

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра геофизики

**«Обработка материалов сейсморазведки МОГТ-3D полученных в  
пределах юго-восточного склона Жигулевского свода»**

Автореферат бакалаврской работы

Студента 4 курса 403 группы  
направление 05.03.01 геология  
геологического ф-та  
Першина Григория Владимировича

**Научный руководитель**

К. г.-м.н., доцент

\_\_\_\_\_

подпись, дата

А.Е. Артемьев

**Зав. кафедрой**

К. г.- м.н., доцент

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2018

**Введение.** Сейсмическая разведка методом ОГТ является ведущим методом поиска и разведки месторождений нефти и газа. Лидирующее положение метода в разведочной геофизике обусловлено его большой глубиной при высокой детальности исследований.

В 2016 году ОАО «Волгограднефтегеофизика» производило полевые сейсморазведочные работы МОГТ-3D в северной части Саратовской области, в объёме 56 кв. км.

Геологическим основанием для проведения работ послужила высокая перспективность территории, наличие многочисленных месторождений УВ, а также получение непосредственно в его пределах промышленных притоков УВ из бобриковских отложений в скважине 1 Яванская.

Целевым назначением, задачами и ожидаемыми результатами работ в границах квадрата 3D, являлись:

- уточнение структурных планов по горизонтам девона и карбона, детализация ранее выявленных объектов, оценка достоверности их выделения, определение направлений дальнейших поисково-разведочных работ;

- детализация объекта, выдача по нему рекомендаций на бурение разведочных и эксплуатационных скважин.

Целью данной бакалаврской работы является освоение обработки материалов сейсморазведки методом ОГТ-3D.

Для решения вышестоящей цели необходимо решить следующие задачи:

1. Ознакомиться с геологическим строением изучаемой территории;
2. Изучить теоретические основы процессов обработки;
3. Ознакомиться с комплексом программ обработки;
4. Принять участие в обработке МОГТ-3D.

Сбор материалов для написания работы и ознакомление с основами обработки проходило в центре по обработке и интерпретации геофизической информации ОАО «Саратовнефтегеофизика».

**Основное содержание работы.** В первом разделе проводится описание тектонического строения, литолого-стратиграфии и нефтегазоносности территории. Площадь работ расположена в северной части участка, в административном отношении относится к Ивантеевскому району Саратовской области, на севере граничит с Самарской областью.

В орографическом отношении рассматриваемая территория является частью степной сыртовой равнины с полого-холмистым увалистым рельефом. Непосредственно в пределах площади работ колебание абсолютных отметок рельефа составляет от + 103,6 м до + 161,4 м на фоне общего погружения рельефа в юго-западном направлении.

В пределах участка и на прилегающих к нему территориях с 1940 по 1970 гг. проведен комплекс региональных и детальных поисковых работ, давших общее представление о геологическом строении территории. К проведенным исследованиям относятся: структурно-геологическая съемка, грави- и электроразведка, аэромагнитная съемка, структурное бурение, сейсморазведочные работы КМПВ и МОВ.

В геологическом строении рассматриваемой территории принимают участие отложения кристаллического фундамента (архей - нижний протерозой) и палеозойско-кайнозойского осадочного чехла, разделённые крупным угловым и стратиграфическим несогласием.

Кристаллический фундамент представлен гранито-гнейсами, роговообманково - кварц - полевошпатово - слюдяными крупнокристаллической, гранобластовой и порфиroidной структуры, массивной, либо полосчатой (гнейсовидной) текстуры. Эрозионно-тектоническая поверхность фундамента расчленённая, осложнённая останцами, трансгрессивно перекрываемыми на рассматриваемой территории ардатовскими, муллинскими и тимано-пашийскими отложениями среднего и верхнего девона. Более древние отложения осадочного чехла (нижний и частично средний девон), а также отложения промежуточного рифейского комплекса на площади работ отсутствуют (не отлагались).

Осадочный чехол представлен отложениями девонской, каменноугольной, пермской, неогеновой и четвертичной систем. Во вскрытых скважинами разрезах отсутствуют отложения триасовой, юрской, меловой и палеогеновой систем. В осадочном чехле установлен ряд поверхностей несогласия – преддевонская, предтима́нская, предфа́менская, предбобриковская, предверейская, предьюрская и преднеогеновая, образовавшиеся в результате перерывов в осадконакоплении и последующей эрозии. В соответствии с общепринятой схемой нефтегеологического районирования территория участка относится к Средне-Волжской нефтегазоносной области Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. В пределах участка выявлены положительные признаки нефтегазоносности в верхнем девоне, нижнем и среднем карбоне на Чернавской, Южно-Чернавской и Восточной площадях. Непосредственно в пределах площади работ, в результате поисково-оценочного бурения, на Яванской площади получены промышленные притоки нефти из отложений бобриковского горизонта.

Во втором разделе будут основные сведения по методике исследований МОГТ-3D; будет производиться обзор опытных работ. Перед началом производственных работ были выполнены опытные исследования с целью выбора условий возбуждения упругих колебаний, обеспечивающих получение разрешенных, динамически выраженных отражений в целевом интервале разреза. В партии была организована система полевой обработки, обеспечивающая анализ данных стандартного тестирования сейсморазведочной аппаратуры, возможность проведения динамического анализа полевых сейсмограмм, а также оперативную обработку данных сейсморазведки МОГТ-3D с получением экспресс-разрезов (куба данных) по каждому отработанному блоку. Сущность МОГТ составляет идея многократного прослеживания одних и тех же отраженных волн при различном взаимном положении источников и приемников упругих колебаний.

В сейсмопартии была организована система постоянного контроля за перемещением спецтехники, участвующей в организации работ.

В результате анализа материалов опытных работ за оптимальные параметры были

выбраны следующие:

Тип свип-сигнала – ЛЧМ,

Частотный диапазон – 7-100 Гц,

Длина свип-сигнала – 12 с,

Количество вибраторов в группе – 2 на базе 12 метров,

Количество накоплений – 4.

Третий раздел будет включать в себя полное описание объемов обработки и характеристика первичных материалов стандартной обработки материалов сейсморазведки МОГТ-3D, учет влияния ВЧР, обработку полевого материала и обработку суммарного куба. Согласно условиям геолого-технического задания объемы обработки составили 56 км<sup>2</sup>.

Оценка качества полевых материалов выполнялась на ВЦ путем просмотра всего набора полевых сейсмограмм на экране компьютера непосредственно после ввода в систему обработки и операции занесения в заголовки данных геометрии полевых наблюдений.

В процессе приемки и оценки качества первичных материалов были отмечены следующие дефекты некоторых физических наблюдений:

- шумы, связанные с микросейсмическими колебаниями;
- техногенные помехи различного рода (наземное технологическое оборудование, транспортные средства, ЛЭП);
- случайные амплитудные аномалии на отдельных каналах.

Большая часть этих помех, подлежала устранению на этапе стандартной обработки и не рассматривалась как фактор снижения качества полевых работ.

Среди видимых на сейсмограммах помех, связанных с геологической средой следует выделить поверхностные волны и среднескоростные волны с

линейными годографами.

Поверхностные волны с доминирующими частотами 10-16 Гц и кажущимися скоростями ( $V^*$ ) 300-800 м/с локализируются на ближних каналах в зоне «конуса» звуковой волны, наибольшую интенсивностью они имеют в его верхней части на временах до 1500 мс.

Среднескоростные помехи с  $V^*$  около 1600-3500 м/с наблюдаются преимущественно на средних и дальних каналах (на удалениях 700 м и более) на временах от 400-600 мс до конца записи, максимум амплитудного спектра находится в районе 12-15 Гц.

Обработка полевых сейсмических материалов выполнялась с использованием комплекса программ “Geocluster” (версия 5000) (программный продукт фирмы CGG (Франция)).

Программный комплекс “GeoCluster” является современной системой обработки, включающей широкий набор пакетных программных модулей для стандартной обработки данных сейморазведки 2D и 3D, в которых используются как широко известные, так и новейшие алгоритмы, разработанные фирмой-производителем. Наряду с этим, в состав комплекса входит множество интерактивных приложений, служащих для организации заданий, управления процессом их выполнения, а также для анализа результатов на различных этапах обработки.

При обработке использовался стандартный граф для материалов сейморазведки МОГТ-3D, адаптированный к сейсмогеологическим условиям участка проведения работ.

Граф обработки включал как типовые процедуры стандартной обработки 2D, так и специализированные операции для материалов МОГТ-3D. Граф обработки называется последовательность выполнения процедур. Она определяется сейсмогеологическими условиями района работ, видом выполняемой обработки и конечной целью.

Далее следует описание основных этапов обработки с указанием

основных параметров процедур.

Определение координат пунктов возбуждения и приема в ходе полевых работ выполнялось с помощью системы спутникового позиционирования (GPS). Значения реальных топографических координат и альтитуд пунктов наблюдения фиксировались в SPS-файлах типа R (для пунктов приема (ПП)) и S (для пунктов возбуждения (ПВ)). Файл типа X (описание коммутаций приемной расстановки) автоматически записывался сейсмостанцией в процессе полевых наблюдений. В целях выявления ошибок в описании расположения пунктов наблюдения и системы коммутаций с помощью специальных интерактивных графических приложений. В частности использовалось приложение “FastQC”, входящее в состав “Geocluster” .

После ввода первичного полевого материала (ПМ) с полевых носителей данных в заголовки трасс вносились все необходимые для дальнейшей обработки параметры: условные топографические координаты ПВ и ПП, номера ПВ и ПП, номера бинов (Inline и Crossline), удаления, азимуты и другая необходимая информация.

Метод вычисления статических поправок (СП) в данном программном пакете основан на анализе времен задержек первых вступлений рефрагированных волн. Резкие изменения рельефа поверхности наблюдений, мощностей и скоростей распространения упругих волн в самой верхней части разреза (ВЧР) приводят к тому, что времена прихода отраженных волн на сейсмической записи резко изменяются. В этом случае оси синфазности отраженных волн на сейсмограммах ОТВ и ОГТ и, как следствие, на временных разрезах будут сильно искажены. В результате даже при сравнительно высоком соотношении сигнал-помеха прослеживание полезных отраженных волн на сейсмограммах или временных разрезах становится затруднительным. Повысить качество таких сейсмических записей возможно только путем поканального введения специально рассчитанных компенсирующих временных сдвигов - статических поправок. Статическими поправками называется повышения качества записи только путем

поканального введения специально рассчитанных временных сдвигов.

*Восстановление и регулировка амплитуд сигнала.* В целях компенсации нормального затухания амплитуд, обусловленного сферическим расхождением волнового фронта, отражений от сейсмических границ, а также потерь энергии в результате поглощения в среде.

*Подавление помех на первичных сейсмограммах.* Использовалось несколько процедур автоматической редакции и подавления помех:

Полосовая фильтрация применялась для исключения из записи помех (техногенных помех, микросейсм), находящихся вне частотного диапазона полезного сигнала. Полоса пропускания фильтра подбиралась перед началом обработки путем тестирования на фрагментах временного куба.

*Нуль-фазовая деконволюция.* Данный этап обработки включал нуль-фазовую деконволюцию, и полосовую фильтрацию.

Фильтр называется полосовым фильтром, когда полезный сигнал преобладает в полосе частот  $f_1 - f_2$  помехи доминируют на более низких и более высоких частотах. Фильтр в этом случае должен подавлять все помехи с частотами вне полосы.

*Скоростной анализ и коррекция кинематических поправок.* Кинематические поправки вводят в годографы ОГТ с целью их последующей трансформации в линии  $U(x)$ . Эта процедура решающим образом влияет на качество суммирования и, следовательно, на качество получаемых временных разрезов. Априорная информация о разрезе, необходимая для введения кинематических поправок, всегда известна нам лишь приближенно. Поэтому на последующих этапах обработки, так же, как и при введении статических поправок, возникает необходимость проведения коррекции вводимых кинематических поправок.

*Коррекция остаточных статических поправок.* Данная процедура применялась в целях компенсации остаточных статических сдвигов, обусловленных погрешностями определения первичных статических

поправок. Применялся специализированный 3D- алгоритм, включающий следующие операции:

1) в заданных временных окнах, включающих в себя несколько согласно залегающих границ, формируются (с учетом наклонов границ) эталонные трассы

2) определяются сдвиги между эталонами и соответствующими трассами годографов ОГТ

3) вычисленные сдвиги обрабатываются итеративным методом и пересчитываются в статические поправки, которые распределяются по пунктам приема и возбуждения

*Подавление линейного когерентного шума.* Доминирующими регулярными волнами-помехами на данной площади являются среднескоростные волны с квазилинейными годографами. В основном они представлены кратными рефрагированными от подошвы ЗМС и обменными волнами, образующимися на упомянутой выше первой жесткой границе. Их кажущиеся скорости составляют примерно 1800-3500 м/с.

*Подавление многократно-отраженных кратных волн.* На вертикальных сечениях суммарного куба присутствуют как полнократные так и частично-кратные волны-помехи. Основной кратнообразующей границей на изучаемой площади является первая жесткая граница (кровля карбонатного комплекса палеозоя). Двукратная отраженная волна от этой границы находится на временах менее 600 – 700 мс, т.е. выше целевого интервала, и в достаточной степени ослабляется в результате обычного суммирования по ОГТ. На уровне полезных отражений от исследуемых горизонтов карбона и девона (на временах 750–1200 мс) присутствуют частично-кратные волны со скоростями 2000–3500 м/с, которые имеют промежуточные отражения от первой жесткой границы, а также от горизонтов на времени 650 – 800 мс ( $pC_2ks$ ,  $pC_2mk$ ) и нижележащих.

*Коррекция остаточных фазовых сдвигов.* В связи со сложными сейсмогеологическими условиями на исследуемой площади, описанными

выше, детальная коррекция статических и кинематических поправок после применения процедуры исключения хотя и минимизируют фазовый разброс но, тем не менее, не обеспечивают полной синфазности при суммировании сигналов полезных отраженных волн в пределах сейсмограммы ОГТ. Их годографы, особенно на больших удалениях, зачастую характеризуются негиперболической формой. Остаточные статические поправки в зонах с низким соотношением сигнал/помеха, также не могут быть вычислены с необходимой точностью. Поэтому, в целях повышения эффективности суммирования по ОГТ и максимального улучшения прослеживаемости на проблемных участках куба использовалась процедура коррекции остаточных фазовых сдвигов (ОФС).

*Получение окончательного суммарного временного куба.* После завершения процедур подавления помех на сейсмограммах выполнялось суммирование по общей средней точке с окончательными статическими, кинематическими поправками и параметрами внешнего мьютинга.

В сейсморазведке 3D, в отличие от работ по технологии 2D плотность точек ОГТ на единицу площади исследований резко возрастает, что дает возможность формировать куб сейсмической информации на основе которого в последующем открываются возможности получения непрерывных сечений волнового поля во всех направлениях. В силу этого трехмерная регистрация данных позволяет достаточно надежно прослеживать относительно протяженные, но сравнительно малоразмерные в плане объекты. После получения суммарного временного куба данных на заключительной стадии обработки выполнялся ряд одноканальных и специфических трехмерных процедур.

*Балансировка амплитудного спектра и корректирующая фильтрация.* Эта операция применялась в целях дополнительного повышения разрешающей способности записи и коррекции частотного состава после применения всей совокупности процедур обработки. В данном случае использовалась балансировка спектра в частотной области в скользящем

временном окне. Эффект этой процедуры эквивалентен эффекту нуль-фазовой деконволюции. Балансировка спектра выполнялась в ограниченной полосе частот.

*Подавление некогерентного шума.* В целях уменьшения фона случайного шума, а также для общего повышения когерентности полезной записи в целевом интервале отражений применялась фильтрация в области  $(f-x, k_y)$  (проектирующая фильтрация). Алгоритм предусматривает разделение волнового поля на полезный сигнал, который предполагается прогнозируемым по осям  $X$  и  $Y$ , и непрогнозируемый шум во всем диапазоне частот. Сигнал после фильтрации выглядит так, как будто он прошел через фильтр со значениями спектра 0 или 1. Это гарантирует, что сигнал сохраняется при оптимизации ослабления случайного шума.

*Временная миграция после суммирования.* На итоговых сейсмических материалах в случае наличия в разрезе криволинейных отражающих границ нарушается однозначное соответствие между их изображением на временных и глубинных сейсмических разрезах. Это может вызвать серьезные ошибки в геологической интерпретации сейсмического разреза и даже привести к неверным выводам относительно истинной формы отражающих границ. Причиной этих искажений является влияние сейсмического сноса лучей и некоторых других факторов. Для устранения несоответствия изображения строения среды на временном и глубинном разрезах проводят различные виды преобразования записи, которые принято называть миграционными преобразованиями. Завершающим этапом графа являлась 3D-миграция временного куба в  $(f, x, y)$ -области. Принципиально важным здесь являлся подбор скоростного закона миграции. Для осуществления этого было получено несколько вариантов результата 3D-миграции: с базовым скоростным законом, и с отклонением значений средних скоростей на  $\pm 5\%$ ,  $\pm 10\%$  и т.д. от последнего. В качестве опорного использовался усредненный скоростной закон. Затем, в процессе визуального анализа указанных выше кубов, который проводился при участии интерпретатора

(геолога), был выбран вариант с наилучшим результатом миграции. Критерием выбора при этом являлись:

1. непрерывная прослеживаемость целевых границ;
2. четкость локализации дизъюнктивных нарушений;

отсутствие эффектов недостаточной или избыточной компенсации сейсмического сноса.

*Контрольные материалы.* Визуальный контроль производился путем просмотра на экране монитора ПК всех промежуточных результатов на каждой из отдельных стадий в рамках того или иного этапа графа. В случае необходимости, осуществлялась дополнительная обработка (сейсмограмм или суммарного куба) в областях с неудовлетворительным качеством материала.

**Заключение.** Трехмерная сейсморазведка является одним из наиболее динамично развивающихся в последние десятилетия разделов геофизики благодаря интенсивному развитию компьютерной техники. Методом ОГТ-3D в соответствии с поставленными целями выполнены обработка в объёме 56 кв. км с использованием современных программных комплексов Geocluster. Получены информативные материалы, обеспечившие решение поставленных геологических задач.

В работе приводятся сведения о литологии, тектонике и нефтегазоносности района. В процессе работы над проектом были собраны, проанализированы и систематизированы данные об обработке материалов сейсморазведки МОГТ-3D.

Целью данной бакалаврской работы являлось освоение обработки материалов сейсморазведки методом ОГТ-3D.

За время написания бакалаврской работы мною были выполнены все поставленные цели: я разобрался с геологическим строением территории, освоил теоретические основы процессов обработки, ознакомился с комплексом программ обработки и принял участие в обработке МОГТ-3D.