

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра геофизики

**«Атрибутивный анализ сейсмических волновых полей с задачей  
повышения эффективности метода общей глубинной точки»**

**АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ**

Студента 2 курса 261 группы  
направление 05.04.01 геология  
профиль «Геофизика при поисках  
нефтегазовых месторождений»  
геологического ф-та  
Стасова Артема Витальевича

**Научный руководитель**

К.г.-м.н., профессор

\_\_\_\_\_

подпись, дата

С.И. Михеев

**Зав. кафедрой**

К.г.-м.н., доцент

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2023

**Введение.** В основу настоящей выпускной квалификационной работы были положены геолого- геофизические материалы по объекту «Проведение полевых сейсморазведочных исследований МОГТ 2Д в Бузулукской впадине и экспресс обработка полученных материалов». Работы осуществлялись в рамках выполнения Договора субподряда, заключенного между Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт» (Заказчик) и АО «Нижне-Волжский научно-исследовательский институт геологии и геофизики» (Подрядчик). Архивные материалы по данному объекту были собраны на кафедре геофизики Саратовского государственного университета и в фондах института.

Целью работ было уточнение геологического строения Бузулукской впадины с задачами уточнения перспектив нефтегазоносности и ресурсного потенциала отложений осадочного чехла, определения первоочередных направлений дальнейших поисковых работ на данной территории. В административном плане эта территория расположена в пределах Оренбургской области.

Достижение намеченной цели базировалось, на проведении значительного (1600 пог. км.) объема полевых работ методом ОГТ 2Д. Указанные работы выполнялись филиалом Саратовская геофизическая экспедиция АО НВНИИГГ.

Цель исследований выполненных при подготовке выпускной работы заключалась в дополнительном анализе архивных материалов, полученных в ходе сейсморазведочных работ в рамках вышеуказанного объекта. Для достижения указанной цели планировалось решить следующие задачи:

- собрать и изучить опубликованные данные о применении атрибутов сейсмической записи для решения нефтегазопоисковых задач. Сформировать обзор опубликованных данных по вопросам атрибутивного анализа сейсмических данных в современной практике геологоразведочных работ;

-собрать, систематизировать и проанализировать имеющиеся геолого-геофизические данные о геологическом строении и сейсмогеологических условиях территории исследований. На этой основе дать ей краткую геолого-геофизическую характеристику;

- собрать, систематизировать и подготовить к дополнительному анализу атрибуты отраженных волн для профилей МОГТ 2D, отработанных в пределах Бузулукской впадины и записи акустического каротажа по нескольким скважинам, расположенным в пределах территории исследований.

Актуальность такого анализа определяется тем, что с его помощью можно повысить надежность выделения нефтегазоперспективных объектов и, тем самым, с большей надежностью готовить к глубокому бурению нефтегазоперспективные структуры;

-выполнить комплексный анализ экспериментальных атрибутов сейсмических записей для нескольких профилей МОГТ 2D расположенных в пределах Бузулукской впадины, описать результаты выполненного анализа;

- освоить программу полноволнового сейсмогеологического моделирования TESSERAL в части задания толстослоистых и тонкослоистых моделей сред, а также расчета теоретических волновых полей;

- сформировать, описать и подготовить к расчётам в программе TESSERAL две тонкослоистые (по данным скв. Алдаркинская 36) и одну толстослоистую (по данным скв Журавлевская 104 ) модели;

-вычислить для построенных моделей теоретические волновые поля и сделать их предварительный анализ на предмет установления особенностей отображения в полях сейсмических атрибутов коллекторов в среднефранско-турнейском интервале разреза.

При подготовке исходных данных к математическому моделированию волновых полей возникла необходимость переформатирования материалов акустического каротажа записанного в формате .NHV в формат .LAS, это

делалось с помощью специальной программы, написанной АА. Макаркиным которому автор выпускной работы выражает глубокую благодарность.

### **Основное содержание работы. Первый раздел «Сейсмические атрибуты, возможности и ограничения их геологической интерпретации»**

Анализ атрибутов сейсмозаписей относится к нестандартным графам цифровой обработки. Однако за последние десятилетия вследствие технического прогресса в области средств регистрации сейсмической записи он стал неотъемлемой и завершающей стадией обработки. Различают кинематические и динамические атрибуты. Для вычисления первых используют только времена прихода волн в различные точки. Динамические атрибуты рассчитываются преимущественно по амплитудам и частотным спектрам сейсмических колебаний. Они характеризуют форму волны, а именно: амплитуду отраженного сигнала, его преобладающий период, скорость его затухания во времени. В зависимости от поставленных задач и качества сейсмических данных процесс интерпретации на современном программном обеспечении может содержать несколько стадий:

- 1 Структурная интерпретация.
- 2 Интерпретация на качественном уровне.
- 3 Атрибутный анализ.
- 4 Фациально-стратиграфическая интерпретация.
- 5 AVO/AVA анализ.
- 6 Сейсмическая инверсия.
- 7 Сейсмогеологическое моделирование.

### **Второй раздел. «Геолого – геофизическая характеристика территории работ»**

В границах Бузулукской впадины (юго-восточный склон Волго-Уральской антеклизы), расположены Искровский и Журавлевский участки, где осуществлялись сейсмические работы в период прохождения практики. Непростую отрицательную структуру округлой формы, представляет собой Бузулукская впадина, внедрившуюся в юго-восточный склон Волго-

Уральской антеклизы со стороны глубокопогруженной Прикаспийской синеклизы.

Территория исследований (Искровский и Журавлевский участки), расположена в пределах шести тектонических элементов 2-го порядка, в соответствии схемы тектонического районирования Волго-Урала: Кулешовско-Бобровско-Покровской зоны поднятий, Борской депрессии, Жигулевско-Самаркинской системы.

надежности и точности геологических результатов исследований.

### **Третий раздел «методика и предварительные результаты геосейсмического моделирования»**

Программное обеспечение **Tesseral Pro** предназначено для 2D, 2.5D и 3D полноволнового моделирования сейсмических данных конечно-разностными методами, планирования наблюдений и обработки полученных материалов. Программа позволяет задавать любые системы наблюдений, выполнять построение сложных глубинных моделей геологической среды по данным ГИС, картам геологических поверхностей или 2D и 3D сейсмическим скоростным моделям. **Tesseral Pro** предлагает оригинальный подход к разработке тонкослоистых моделей, обеспечивающий высокую точность и обоснованность модели, с одновременно простым и быстрым ее построением. Для этого используются каротажные данные, пространственное положение и наклон скважин, стратиграфические колонки, карты горизонтов и др.

#### **Возможности Tesseral Pro:**

- Проектирование 2D или 3D съемки с вычислением карт кратности и освещенности разреза
- Оценка разрешающей способности сейсморазведки для сложной геологии и геометрии наблюдений
- Идентификация артефактов, связанных с обработкой и приводящих к ошибкам интерпретации
- Проверка устойчивости любой сейсмической интерпретации

- Синтезирование сейсмических данных для разработки и тестирования программного обеспечения
- Обеспечение ясного понимания элементов сейсмического разреза связанных с образованием обменных волн
- Моделирование AVO-зависимости для анизотропных, пористых, флюидонасыщенных, упругих и тонкослоистых сред, а также для криволинейных границ, осложненных изменением физических свойств
- Моделирование сейсмических записей для поверхностных наблюдений, микросейсмических исследований, ВСП и высокочастотных наблюдений в скважинах
- Построение геолого-геофизической модели путем произвольной их рисовки или из отсканированного изображения, а также получение сложных многопараметрических моделей по имеющимся геофизическим и геологическим данным, таких как скоростные кубы, карты горизонтов, разломы, траектории скважин и отбивки, каротажные диаграммы
- Расчёт сейсмограмм и обработка данных для различных видов активных и пассивных источников с использованием широкого набора методов приближения волнового уравнения
- Визуализация и исследование распространения волн и траекторий лучей.

### **Результаты работ.**

В процессе исследований было построено и проанализировано 3 сейсмогеологические модели;

1. СГМ1- толстослоистая модель;
2. СГМ2- тонкослоистая модель среднефранско-турнейского интервала разреза не содержащая коллекторов;
3. СГМ3- тонкослоистая модель среднефранско-турнейского интервала разреза содержащая коллектора.

Толстослоистая модель СГМ1 сформирована по данным скоростного каротажа для скважины Журавлевская 104, пробуренной в погруженной части Мухано-Ероховского прогиба (МЕП). На рисунке 6, приведена глубинно-скоростная модель для этой скважины, заимствованная из отчета Московского филиала ФГБУ «Росгеолфонд» «ВНИИгеосистем» (до 2016 г. – ФГУП ГНЦ РФ «ВНИИгеосистем» [НАВРОЦКИЙ А.О., АККУРАТОВ О.С. и др. Геологический отчет о результатах работ, выполненных по объекту «Сейсморазведочные работы на доманикоидные отложения Бузулукской впадины». Отчет по Государственному контракту с Департаментом по недропользованию по Приволжскому федеральному округу от 01.09.2014 г. № 176, 298 л. текста, 173 рис., 10 табл. 66 граф. прил., 32 библ. Московский филиал ФГБУ «Росгеолфонд» «ВНИИгеосистем»].

Модели СГМ2-СГМ3 относятся к тонкослоистым. Вначале отметим, что тонкослоистые сейсмические модели (ТСМ) целевых нефтегазоперспективных объектов служат для определения критериев их локализации в пространстве, возможной оценки их коллекторских свойств а также состава насыщающих коллектор флюида.

Отраженные от тонких слоев волны представляют собой наложение однократных отраженных волн от верхней и нижней границ и многократных волн в слое. Таким образом, волны, отраженные от тонкого слоя, относятся к волнам интерференционного типа. Амплитуда и фаза таких волн существенно зависят от угла падения волны на границу и частоты сейсмического импульса.

Данные о скоростной характеристике разреза с тонкими слоями были также заимствованы из отчета Московского филиала ФГБУ «Росгеолфонд» «ВНИИгеосистем» (до 2016 г. – ФГУП ГНЦ РФ «ВНИИгеосистем» [НАВРОЦКИЙ А.О., АККУРАТОВ О.С. и др. Геологический отчет о результатах работ, выполненных по объекту «Сейсморазведочные работы на доманикоидные отложения Бузулукской впадины». Отчет по Государственному контракту с Департаментом по недропользованию по Приволжскому федеральному округу от 01.09.2014 г. № 176, 298 л. текста,

Московский филиал ФГБУ «Росгеолфонд» «ВНИИгеосистем». Специалисты данной организации при построении моделей использовали данные акустического каротажа для скважины Алдаркинская 36. В одной из построенных моделей (СГМ2) моделируемый интервал разреза не содержал коллектора, рисунок 2, в другой СГМ3 коллектора были заданы, рисунок 3. Пласты-коллекторы синтезированы по результатам обобщения данных ГИС других скважин, и помещены «внутри» интервала толстослоистой модели СГМ1. В качестве модели коллектора принята пачка слоев (общей толщиной 74 м), в которой коллекторы, отличающиеся пониженными скоростями распространения волн, составляют около 50 % суммарной толщины изучаемого интервала разреза.

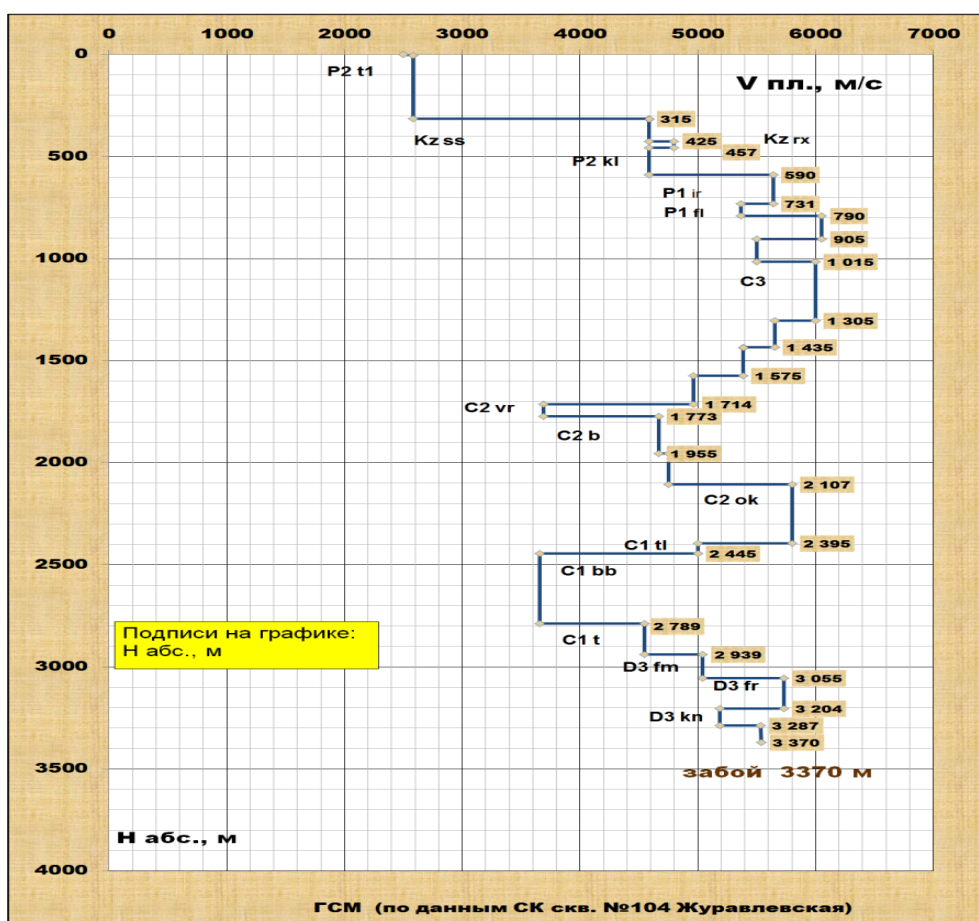


Рисунок 1 - Глубинно-скоростная модель (СГМ1) для скважины Журавлевская 104





Рисунок 2 - СГМ2- тонкослоистая скоростная модель  $V_p$  составленная по данным ГИС скважины 36 – Алдаркинская. Не содержит коллекторов

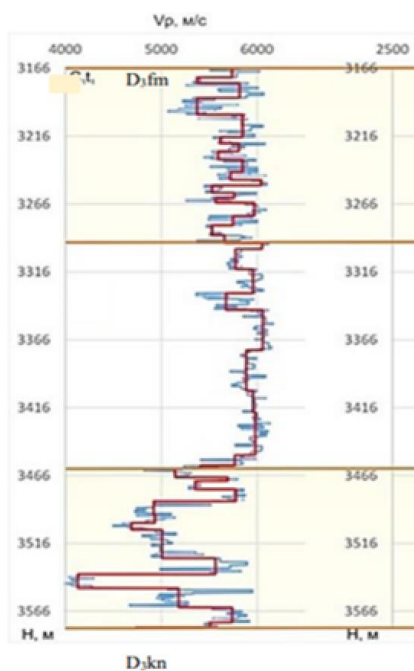


Рисунок 3 - СГМ3 - тонкослоистая скоростная модель  $V_p$  составленная по данным ГИС скважины 36 – Алдаркинская с привлечением данных по другим скважинам. Содержит коллектора.

### **Предварительный анализ результатов геосейсмического моделирования**

При расчете теоретических волновых полей для СГМ1 была задана система наблюдений, соответствующая системе, использованной при обработке производственных профилей. Расчет выполнен для центральной системы наблюдений с расстояниями между пунктами взрыва 50, а между пунктами приема – 25 метров. Максимальное удаление взрывприбор - 6150 м. Моделировался импульсный источник колебаний с частотой - 20 Гц, расположенный на линии наблюдения. Длительность записи 4 секунды при шаге дискретизации по времени – 2 мс. Общий объем моделирования составил 269 сейсмограмм (каждая 491 канал).

Пример сейсмограммы (при расчетах задавался импульс Риккера с частотой 40 Гц) для сейсмогеологической модели СГМ2 в которой коллектор не предусматривался приведен на для СГМ3 где коллектор содержался аналогичный пример приведен на рисунке 11. На рисунке 5 отмечены положения опорных отражающих горизонтов Т, Д, то есть кровля и подошва целевого интервала разреза, а область коллектора на рисунке 5 выделена красным прямоугольником.



Рисунок 5 - Синтетическая сейсмограмма ОПВ для СГМ3 (Z-компонента полного волнового поля)

На всех приведенных теоретических сейсмограммах видны многочисленные отраженные (оси синфазности гиперболические пологие), преломленные (оси синфазности прямолинейные) и дифрагированные (оси синфазности гиперболические с крутыми глами наклона) волны. Тонкая слоистость целевого интервала разреза (верхнетурнейско-визейский) отвечает одноименному нефтегазоносному комплексу) между отражающих горизонтов Т и D не видна. Ниже этого интервала при задании в модели коллектора волновая картина становится несколько сложнее за счет повышения амплитудной выраженности непротяженных квазигоризонтальных осей синфазности и усложнением формы границы D. В целом волновые картины для случаев, когда в модели задаются коллектора или таковые отсутствуют очень похожи и на практике, учитывая наличие многочисленных помех, опознать их не удастся. Было сделано предположение, что наличие или отсутствие коллекторов более контрастно проявится в атрибутах сейсмических записей. Для проверки данного предположения данные визуального анализа теоретических волновых полей для построенных моделей были дополнены результатами изучения атрибутов сейсмических записей.

#### **Четвёртый раздел «Методика и результаты атрибутивного анализа экспериментальных данных сейсморазведки»**

В нашем случае вычислялись и изучались следующие атрибуты сейсмической записи:

- 1 Сейсмические атрибуты, вычисленные на основе применения преобразования Гильберта;
- 2 Дифференциальные атрибуты наблюдаемых волновых полей;
- 3 Дисперсия (характеризует разброс от среднего значения) амплитуд;
- 4 Анализ затухания упругих волн и акустического импеданса;
- 5 Амплитуды нелинейных волн-гармоник, имеющих частотный состав кратный частотном составу использованного при отработке в поле источника (например, источник излучал сигнал с частотой 10Гц тогда зарегистрированный сигнал с частотой 20 Гц является первой гармоникой, а с

частотой 5Гц – первой субгармоникой).

**Заключение.** В соответствии с целью и задачами выпускной квалификационной работы автором выполнены следующие исследования:

- изучены опубликованные данные о применении атрибутов сейсмической записи для решения нефтегазопроисловых задач. Сформирован обзор опубликованных данных по вопросам атрибутивного анализа сейсмических данных в современной практике геологоразведочных работ;

- систематизированы и проанализированы имеющиеся геолого-геофизические данные о геологическом строении и сейсмогеологических условиях территории исследований. На этой основе ей дана геолого-геофизическая характеристика;

- собраны, систематизированы и подготовлены к дополнительному анализу атрибуты отраженных волн для профилей МОГТ 2D, отработанных в пределах Бузулукской впадины и записи акустического каротажа по нескольким скважинам, расположенным в пределах территории исследований

- выполнен комплексный анализ экспериментальных атрибутов сейсмических записей для нескольких профилей МОГТ 2D расположенных в пределах Бузулукской впадины, описаны результаты выполненного анализа;

- освоена программа полноволнового сейсмогеологического моделирования TESSERAL в части задания толстослоистых и тонкослоистых моделей сред, а также расчета теоретических волновых полей;

- сформированы, описаны и подготовлены к расчётам в программе TESSERAL две тонкослоистые (по данным скв. Алдаркинская 36) и одна толстослоистая (по данным скв Журавлевская 104 ) модели;

- для построенных моделей вычислены теоретические волновые поля и сделан их предварительный анализ на предмет установления особенностей отображения в полях сейсмических атрибутов коллекторов в среднефранско-турнейском интервале разреза.