

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

Кафедра геофизики

**«Одномерное сейсмическое моделирование как способ  
решения прямой задачи сейсморазведки  
(на примере Еруранского лицензионного участка)»**

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

Студента 5 курса 501 группы  
направление 05.03.01 геология  
геологического факультета  
Крючкова Дмитрия Олеговича

**Научный руководитель**

К. Г.-М.Н., доцент

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Э.С. Шестаков

**Зав. кафедрой**

К. Г.- М.Н., доцент

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Е.Н. Волкова

Саратов 2016

## ВВЕДЕНИЕ

Общеизвестно, что ведущим геофизическим методом при поисках нефтегазовых месторождений является сейсморазведка. Целью её применения, как и любого другого геофизического метода, является решение обратной задачи для построения модели строения изучаемого геологического разреза. Обратная задача относится к классу некорректных задач и, следовательно, является неустойчивой и неоднозначной. Для минимизации негативного влияния этих факторов широко используется привлечение сторонней информации, решения на её основе прямой задачи и сопоставление результатов решения с данными, используемыми при решении обратной задачи.

Классическим примером реализации этого подхода является широко используемое при интерпретации сейсморазведочных данных уточнение стратиграфической привязки отражающих горизонтов на основании одномерного сейсмического моделирования с использованием скважинных данных. Основным побудительным мотивом выбора этого направления при подготовке бакалаврской работы послужило то, что по месту своей работы я занимаюсь именно одномерным сейсмическим моделированием.

Целью бакалаврской работы является рассмотрение взаимосвязи решения прямой и обратной задач сейсморазведки путем одномерного сейсмического моделирования с помощью программного комплекса Petrel.

Для достижения этой цели должны быть решены следующие задачи:

- рассмотрение теоретических основ одномерного сейсмического моделирования и скоростных характеристик разреза, как основного источника данных;
- рассмотрение сейсмогеологических особенностей территории исследований;
- рассмотрение процессоздания синтетических трасс по материалам скважинных данных в сопоставлении с полевыми материалами.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### **1 Теоретические и методические основы одномерного сейсмического моделирования**

#### *1.1 Скоростные характеристики среды используемые в сейморазведке.*

Знание скорости распространения волн необходимо для определения глубины. Казалось бы, литологический состав пород наиболее явно влияет на скорость сейсмических волн, однако диапазоны значений скорости для различных типов пород настолько сильно перекрываются, что этот фактор сам по себе не может служить достаточной основой для разделения пород. По всей вероятности, наиболее важным самостоятельным фактором является пористость, а зависимость пористости от глубины залегания пород и от давления приводит к тому, что скорость оказывается чувствительной также и к этим факторам.

Приповерхностный слой обычно заметно отличается от остального разреза, как по скоростям, так и по другим параметрам. Это делает необходимым учет приповерхностной зоны малых скоростей (ЗМС). В арктических областях зона вечной мерзлоты искажает более глубокие отражения из-за присущей промерзшему слою повышенной скорости. Газогидраты, которые образуются в осадках непосредственно под океанским дном на глубоководных участках, также вызывают изменения скорости.

Большую часть информации о скоростях получают по изменению времени прихода волн в зависимости от удаления приемника, т. е. по нормальному приращению времени, поскольку, как правило, возможности проведения сейсмического каротажа в глубоких скважинах очень ограничены.

Высокая скорость в осадочных породах обычно соответствует карбонатным породам, а низкая, как правило, указывает на присутствие песков и глин, но промежуточные значения скоростей могут относиться к породам и того и другого типа.

Плотность породы зависит непосредственно от плотности минеральных зерен, слагающих породу. Плотности минералов, составляющих большинство

осадочных пород, меняются в диапазоне порядка 20%. Вариации скорости в большой мере определяются вариациями плотности: высокие значения плотности, как правило, соответствуют высоким значениям скорости.

В целом пористость уменьшается с увеличением глубины захоронения (или давления покрывающей толщи), и поэтому скорость возрастает с глубиной. Упругие константы также зависят от давления. Эти эффекты объясняются структурой осадочных пород, которые не являются однородными, как обычно предполагается в теории упругости.

Большинство прямых методов определения скорости требует наличия глубокой скважины. Используются два типа скважинных наблюдений: стандартный сейсмический каротаж и акустический каротаж.

Каротаж скважин позволяет определить среднюю скорость с хорошей точностью. Однако его проведение обходится весьма дорого, поскольку стоимость включает не только время от половины до целого рабочего дня сейсмической партии, но и оплату простоя скважины (что часто намного превышает стоимость сейсмических работ). Потенциальная опасность разрушения скважины — еще один фактор, отбивающий охоту проводить сейсмокаротаж; во время проведения сейсмических наблюдений скважина должна стоять без бурового инструмента в ее полости, и, следовательно, возможны обрушения, выбросы газа и другие серьезные повреждения ее ствола. Другим неблагоприятным фактором при разведке новых площадей является то, что сейсмические работы часто заканчиваются прежде, чем будет пробурена первая скважина.

Непрерывные измерения скорости выполняются с помощью одного или двух импульсных генераторов и двух или четырех приемников, которые помещают в один контейнер, называемый зондом, и опускают в скважину.

Точность значений скорости, полученных по данным акустического каротажа, часто довольно низка, о чем свидетельствуют частые расхождения между диаграммами обычного и длинно-зондового каротажа. Точность данных акустического каротажа часто снижается из-за переменного радиуса зоны

проникновения волн, наличия каверн в стенках скважины, различных изменений во времени после бурения скважины и из-за других факторов.

Диаграммы акустического каротажа используют для определений плотности, поскольку плотность, по-видимому, является основным фактором, влияющим на сейсмическую скорость.

Анализ данных о скоростях представляет важную интерпретационную задачу. Как и в других задачах интерпретации, некоторые решения можно отбросить сразу, если они соответствуют невозможным или крайне невероятным ситуациям.

Желание извлечь стратиграфическую информацию из данных о скоростях иногда приводит к тому, что при интерпретации не учитываются в достаточной мере ограничения, заложенные в этих данных. Небольшие ошибки в определении нормального кинематического сдвига могут вызвать ощутимые ошибки в скоростях, принятых при суммировании (особенно для глубинных отражений), а эти последние в свою очередь приведут к большим ошибкам в расчете интервальных скоростей, если интервалы, для которых определяется скорость, малы. Если отражающие границы не параллельны, расчеты интервальных скоростей не имеют смысла. Иногда различные факторы серьезно искажают результаты измерения скоростей, например интерференционные эффекты, всевозможных типов шумы, искажения, обусловленные приповерхностными аномалиями скорости или изменениями в ЗМС, и требуется большое внимание, чтобы эти эффекты не были случайно приняты за индикаторы реальных изменений скорости в породах.

*1.2 Теоретические основы одномерного сейсмического моделирования.*  
Сейсмическое волновое поле представляет собой сложную суперпозицию огромного числа волн различной природы. Одной из её составных частей является набор отражений от границ пластов, интегрально характеризующих морфологическое строение и упругие свойства пород пласта. По одному только сейсмическому изображению невозможно дать количественную оценку упругим свойствам и тем более сделать количественный прогноз

перспективных ловушек УВ. Скважинная же информация представляет собой очень детальное, количественное описание литологии, фильтрационно-ёмкостных свойств, трещиноватости и др. параметров разреза вдоль ствола скважины. Однако эта информация является точечной в сравнении с масштабом пространственных сейсмических исследований. Из этого вытекает логичное заключение о необходимости сопоставления и дальнейшего анализа заведомо разномасштабных данных: сейсмических и скважинных.

Для получения наиболее полного представления об изучаемой территории геологи и геофизики стремятся использовать всю имеющуюся в наличии информацию о геологическом строении, измеренные геофизические поля, опыт предыдущих работ и т.п. Для корректной работы требуется предварительно подготовить и отредактировать данные, а для непосредственного сравнения и анализа геолого-геофизической информации необходимо увязать данные друг с другом.

Так как основной целью интерпретации является геологическое истолкование материала, мы должны сопоставить, каким геологическим границам соответствуют наши сейсмические горизонты. Для этого нужно сравнить сейсмическую и геологическую информацию. Каротажи в скважинах пишутся с привязкой по глубинам, их интерпретация и построение геологических разрезов также осуществляется в глубинном масштабе, иначе обстоит дело с сейсмическими данными. В большинстве случаев мы получаем от обработчиков сейсмические профили и кубы во временной области, то есть по вертикали откладывается значение двойного времени пробега волны. Иными словами, скважинная и сейсмическая информация оказываются несопоставимы между собой без дополнительных операций. Для решения этой задачи нам необходима информация по скоростям изучаемого разреза, скорости позволят установить соотношение ВРЕМЯ – ГЛУБИНА, с помощью которого мы сможем отображать скважинные данные во временном масштабе.

Чтобы рассчитать синтетическую сейсмограмму, нам потребуются значения акустического импеданса вдоль скважины. Обычно их вычисляют по данным акустического и плотностного каротажей.

С использованием акустического каротажа: проводится одномерное сейсмическое моделирование синтетических трасс, основанное на свёрточной модели трассы коэффициентов отражения с сейсмическим импульсом. Основная суть метода заключается в подборе скоростного закона для наилучшего сопоставления синтетических трасс с наблюдаемыми. По результатам большинства работ, использование годографа ВСП не позволяет выполнить привязку с достаточной точностью.

В качестве исходной информации, помимо данных 2D или 3D, акустического каротажа (АК), необходим плотностной (ГГКп) каротаж. В случае если в моделируемой скважине плотностной каротаж отсутствует, существуют методики получения его из АК каротажа.

Удостоверившись в корректности значений кривых АК и ГГКп, их перемножают и получают кривую акустической жёсткости (акустического импеданса). На её основе рассчитывается трасса коэффициентов отражения. Полярность и абсолютная величина амплитуды единичного отражения на трассе соответствуют разнице значений акустической жесткости на границе пластов. Рассчитав трассу коэффициентов отражений, её сворачивают с импульсом заданной формы для получения синтетической сейсмограммы и дальнейшего сопоставления с измеренным волновым полем.

Импульс для свёртки извлекается из реальных сейсмических трасс, следовательно, анализируются форма реальных импульсов, амплитудно-частотные характеристики и фазовый сдвиг. Здесь производится, если, конечно, необходимо, корректировка интервальных скоростей для наилучшего соответствия синтетической и реальной сейсмограмм.

## **2 Краткие сведения о сейсмогеологической характеристике района работ**

*2.1 Изученность Еруранского лицензионного участка.* Лицензионный участок расположен в левобережной части Волгоградской области. Площадь участка составляет 550 км<sup>2</sup>. Еруранская структура выявлена сейсморазведкой МОГТ и приурочена к подошве соленосной толщи кунгурского яруса в 1981 году. К поисковому бурению структура подготовлена сейсморазведкой МОГТ в 1992 году.

На Еруранской площади пробурены 4 поисково-параметрические скважины. Целевые подсолевые карбонатные отложения артинского возраста вскрыты тремя скважинами 2, 1 и 5 Еруранскими.

Изучение территории начато в начале 1950-х годов прошлого века. В последующие годы выполнены магнитометрические, электроразведочные, газобактериальные, газометрические, радиометрические исследования территории, а также различные модификации сейсмических работ. В период с 1962 по 1972 гг. на территории проведены региональные сейсморазведочные работы КМПВ, позволившие уточнить строение. Общий объём сейсморазведочных работ, выполненный в период с 1980 по 1993 год составил 452 пог.км сейсмических профилей.

Нефтегазоперспективность подсолевых (артинских) отложений доказана бурением скважины 1 Еруранской при испытании в открытом стволе. В 1991 году в сводовой части Еруранского поднятия заложена поисковая скважина 4 Еруранская. В 1995 году начато бурение поисковой скважины 5 Еруранской, проектной глубиной 6000 м. В ходе бурения скважины, начиная с глубины 5914 м, отмечены явные признаки нефтегазоносности:

В 2013 г. С целью до изучения разреза скважины 5 Еруранской, оценки возможного углеводородного насыщения различных интервалов разреза и изучения около скважинного пространства, проведены исследования поляризационным методом ВСП на вертикальном профиле пространства.



В 2015г. начались работы по интерпретации сейсмических данных МОГТ-3D в пределах Еруранской площади с целью детализации геологического строения подсолевого комплекса отложений Еруранской структуры, намеченной по результатам предыдущих работ на Еруранском участке. Профили 2Dотработанные до сейсморазведки 3D.

*2.2 Сейсмогеологическая характеристика разреза.* Еруранский участок в структурно-тектоническом отношении приурочен к внутренней прибортовой зоне западного сектора Прикаспийской впадины.

Глубина залегания поверхности кристаллического фундамента на изученной территории оценивается в 9,5-11,5 км. В строении осадочного чехла выделяются три крупных структурных этажа (мегакомплекса): подсоловой, промежуточный, представленный соленосной толщей кунгура и надсоловой.

Блоковое строение кристаллического фундамента с нивелировано отложениями терригенного девона, имеющего максимальные мощности в зоне погребенных сбросов.

Характерной особенностью межкупольных прогибов являются сокращенные толщины кунгурских отложений, в составе которых преобладают породы менее пластичные, чем каменная соль: доломиты, ангидриты и гипсы. Прогибы в значительной степени компенсированы пермско-триасовыми осадками, которые на бортах мульд, прогибов и гряд имеют с кунгурскими солями тектонические контакты. Перекрывающие их отложения юры и мела изогнуты в процессе роста куполов, осложнены многочисленными разрывными нарушениями.

Отложения верхней перми и триаса, в основном, выполняют межкупольные прогибы и мульды, выклиниваясь к крутым склонам соляных штоков и гряд. Отложения юрской системы также, в основном, приурочены к зонам межкупольных прогибов и отсутствуют, за счет предмелового размыва, в пределах верхних частей соляных гряд и куполов.

Отложения верхнего мела, облекающие купола, в значительной степени размывты. В результате позднемезозойского размыва отложения палеогена со

стратиграфическим и угловым несогласием залегают на мезозойской поверхности размыва.

Осадки неоген-четвертичной системы практически полностью нивелируют остатки захороненного соляного тектогенеза, образуя покровный этаж и современный рельеф пенеплена Левобережья Волгоградской области.

### **3 Практическая реализация одномерного сейсмического моделирования**

*3.1 Особенности программного комплекса Petrel.* Разработка программного комплекса Petrel началась в 1996г. с попытки побороть проблему роста числа углубленно-специализированных профессионалов-геофизиков, работающих во все большей изоляции. Результатом стала комплексная технология, которая позволяет критически и творчески подходить к процессу моделирования коллекторов компаниям в сфере разведки и добычи, а также дает возможность узким специалистам-геофизикам работать коллективно. В настоящее время Petrel является завершенным приложением сейсмического моделирования, и обладает усовершенствованным геофизическим инструментарием.

*3.2 Одномерное сейсмическое моделирование на Еруранской площади.* Одномерное сейсмическое моделирование на Еруранской площади выполнялось в следующем порядке.

- Загрузил куб МОГТ-3D Еруранского ЛУ в объеме 420 кв.км.
- Загрузил скважинные данные, а именно 4 скважины (координаты, альтитуда, забой), в скважины 5и 2 загрузил данные ВСП.
- Сделал срез  $Z = \text{const}$  на время интересующей нас пачки чтобы можно было видеть 3D куб в рабочей области 2D. Время можно выбрать любое.
- Далее загрузил стратиграфические разбивки в скважину 5.
- Загрузил имеющиеся данные АК в скважины.
- Следующим шагом выполнил расчет ГГКп по данным каротажа АК.
- После извлек из профиля реальные сейсмограммы и реальный импульс.
- Затем создал синтетическую трассу.

- Сопоставил реальные данные и полученными, получил неплохую сходимость.

В нашем случае я подвинул куб на 155мс и этим завершил процесс одномерного моделирования по скв. 5 Еруранской.

Проделал все тоже самое по 2Еруранской скважине и построил простую схему корреляции. Из неё видно, что сходимость пиков неплохая, а это означает что погрешность должна быть минимальной.

Результаты одномерного сейсмического моделирования были положены в основу стратиграфической привязки отражающих горизонтов в процессе интерпретации, в результате были построены структурные карты по горизонтам и карты толщин, выделены структуры и рассчитаны их приблизительные площади.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, можно констатировать, что в ходе подготовки бакалаврской работы были решены все, поставленные в ней задачи.

Рассмотренное одномерное сейсмическое моделирование позволило уточнить стратиграфическую привязку горизонтов на Еруранском ЛУ, которая была положена в основу интерпретации геофизических данных на этом объекте. По результатамданной работы была проведена интерпретация, построены карты по горизонтам и карты толщин, выделены структуры и рассчитаны их приблизительные площади.