-0-1.5.6).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Актуализация потенциально опасных участков по нарушению сплошности водозащитной толщи и прорыву надсолевых вод в выработанное пространство рудников ПАО «Уралкалий»: отчет о НИР / ГИ УрО РАН. – Пермь, 2020. – 86 с.
2. Выявление потенциально проницаемых зон в надсолевой и внутрисолевой толщах Верхнекамского месторождения в пределах шахтного поля СКРУ-1: отчет о НИР / ГИ УрО РАН; рук. и отв. исполн. И.И. Чайковский. – Пермь, 2009. – 63 с. (Фонды НТБ ГИ УрО РАН. Инв. № 923.)
3. Нанишвили О.А. Учет влияния верхней части разреза при обработке данных сейсморазведки // Национальная Ассоциация Ученых. – 2017. – № 6 (33). – С. 21-25.
4. Санфиоров И.А., Бабкин А.И., Прийма Г.Ю., Фатькин К.Б. Классификация аномалий сейсмоакустических волновых полей при совместной интерпретации наземных и шахтных исследований // Инженерная геофизика – 2012: материалы 8-й науч.-практ. конф. и выставки. – Геленджик, 2012. – Текст электронный. – URL: <http://earthdoc.eage.org/detail.php?pubid=58091>.
5. Спасский Б.А. Учет верхней части разреза в сейсморазведке // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. – 2019. – Вып. 2 (39). – С. 201-206.

УДК 550.834

DOI:10.7242/echo.2024.2.8

ПОДБОР МОДЕЛИ СРЕДЫ ПРИ МАЛОГЛУБИНЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

С.О. Горкунов

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: На территории Верхнекамского месторождения калийных солей проведены исследования состояния водозащитной толщи (ВЗТ), путем сейсморазведочных исследований, цифровой обработки и интерпретации сейсморазведочных данных, для выявления зоны, отличающейся по упругим свойствам от вмещающего массива пород. Проведено моделирование исследуемого участка для получения синтетических сейсмограмм и последующих их обработки и интерпретации данных. Выполнен подбор модели среды, для уточнения количественных характеристик выявленной зоны.

Ключевые слова: моделирование, подбор модели среды, цифровая обработка, интерпретация.

Введение

Исследуемая территория приурочена к южной части ВКМКС. В тектоническом отношении по дорифейской поверхности фундамента относится к восточному окончанию Камской гомоклинали. По отложениям палеозоя к юго-западной части Соликамской впадины, а по отложениям верхнедевонско-турнейского комплекса – на Березниковском палеоплато Камско-Кинельской системы впадин. Одним из основных геофизических методов изучения калийной залежи в пределах Верхнекамского месторождения солей (ВКМКС) является малоглубинная сейсморазведка с применением отраженных

волн в рамках методики общей глубинной точки [1, 2]. Основными ее преимуществами являются: кратность наблюдений, возможность скоростного анализа, высокое отношение сигнал-помеха. Главной задачей малоглубинных сейсморазведочных исследований является выявление и картирование участков шахтного поля, отличающихся по упругим свойствам от вмещающегося массива пород, говорящие об особенностях геологического строения водозащитной толщи (ВЗТ), влияющей на её устойчивость.

Методы исследования

При проведении геофизических исследований выполнены ряд работ, а именно сбор и анализ геолого-геофизических и топографических данных, построение сейсмогеологических моделей, рекогносцировка. В след за исследованием данной территории проведены полевые сейсморазведочные исследования по методу общей глубинной точки (ОГТ), цифровая обработка и интерпретация результатов.

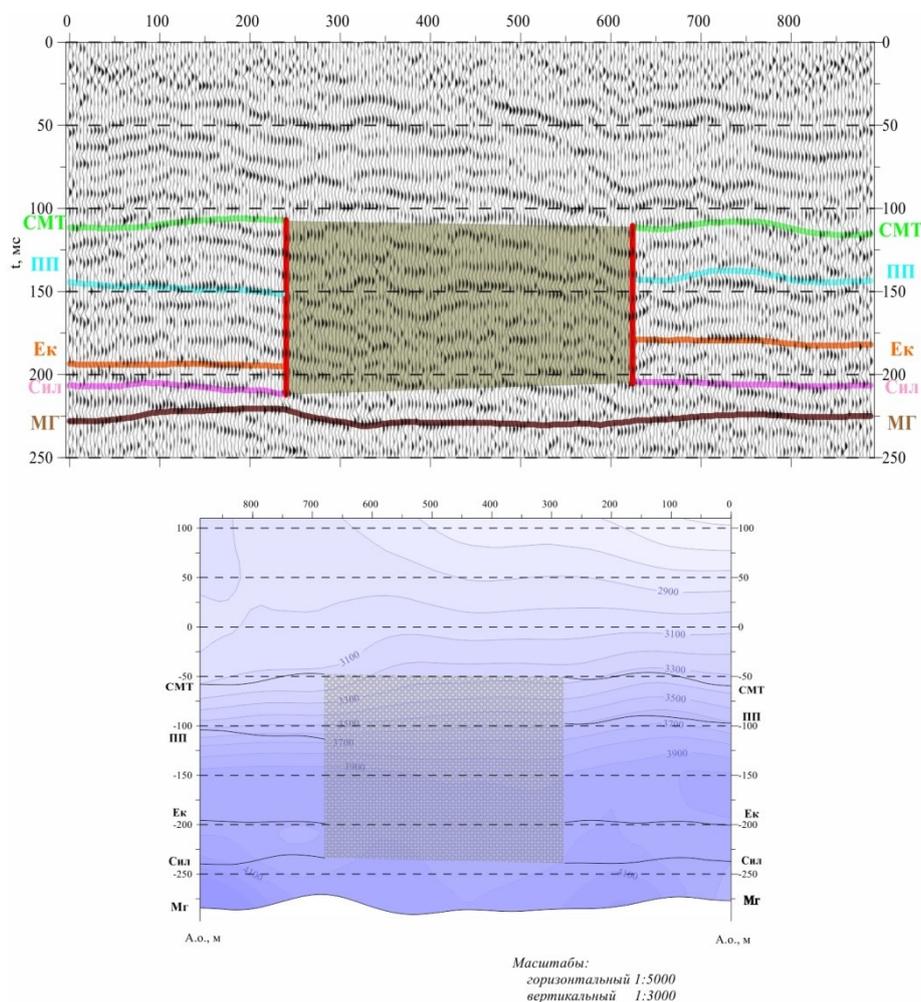


Рис. 1. Временной и сейсмогеологический разрезы, полученные при проведении малоглубинных сейсморазведочных исследованиях

В ходе цифровой обработки и интерпретации сейсмических данных построен сейсмогеологический разрез. На исследуемой территории принято решение, что уровень приведения равен 110 м. Выделены следующие сейсмические границы: зона СМТ (соляно-мергельная толща), ПП (переходная пачка), Ек (зона карналита), Сил (сильвинитовая зона), МГ (маркирующая глина). В интервале от -50, до -235 выделена область пониженных скоростей, простирающаяся от 280 м, до 680 м. Главным критерием клас-

сификации факторов, влияющих на формирование осложнений волнового поля, выступала структура волновой картины, её интенсивность и скорость распространения упругих волн. На изменчивость гипсометрии осей синфазности преобладающее влияние оказывает структурный фактор. На основании проведенных работ, получена зона, отличающаяся по упругим свойствам от вмещающего массива пород. Для уточнения ее количественных характеристик выполнена процедура подбора модели среды.

Описание подбора модели среды при сейсморазведочных исследованиях

Опираясь на обобщенные данные, полученные практическим путем, построена геолого-геофизическая модель. Расчёт синтетических сейсмограмм выполнен в полноволновом моделирующем пакете Tesserat Pro, с помощью которого возможно решение малоглубинных задач. Моделирование производилось с использованием 2D Elastic Anisotropic [3].

Для большей информативности об исследуемой территории, загружены данные геолого-разведочных скважин. Модель состоит из основных продуктивных пластов, которые изображены на рис. 2. Начальные значения упругих горных пород, на основании которых построена модель, получены из малоглубинных сейсморазведочных исследований.

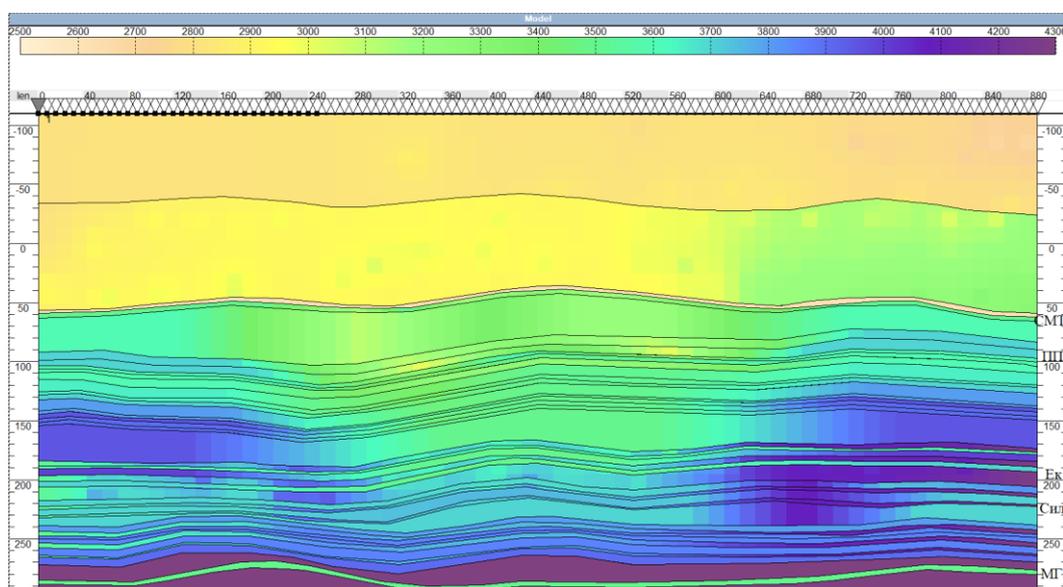


Рис. 2. Модель исследуемого участка, основанная на полученных сейсморазведочных данных

На модель нанесены «базовые точки», с помощью которых можно проинтерполировать скорость прохождения волн на всей интересующей глубине залегания, а также заданы плотностные свойства пород (рис. 2). Следующим шагом является расчет синтетических данных, с помощью функции 2D Elastic Anisotropic.

2D Elastic Anisotropic – для анизотропной в 2D упругой модели с учетом разницы в физических свойствах вдоль и поперек напластования, с тремя системами ориентированной в 2D трещиноватости. Позволяет оценивать эффекты искажения распределения сейсмической энергии в связи с анизотропией среды [5].

При подборе модели среды учитываются факторы, влияющие на информативность исследуемой территории. К ним относятся пористость, трещиноватость, водонасыщенность, глубина залегания, литология. Модель среды, полученная в ходе сейсморазведочных исследований, позволяет выделить основные сейсмические границы и является необходимым этапом для обобщения геолого-геофизического материала. Её можно охарактеризовать, как тонкослоистую неоднородную среду, с переменными скоростями и положительно увеличивающимся градиентом скорости.

Параметры системы наблюдения 2D моделирования соответствуют сейсморазведочным работам, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Параметры системы наблюдения

Тип системы наблюдения	симметричная
Шаг пунктов приёма	8 м
Шаг пунктов возбуждения	8 м
Максимальное удаление источник-приёмник	504 м
Шаг дискретизации	0.5 мс
Длина записи	250 мс
Тип источника	точечный
Тип сигнала	одиночный
Максимальная частота сигнала	90 Гц

Для данной модели, получены теоретические сейсмограммы, требующие цифровой обработки и интерпретации.

Обработка и интерпретация синтетических данных

Суммарный временной разрез, полученный из синтетических сейсмограмм, требует дальнейшей обработки данных, для устранения эффекта сейсмического сноса криволинейных сейсмических границ (рис. 3).

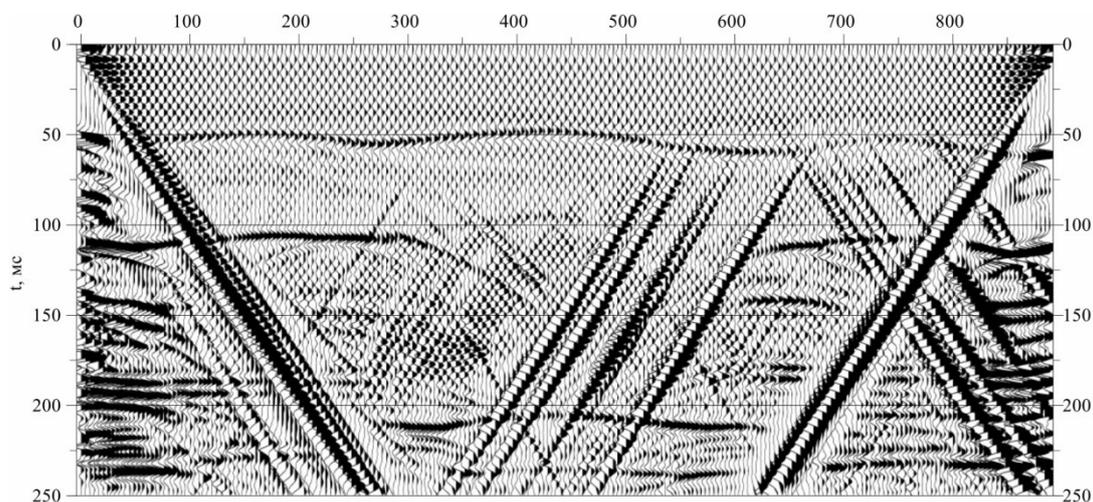


Рис. 3. Результат расчета моделирования методом 2D Elastic Anisotropic

При обработке сейсморазведочных данных используется специфический по содержанию пакет программ, который прошел всестороннюю оптимизацию на широком спектре сейсмических материалов, получаемых в пределах ВКМКС [4]. Выполнена цифровая обработка синтетических сейсмограмм, применены следующие процедуры: автоматическая регулировка амплитуд (АРУ), полосовая фильтрация и миграция. Использование АРУ поспособствовало улучшению качества выделенных границ, полосовая фильтрация в диапазоне 30-90 Гц заглушила нежелательный сигнал. Миграционные преобразования позволили выровнять оси синфазности. Данные результаты представлены на рис. 4.

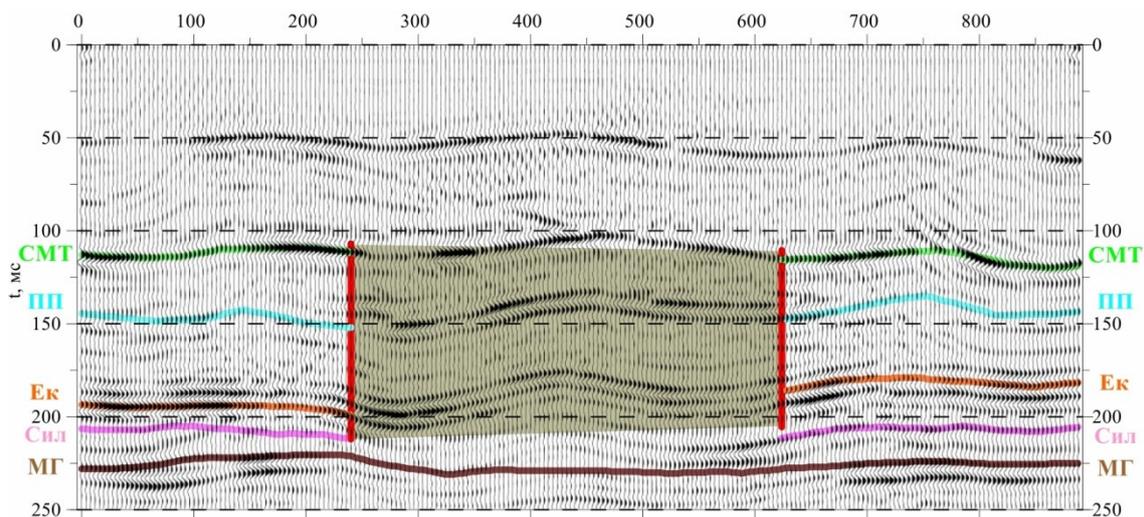


Рис. 4. Временной разрез, полученный при расчете синтетических сейсмограмм после цифровой обработки

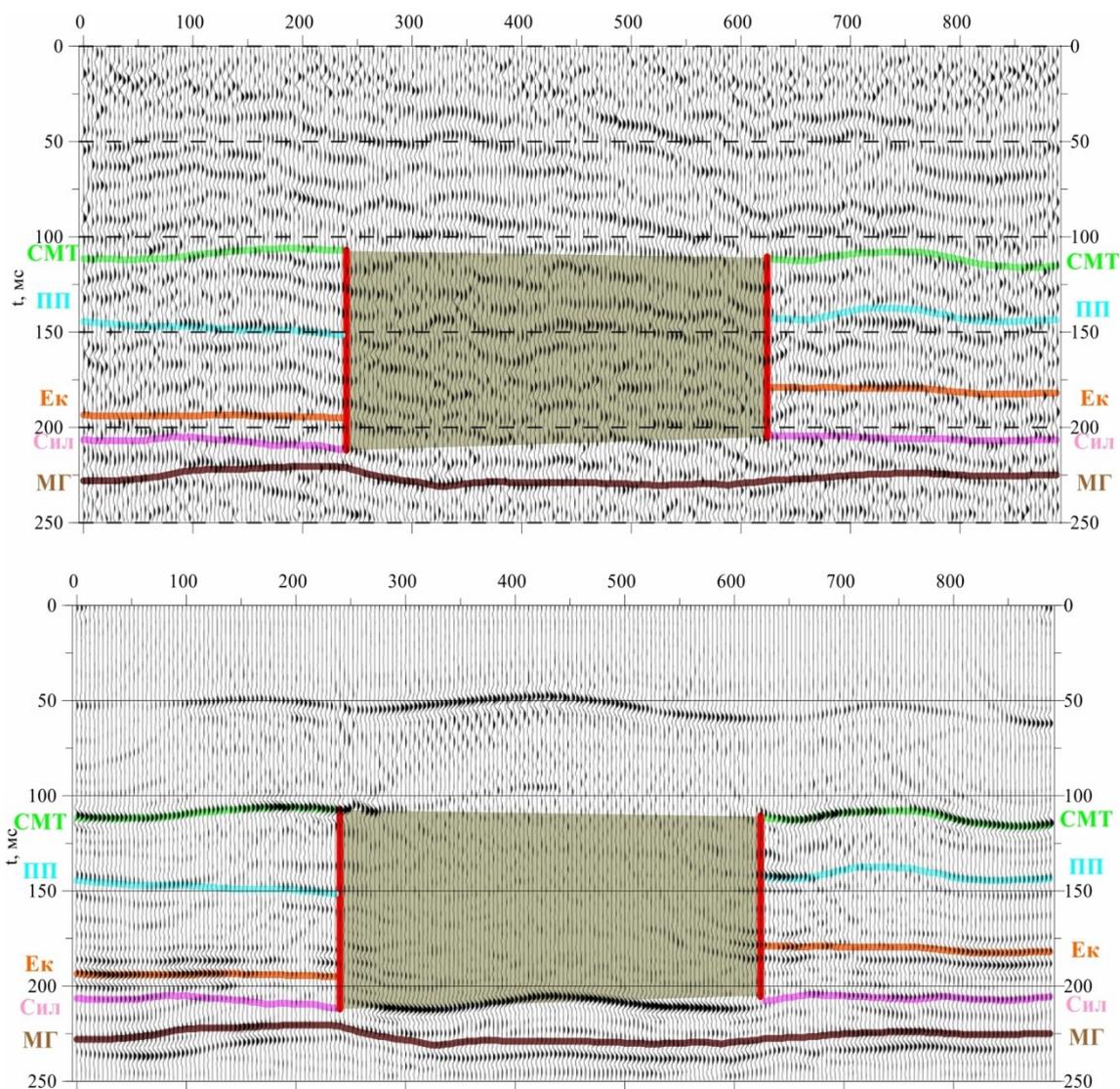
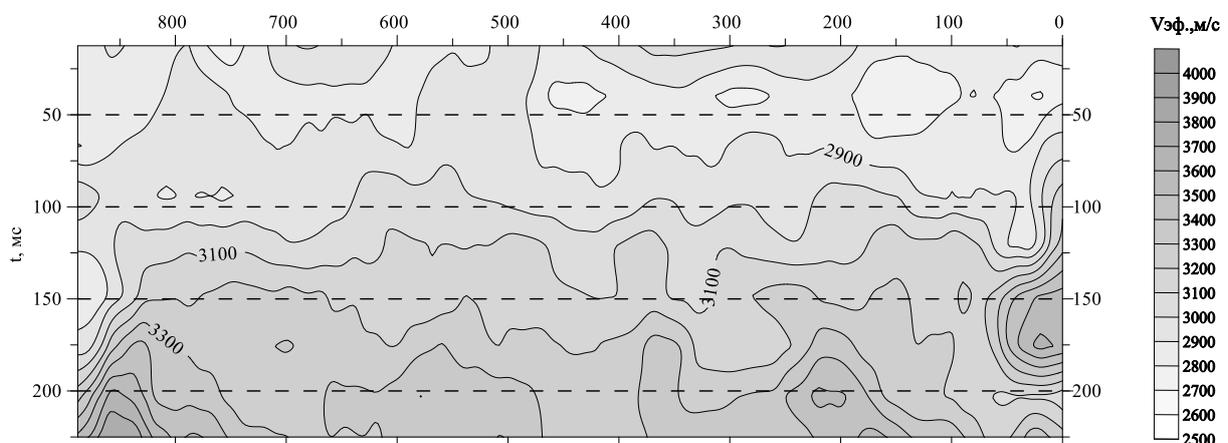


Рис. 5. Временные разрезы ОГТ, сделанные в результате проведения малоглубинных сейсморазведочных работ и моделирования

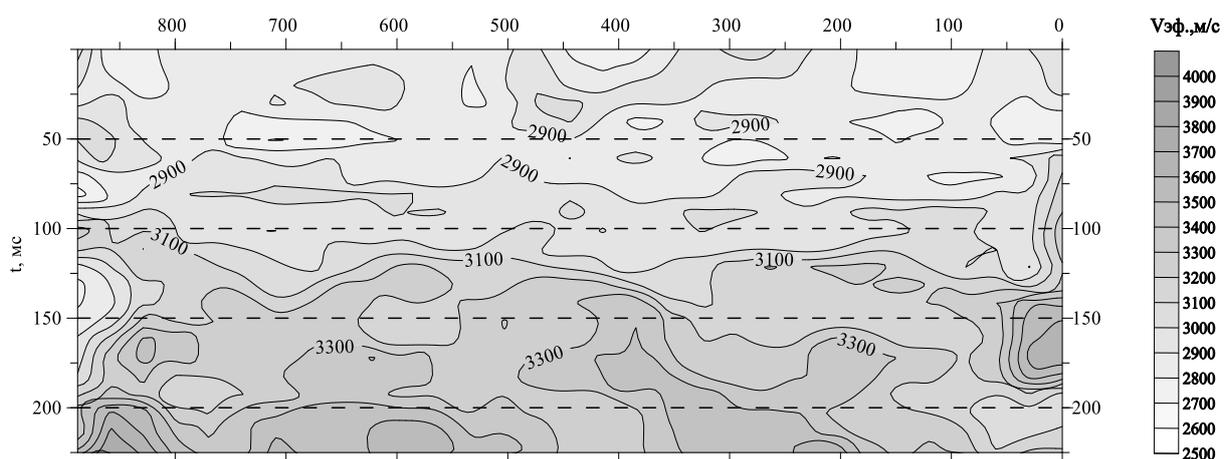
Временной разрез, созданный из синтетических сейсмограмм, имеет схожие черты с временным разрезом, полученным при малоуглубинных сейморазведочных исследованиях (рис. 5), но отражающие границы характеризуются большей интенсивностью, по сравнению с исходным временным разрезом. Отсюда, в зоне аномалии произведено понижение скоростей, для подавления отражений, с помощью функции «closed loop».

При использовании «closed loop», отражения сейсмических волн в зоне аномалии отсутствуют, сейсмические границы не выражены. В результате, в пределах аномалии снижение скорости упругих волн, рассчитанных при проведении малоуглубинных сейморазведочных исследований и дальнейшей ее цифровой обработки, составила порядка 2-3%, а в модели, рассчитанной в программном пакете Tesseral Pro, снижение скорости упругих волн составило 8-9%.

В качестве более наглядной картины, для каждого из временных разрезов рассчитаны скоростные характеристики для сравнения полученной информации, с синтетической моделью. Данные скоростные характеристики представлены на рис. 6.



а – Реальная скоростная характеристика



б – Теоретическая скоростная характеристика

Рис. 6. Скоростные характеристики временных разрезов: а) – реальная, б) – теоретическая

Полученные характеристики обладают достаточным подобием.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания (рег. номер НИОКТР 124020500029-1)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Санфиоров И.А., Бабкин А.И., Ярославцев А.Г., Прийма Г.Ю., Фаткин К.Б. Сейсморазведочные исследования условий разработки калийной залежи // Геофизика. – 2011. – № 5. – С. 53-58.
2. Санфиоров И.А., Бабкин А.И., Прийма Г.Ю., Ярославцев А.Г., Пригара А.М., Фаткин К.Б., Сейсморазведочные исследования водозащитной толщи на Верхнекамском месторождении калийных солей // Горн. журн. – 2008. – № 10. – С. 45-48.
3. Жикин А.А., Санфиоров И.А., Трапезникова А.Б. Полноволновое сейсмическое моделирование зоны гипергенных изменений продуктивных отложений соляной толщи // Инженерная и рудная геофизика – 2022: сб. материалов 18-ой науч.-практ. конф. и выставки, 5-8 сент. 2022 г. – М., 2022. – С. 440-446.
4. Санфиоров И.А., Бабкин А.И., Ярославцев А.Г., Никифорова А.И. Сейсморазведочный комплекс информативного сопровождения горных работ в пределах Верхнекамского месторождения калийных солей // Горн. журн. – 2018. – № 6. – С. 8-12.
5. Tesseral Pro: User's Manual 2019-2021. [Электронный ресурс]. – Текст электронный. – URL: <https://geodevice.co/upload/iblock/657/Tesseral-Pro-User-Manual.pdf>. (дата обращения: 12.04.2024).

УДК 550.834

DOI:10.7242/echo.2024.2.9

**СТРУКТУРНО-ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
СТРОЕНИЯ КИМБЕРЛИТОВОЙ ТРУБКИ
ПО ДАННЫМ ШАХТНЫХ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

А.И. Никифорова

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: Представлены результаты опытно-методических работ высокоразрешающей сейсморазведки в подземном руднике. Межскважинная корреляция каротажных диаграмм позволила установить горизонтальную изменчивость физических характеристик в теле кимберлитовой брекчии. На основе анализа динамических и кинематических характеристик в пределах наиболее акустически контрастных границ волнового поля показана возможность изучения внутренней структуры породного массива с прослеживанием межформационных зон.

Ключевые слова: кимберлитовая трубка, шахтная сейсморазведка, ГИС, межскважинная корреляция

Одной из основных задач, решаемой при изучении массивов интрузивных горных пород является получение представления об их внутренней структуре. Возможности наземных модификаций сейсмических исследований ограничиваются не только разрешающей способностью метода, степенью экранированности искомых кимберлитовых трубок породами различного состава, но и высокой внутренней неоднородностью объекта изучения. Кимберлитовым трубкам могут соответствовать субвертикальные диффузные гетерогенные модели, композиционно составленные из разномасштабных неоднородностей. Локальные изменения скорости в трубке не коррелируются между собой даже на малых расстояниях [2].

В зависимости от целей и необходимой степени детальности выполняемых исследований более оптимальный результат может быть получен при проведении исследований во внутренних точках среды.

Рудное тело, в пределах которого расположен участок опытно-методических работ, характеризуется несколько вытянутой в северо-западном направлении эллипсоидной формой. С глубиной форма тела меняется, приобретая изометричные формы. Контакты с вмещающими породами в основном резкие, четкие и лишь в редких случаях отмечаются «плавающие», коррелирующие с зонами брекчирования вмещающих пород. Строение рудного тела достаточно неоднородное. В основном, оно сложено автолитом-