

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

Кафедра геофизики

**«Интерпретация сейсморазведочных данных при поисках скоплений
углеводородов в ловушках различных генетических типов в зоне
сочленения Жигулевского свода и Бузулукской впадины»**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

Студентки 2 курса 261 группы
направление 05.04.01 геология
геологического ф-та
Сидоркиной Юлии Дмитриевны

Научный руководитель

К. г.- м.н., доцент

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Научный консультант

Нач. отдела АО «НВНИИГГ»

подпись, дата

Л.И. Чернявская

Зав. кафедрой

К. г.- м.н., доцент

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2021

Введение. Традиционно в геофизике при поисках и разведке нефтегазовых месторождений особую роль среди полевых методов играет сейсморазведка. Она позволяет детально изучать строение геологического разреза и прогнозировать залежи углеводородов. Данная задача решается на основе кинематической и динамической интерпретации сейсмических данных, причем кинематическая интерпретация выполняется в любом случае. Вследствие этого она имеет особенно большое практическое значение.

Выпускная квалификационная работа посвящена проблеме интерпретации сейсморазведочных данных. Данная проблема имеет большое народно-хозяйственное значение, так как правильное ее решение позволяет повысить надежность подготовки структур к глубокому бурению.

Цель магистерской работы заключалась в изучении основ и получении навыков работ по интерпретации сейсморазведочных данных МОГТ-2D для выявления скоплений углеводородов в ловушках различных генетических типов на примере конкретной территории.

Для достижения поставленной в работе цели были решены следующие задачи:

- собрать, проанализировать и обобщить имеющиеся на территории изучаемого участка Бузулукской впадины геолого-геофизические материалы;
- освоить программно-алгоритмический комплекс GeoGraphix Discovery 5000.0 (разработка компании Halliburton);
- изучить этапы выполнения работ по кинематической интерпретации сейсморазведочных данных на основе материалов прошлых лет, ознакомиться с основами атрибутивного анализа сейсмической записи, самостоятельно повторить всю последовательность работ по интерпретации сейсморазведочных данных в пределах участка, проанализировать полученные результаты для выявления перспективных объектов и определения их генетического типа.

Район, где проводился комплекс геолого-геофизических работ, расположен в пределах Волго-Уральской антеклизы и приурочен к западным территориям крупного тектонического элемента – Бузулукской впадины.

Открытие в прошлые годы на западе Бузулукской впадины многочисленных месторождений УВ предопределило появление здесь развитой нефтегазовой инфраструктуры, создающей благоприятные условия для активного продолжения поисковых работ, нацеленных на выявление новых залежей углеводородов.

Результаты осуществлявшихся на данной территории в прошлые годы сейсморазведочных наблюдений и глубокого бурения свидетельствуют о широком разнообразии типов развитых в ее пределах ловушек углеводородов, включая неантиклинальные. В регионах традиционной добычи углеводородов, каким и является территория Бузулукской впадины, на фоне растущей потребности в выявлении новых поисковых объектов ощущается «структурный голод». В этой ситуации большое значение приобретают поиски нефти и газа в ловушках неантиклинального типа, которые являются резервом прироста добычи углеводородного сырья.

Выпускная квалификационная работа написана по материалам, собранным в департаменте обработки и комплексной интерпретации сейсморазведочных данных Акционерного общества «Нижне-Волжский научно-исследовательский институт геологии и геофизики» (АО «НВНИИГТ») за период с сентября 2019 г. по февраль 2021 года.

Выпускная магистерская работа состоит из введения, четырех глав: 1 Геолого-геофизическая характеристика территории исследований; 2 Методика и техника полевых сейсморазведочных наблюдений; 3 Методика и результаты обработки сейсморазведочных материалов МОГТ-2; 4 Методика и результаты интерпретации сейсморазведочных материалов МОГТ-2D, заключения, списка использованных источников.

Основное содержание работы: Первый раздел «Геолого-геофизическая характеристика территории исследований» содержит данные об изученности территории исследований, основных чертах тектонического строения исследуемого участка, информацию о литолого-стратиграфической, геофизической характеристиках, о нефтегазоносности разреза, о геофизической

изученности территории исследований.

Изучаемый участок относится к зоне сочленения Бузулукской впадины и юго-восточного склона Жигулевского свода.

Геологический разрез участка представлен осадочными образованиями кайнозойской, мезозойской и палеозойской эратем, которые залегают на породах кристаллического фундамента. Четкие представления о литолого-стратиграфическом наполнении геологического разреза и мощностных соотношениях пород дают материалы бурения.

Исходя из нефтегазогеологического районирования, участок расположен в пределах Бузулукской НГО и характеризуется удельными плотностями прогнозных извлекаемых ресурсов УВ 20-30 тыс. т/км².

Изучение участка геофизическими методами началось с 40-х годов прошлого века. В разделе приводятся данные о выполненных на территории изучаемого участка исследованиях, о целях, объемах и методике работ.

Во втором разделе «Методика и техника полевых сейсморазведочных наблюдений» кратко изложена методика полевых работ на исследуемом участке, на материалах которых базируется выпускная квалификационная работа. Использование на этапе отработки профилей технологии «Адаптивной вибрационной сейсморазведки» («АВИС») обеспечило преимущества в информативности получаемых полевых сейсмозаписей перед материалами МОГТ, зарегистрированными с применением традиционного ЛЧМ сигнала.

Третий раздел «Методика и результаты обработки сейсморазведочных материалов МОГТ-2D» включает в себя краткое описание методики обработки сейсморазведочных материалов МОГТ-2D. Обработка сейсмического материала проводилась специалистами АО «НВНИИГГ» с использованием обрабатывающего комплекса ECHOS/FOCUS 2D/3D на платформе Linux.

В разделе продемонстрирована эффективность выполненной обработки, на окончательных временных разрезах непрерывно прослеживаются основные сейсмические горизонты осадочного чехла и отображаются основные элементы

строения поверхности фундамента. Волновое поле разреза лучше разрешено, горизонты динамически более выражены за счет повышения соотношения сигнал/помеха и диапазона преобладающих частот.

Четвертый раздел «Методика и результаты кинематической интерпретации сейсморазведочных материалов МОГТ-2D» состоит из четырех подразделов.

Подраздел 4.1 «Методика кинематической интерпретации сейсморазведочных материалов МОГТ-2D» включает в себя описание методики выполненных магистрантом работ. Кинематическая интерпретация материалов сейсморазведки проводилась в несколько этапов. На первом этапе был создан интерпретационный проект, в него внесены данные о пространственном положении сейсмических профилей и скважин, загружены сейсмические материалы, данные ГИС по опорным скважинам.

На втором этапе выполнялись анализ волновой картины и привязка отражающих сейсмических горизонтов к границам литолого-стратиграфических комплексов. Для привязки использовались результаты одномерного геосейсмического моделирования, выполненного специалистами «НВНИИГГ». За опорные отражающие горизонты приняты следующие сейсмические отражения: nP_{3t} , C_2^{vr} , C_2b , C_1^{tr} , C_1t , D_3^{tm} , AR.

Корреляция горизонтов на временных разрезах и трассирование по сейсмическим данным зон тектонических нарушений осуществлялась автором выпускной квалификационной работы в программном комплексе GeoGraphix Discovery 5000.0. По итогам выполненного площадного прослеживания по линиям профилей МОГТ-2D опорных отражающих горизонтов подготовлены мигрированные временные разрезы с корреляцией опорных отражающих горизонтов и построены карты изохрон.

На следующем этапе интерпретации выполнялся расчет средних и интервальных скоростей в точках глубоких скважин в пределах изучаемого участка, осуществлялось построение карт скоростей. Структурные построения

автором данной работы выполнялись с использованием карт временных мощностей и карт средних и интервальных скоростей.

Из отражающих горизонтов, прослеженных на временных разрезах, самым верхним является горизонт «nР_{3t}», приуроченный к подошве отложений татарского отдела пермской системы. Этот горизонт являлся опорным при выполнении структурных построений. Для пересчета времен T_0 в глубины использовалась смешанная скоростная модель среды, в соответствии с которой построение опорного горизонта осуществлялось с использованием значений средней скорости. Структурные построения на уровне каменноугольной и девонской системы, а также по кровле кристаллического фундамента, осуществлялись последовательно друг от друга с использованием карт интервальных скоростей.

Подраздел 4.2 «Описание и анализ результатов кинематической интерпретации сейсморазведочных материалов МОГТ-2D» содержит результаты работ по кинематической интерпретации, выполненных автором магистерской работы: приводится описание структурных планов, выделены особенности строения осадочного чехла на различных стратиграфических уровнях в пределах рассматриваемого участка.

Поскольку Бузулукская впадина, в пределах которой расположен участок картопостроения, относится к сквозному типу отрицательных структур с общим соответствием структурных планов палеозойского осадочного чехла и поверхности кристаллического фундамента, то большинство локальных структур девона и карбона, к которым приурочены открытые здесь залежи углеводородов, находят свое отражение в структурных планах подстилающих толщ и морфологии кристаллического фундамента, закономерно уменьшаясь по амплитуде вверх по разрезу.

Развитие древних останцов и выступов могло служить благоприятным фактором для формирования самых разных типов ловушек УВ, как антиклинальных (в толще облекания), так и неантиклинальных —

стратиграфически и литологически ограниченных (в примыкающих к стенкам выступов коллекторах «терригенного девона»).

Нивелирующее влияние толщи «терригенного девона» по отношению к поверхности кристаллического фундамента характеризуется картой изопахит в интервале отражающих горизонтов AR и D₃tm. В распределении мощностей четко проявляются локальные неоднородности поверхности кристаллического фундамента, которые могли создавать благоприятные условия для формирования в перекрывающей их толще осадочного чехла, как на уровне «терригенного девона», так и вышележащих комплексов отложений, ловушек УВ различных генетических типов.

Несоответствие структурных планов ОГ C_{1t} гипсометрии кровли «терригенного девона» и поверхности фундамента выражается различиями в морфологии локальных структур. На структурных картах по ОГ C_{1t} часть локальных структур имеют большую морфологическую выраженность, чем на структурной карте по ОГ D₃tm, это связано с широким развитием на данной территории биогермных поднятий в отложениях франско-турнейского карбонатного комплекса. С таким типом поднятий связаны массивные залежи нефти в отложениях фаменско-турнейского возраста на открытых здесь месторождениях. На карте изопахит среднефранско-турнейского интервала зона развития биогермных поднятий проявляется еще более контрастно.

Структурная карта по ОГ C_{1^{tr}} характеризует структурный план продуктивных на многих месторождениях участка отложений окского надгоризонта, залежи нефти на этих месторождениях приурочены к доломитовым пластам, запечатанным в толще сульфатных пород.

Структурный план окских отложений в целом согласуется со структурными планами нижележащих комплексов осадочного чехла, а на уровне локальных особенностей рельефа носит черты захоронения нижних гипсометрически выраженных форм и одновременно характеризуется появлением в его рельефе новых морфологически выраженных

неоднородностей, превосходящих по амплитуде структурные формы подстилающих комплексов.

Главным структуроформирующим фактором для верхневизейского комплекса пород на рассматриваемой территории служат вариации мощности появляющихся в разрезе ангидритовых пластов окского надгоризонта. Центральная и юго-восточная часть участка характеризуются повышенными значениями общей мощности отложений, что позволяет относить эти территории к зоне «окского ангидритового плато».

На структурной карте по кровле карбонатных отложений башкирского яруса продолжают прослеживаться отдельные локальные неоднородности, унаследованные от морфологии поверхности окского надгоризонта и более древних толщ, вплоть до поверхности кристаллического фундамента. Как свидетельствуют результаты бурения на месторождениях углеводородов, обложение карбонатными отложениями башкира положительных форм рельефа окского надгоризонта открывает перспективы выявления здесь залежей нефти в башкирских отложениях.

Кроме того, в характере распределения мощностей в интервале между отражающими горизонтами C_2b и C_1^{tr} проявляются резкие разрастания общей мощности серпуховско-башкирских отложений, приуроченные к северо-западной части участка и к серии локальных участков в центральной части его территории.

Открытые в пределах участка месторождения с залежами нефти в пласте A_4 башкирского яруса расположены в зонах увеличенных мощностей серпуховско-башкирских отложений.

Структурный план вышележащих отложений изменяется минимально.

Подраздел 4.3 «Атрибуты сейсмической записи». Автором данной работы предпринята попытка атрибутивного анализа сейсморазведочных данных по профилям МОГТ-2D на изучаемой площади.

В качестве одного из направлений динамической интерпретации сейсмических данных выделяется анализ атрибутов сейсмической записи,

который можно разделить на визуальную интерпретацию разрезов различных атрибутов на качественном уровне и на методику, основанную на регрессионном анализе атрибутов и коллекторских свойств по скважинам.

Интерпретация на качественном уровне заключается в выделении аномальных зон по различным сейсмическим атрибутам (амплитуда, частота, фаза, их производные). Этот подход основан на предположении, что вследствие ряда физических предпосылок залежи углеводородов могут проявляться на сейсмической записи в виде некоторых эффектов изменения формы отраженных волн и их интенсивности (локальное изменение амплитуд и частот, обращение фаз, появление горизонтальных отражающих поверхностей). Значение придается изучению относительного изменения динамических характеристик волнового поля для выявления и оконтуривания перспективных областей.

Качественный атрибутный анализ не может служить инструментом количественной интерпретации сейсмической записи, но атрибуты являются хорошими индикаторами изменений в характере осадконакопления на уровне той или иной осадочной толщи и индикаторами ее структурных особенностей.

Выполненный автором выпускной работы визуальный анализ карт и разрезов мгновенных атрибутов по всем сейсморазведочным профилям МОГТ-2D не позволил выделить в картине сейсмических атрибутов фона заметных геологических неоднородностей, которые могли бы быть интересны.

Подраздел 4.4 «Сейсмогеологические модели типов ловушек углеводородов, наиболее характерных для изучаемой территории» включает в себя анализ полученных результатов для выявления перспективных объектов и определения их генетического типа.

На изучаемом участке и на сопредельных территориях в прошлые годы открыты месторождения УВ, позволяющие получить достаточно полное представление об основных типах развитых здесь ловушек углеводородов на различных стратиграфических уровнях.

По причине унаследованного развития большинства локальных структур,

во многом повторяющих морфологию кристаллического фундамента (останцы, выступы и т.д.), наиболее распространенным на данной территории является традиционный структурный (антиклинальный) тип ловушек углеводородов с пластовыми сводовыми залежами. Однако на уровне некоторых НГК распространены также и ловушки неантиклинального типа.

На изучаемой территории распространены литолого-стратиграфические ловушки локального экранирования. Их формирование обусловлено литологическим замещением, выклиниванием и притыканием пород-коллекторов в пределах локальных выступов фундамента и останцового рельефа.

Залежи углеводородов в биогермных ловушках среднефранско-турнейского карбонатного комплекса здесь приурочены к локальным поднятиям седиментационно-тектонического генезиса.

Важным структуроформирующим фактором для окско-башкирского комплекса отложений на данной территории являются вариации мощности появляющихся в разрезе этого комплекса ангидритовых пластов окского надгоризонта. Залежи нефти в пластах-резервуарах окского надгоризонта, связанные с выклиниванием пластов-коллекторов, открыты на многих месторождениях данной зоны.

В башкирских отложениях преимущественно карбонатного верхневизейско-башкирского комплекса перспективы выявления новых залежей углеводородов связаны с облеканием карбонатными отложениями морфологически выраженных структурных неоднородностей окского надгоризонта.

Для наглядности представления особенностей строения и характера отображения в геофизических полях некоторых из наиболее распространенных в пределах участка ловушек УВ различного генезиса построены сейсмогеологические модели ловушек.

Заключение. Среди других геофизических методов сейсморазведка обладает наибольшей надежностью, высокой разрешающей способностью,

технологичностью и обширным объемом получаемой информации. Сейсморазведка позволяет детально изучать геологический разрез, тем самым выявить главный объект исследования - нефтегазовую структуру-ловушку, и эта задача решается на основе кинематической и динамической интерпретации сейсмических данных. Причем, кинематическая интерпретация выполняется в любом случае, из-за чего имеет особенно большое практическое значение.

В соответствии с целью и задачами данной квалификационной работы за время ее подготовки были собраны и проанализированы имеющиеся на территории изучаемого участка в зоне сочленения Жигулевского свода и Бузулукской впадины геолого-геофизические материалы, автором работы на основе материалов прошлых лет выполнена кинематическая интерпретация сейсморазведочных материалов по данной территории, от создания интерпретационного проекта и загрузки в него исходных данных, и до выполнения структурных построений и анализа полученных результатов, изучены основы атрибутивного анализа сейсмической записи, проанализированы полученные результаты с целью выявления перспективных объектов и определения их генетического типа. Достоверность выполненных построений подтверждается хорошей сходимостью с ранее полученными специалистами АО «НВНИИГТ» результатами кинематической интерпретации сейсморазведочных данных на территории исследований.

Полученные автором квалификационной работы полезные практические навыки необходимы для дальнейшей профессиональной деятельности.