

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра геофизики

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
СЕЙСМИЧЕСКИХ ЗАПИСЕЙ В ПРЕДЕЛАХ КАРПЕНСКОГО
УЧАСТКА**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 403 группы
направления 05.03.01 «Геология»,
профиль «Нефтегазовая геофизика»
геологического ф-та
Федулеева Данила 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 2021

Введение. В связи с быстрым развитием геофизического метода изучения геологических объектов с помощью упругих колебаний сейсмических волн, большое значение приобретает проблема наиболее правильной обработки этих данных, а также в результате быстрого развития компьютерных технологий, использования определенного программного обеспечения, как помощь в обработке, поэтому в данной курсовой работе будет рассмотрен «синтез» науки – геофизика и набравший на сегодняшний день популярность процесс создания и написания программ.

Целью бакалаврской работы является исследование частотных характеристик сейсмических записей с помощью написанной программы используя высокоуровневый язык программирования Python.

Объектом исследования бакалаврской работы является Карпенский участок. Особый интерес данного участка заключается в том, что в пределах данного участка наблюдается солянокупольная тектоника иными словами «галогенез» – процесс осадконакопления, с которым связано отложение минеральных солей, которые с течением времени введут к образованию соляных куполов, валов, мульд проседание и так далее. Также интерес проявляется в наличие на территории участка и в непосредственной близости от его границ небольших нефтегазовых месторождений в надсолевых отложениях (Спортивное, Куриловское, Старшиновское, Таловское, Узеньское), образование которых также связано с солянокупольной тектоникой.

Задачами выпускной квалификационной работы является:

- разработка программы расчета спектральных характеристик;
- изучение спектральных характеристик сейсмических записей в различных интервалах разреза;
- применение вейвлет-преобразования для анализа различных сигналов;
- закрепление теоретических знаний по курсу сейсморазведка;

Основное содержание работы. Первый раздел «Геолого-геофизическая

характеристика района работ». Карпенский участок располагается на юге Саратовской области в пределах Краснокутского, Федоровского, Ершовского, Питерского и Новоузенского районов и имеет площадь 4188 км².

На территории Карпенского участка располагаются населенные пункты Куриловка, Питерка, Мироновка, Новотулка, Орлов Гай, Черная Падина, Перекопное и т.д. Площадь покрыта сетью грунтовых и шоссейных дорог. С севера на юг участок пересекает газопровод Средняя Азия-Центр.

В тектоническом отношении площадь работ располагается в северо-западной части Прикаспийской впадины, к югу от бортовой зоны.

В бортовой зоне впадины, севернее участка работ, выделяются среднефранский, фаменско-турнейский, верхневизейско-нижнебашкирский и верхнемосковско-нижнепермский седиментационные карбонатные уступы, которые являются южными бассейновыми склонами краевых (барьерных) рифовых построек.

Такое тектоническое строение района обусловлено цикличностью осадконакопления и эвстатическими колебаниями уровня мирового океана.

На протяжении геологической истории в рассматриваемом регионе установлен ряд фаз тектогенеза и сопутствующих структуроформирующих движений различной интенсивности. Среди них структуроформирующие подвижки среднепозднефранского и позднефранско-фаменского времени, предъюрские и преднеогеновые. Как полагают некоторые исследователи, предъюрские движения сформировали достаточно расчлененный структурный план подсоевых отложений и явились толчком, благодаря которому начался интенсивный рост соляных куполов.

Солянокупольная тектоника сформировала сложнопостроенный структурный план пермотриасовых и юрско-палеогеновых отложений и привела к образованию погребенных межкупольных поднятий, структур примыкания надсоевых отложений к соляным штокам, соляных карнизов, системы радиальных, концентрических и продольных сбросов, тектонически экранированных структур в присводовых частях куполов и др.

Осадочный чехол в пределах рассматриваемой территории представлен отложениями палеозойской, мезозойской и кайнозойской эратем. В основании залегает архейский кристаллический фундамент и протерозойские отложения, которые в пределах площади работ скважинами не вскрыты.

Изучаемая площадь работ располагается в пределах Прикаспийской нефтегазоносной провинции. Здесь условно выделяются два нефтегазоносных мегакомплекса – надсолевой и подсолевой.

В подсолевой части разреза, к северу от площади отчетных работ выявлены Карпенское, Павловско-Милорадовское и Липовское нефтегазовое, Ждановское, Краснокутское газовые месторождения, приуроченные к структурам облекания над рифовыми постройками московско-артинского карбонатного уступа. Пласты-коллекторы представлены доломитами, залегающими среди ангидритов.

В надсолевых отложениях непосредственно на территории работ и вблизи нее в 1964-1966 гг. были открыты Таловское, Спортивное и Старшиновское газовые месторождения. Куриловское нефтяное месторождение открыто в 1972 г.

В пределах Старшиновского, Таловского и Спортивного месторождений продуктивный горизонт представлен разнотекстурными песчаниками титонского яруса верхней юры. Тип залежи пластовый, сводовый. На Спортивном месторождении – залежь тектонически экранированная.

В надсолевой части разреза, кроме пластовых сводовых ловушек УВ, приуроченных к вершинам соляных куполов, возможны и ловушки, сформированные нависающими карнизами («козырьками») соли.

Данные о глубинном строении базируются на результатах бурения, сейсморазведочных работ прошлых лет, ВСП и акустического каротажа.

Скоростные характеристики надсолевого комплекса определялись по скважинным данным. Кайнозойские отложения характеризуются набором тонких пластов с небольшими перепадами скоростей. Среднепластовая

скорость, в зависимости от мощности отложений, варьирует от 1700 м/с до 1900 м/с.

Мезокайнозойский комплекс соответствует области глубоких мульд. Среднепластовая скорость в данном комплексе для мела изменяются от 1950 м/с до 2600 м/с, для юры– от 2300 м/с до 3000 м/с.

Триасовая система в пределах рассматриваемой площади представлена в основном нижним и средним отделами. Сейсмические скорости в отложениях пермо-триаса, в зависимости от глубины мульд, составляют 3400-4200 м/с.

Второй раздел «Методика работ». Гармонические колебания являются простейшим, но очень важным типом колебаний. Реальное сейсмические сигналы не являются гармоническими. В их состав входят колебания, характеризующиеся различными амплитудами и частотами. Для анализа сложных колебаний используется теорема Фурье (формула 1).

$$S(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} F(t)e^{-i\omega t} dt \quad (1)$$

Свёртка – это математическая операция, которая двум функциям ставит в соответствие определённым образом вычисленную третью. Свёртка очень важна в электротехнике, так как с её помощью описывается реакция линейной системы на входное воздействие. Не менее важна она в сейсмике, поскольку в очень широком диапазоне условий земная толща ведет себя как линейная система.

Авто- и взаимно- корреляционная функция играют центральную роль в изучении временных рядов вообще и в сейсморазведке в частности. Взаимно-корреляционные функции используются обычно для количественно оценки подобия между двумя временными рядами как функции временного сдвига между ними. Автокорреляционная функция – это просто частный случай взаимно-корреляционной. Она измеряет степень подобия между временным

рядом и его сдвинутой по времени копией как функцию от величины этого сдвига.

Для анализа коротких временных последовательностей существуют более сложные приемы спектрального анализа. Можно воспользоваться более сложным приёмом спектрального анализа, а именно применить теорему Винера-Хинчина, вычислив энергетический спектр.

Вейвлет-преобразование – интегральное преобразование, которое представляет собой сверку вейвлет-функции с сигналом. Вейвлет-преобразование переводит сигнал из временного представления в частотное-временное.

Главное преимущество вейвлет-преобразование — это то что временное разрешение увеличивается с частотой, при использовании оконного преобразования Фурье невозможно одновременно обеспечить хорошее разрешение по времени и по частоте. Чем уже окно, тем выше разрешение по времени и ниже разрешение по частоте. Разрешение по осям является постоянным. Это нежелательно для ряда задач, в которых информация по частотам распределена неравномерно.

Для разработки программы расчета спектральных характеристик сейсмических записей был использован язык программирования Python.

Python – высокоуровневый, объектно-ориентированный, тьюринг-полный, интерпретируемый язык программирования, предназначенный для решения самого широкого круга задач. С его помощью можно обрабатывать числовую и текстовую информацию, создавать изображения, работать с базами данных, разрабатывать веб-сайты и приложения с графическим интерфейсом. Python – язык кроссплатформенный, он позволяет создавать программы, которые будут работать во всех операционных системах.

Третий раздел «Ожидаемые результаты работ». При изучении любого геофизического метода, опробовании нового алгоритма или программы необходимо выполнить их тестирование на модельных либо эталонных данных, учитывающих всю существенную для решения

геологической задачи информацию и, вместе с тем, достаточно простых по строению. Только после получения удовлетворительных результатов по эталонным данным, можно переходить к работе с более сложными реальными данными. В качестве таких эталонных данных был использован синтетический полигармонический сигнал, состоящий из косинусоидальных составляющих с частотами 10, 50 и 100 Гц.

Ниже представлен рисунок 1, полученный в программе, написанной на языке Python.

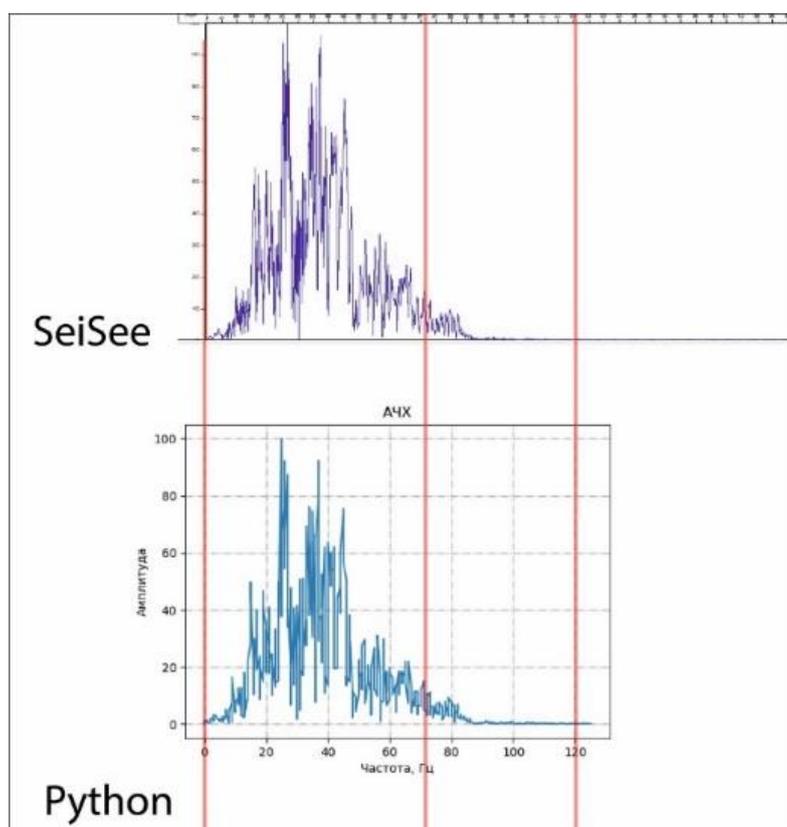


Рисунок 1 - Амплитудно-частотный спектр для 505 трассы (а – АЧХ полученный в SeiSee; б – АЧХ полученный через программу написанной на Python; красными цветом показаны линии корреляции)

Спектральный анализ был проведен по сейсмостратиграфическому интервалу разреза которому соответствует отражающий горизонт, отождествляющий с подошвой меловых отложений. Анализ был проведен по 303 трассе, интервал времени 1050-1350 мс.

На рисунке 2 отображены три графика амплитудно-частотных спектров.

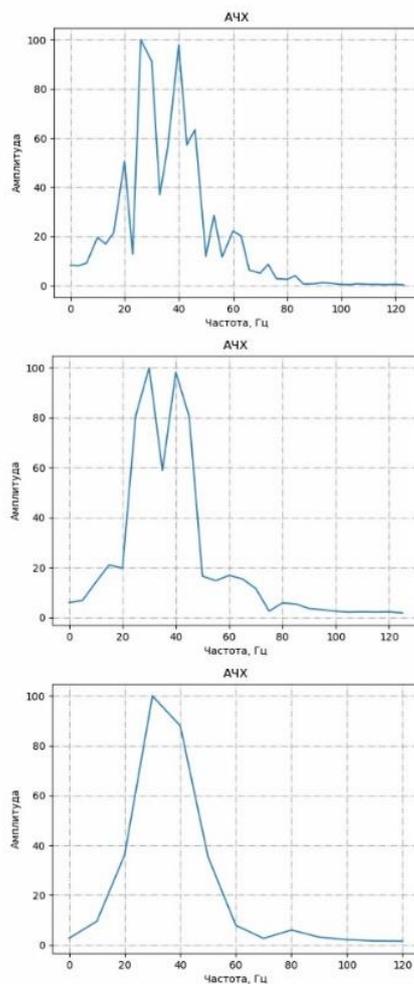


Рисунок 2 - Амплитудно-частотный спектры для подошвы меловых отложений с разными временными интервалами и количеством отсчётов

В данной бакалаврской работе используется теорема Винера-Хинчина. Чтобы применить теорему, нужно взять исходный фрагмент трассы, 100 мс который содержит 50 отсчётов, вычислить функцию автокорреляции (ФАК). ФАК вычисляется по тому же принципу что и ФВК, только там было две разные функции $\{x\}$ и $\{y\}$, в случае ФАК будет две одинаковые функции $\{x\}$. Теорема Винера-Хинчина говорит о том, что энергетический спектр сигнала равен преобразованию Фурье от ФАК. Поскольку ФАК является четной функцией, ряд Фурье содержит только косинусы. Ниже представлен рисунок 3 являющийся результатом применения теоремы Винера-Хинчина.

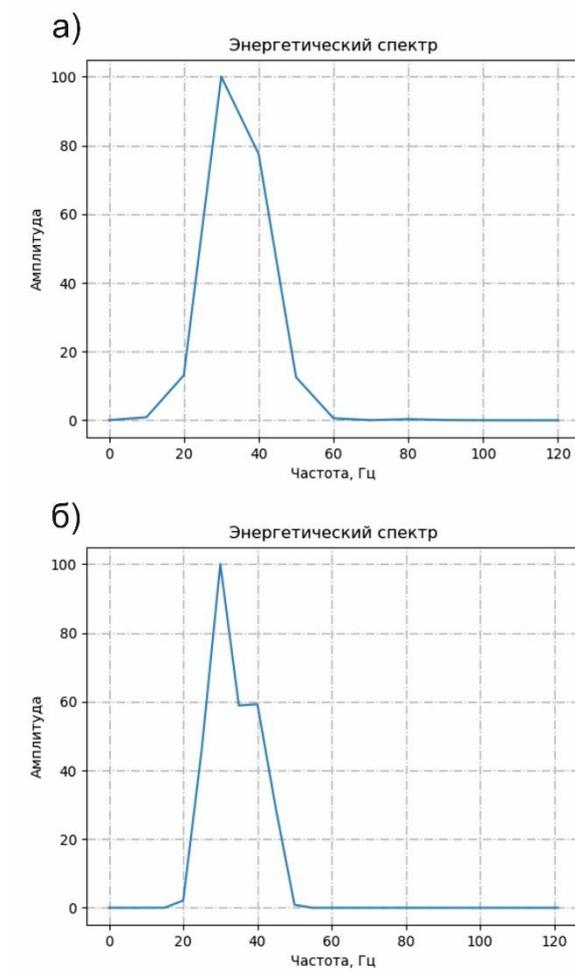


Рисунок 3 - Энергетический спектр

(а – фрагмент трассы, содержащий 50 отчетов; б – фрагмент трассы к которому применена теорема Винера-Хинчина)

Заключение. В ходе написания бакалаврской работы были решены следующие задачи:

- удалось ознакомиться с геологическим строением территории исследований;

- был разработан код программы расчета спектральных характеристик сейсмических записей на языке программирования Python;

- возможности программы были опробованы на синтетическом сигнале;

- был проведен спектральный анализ трасс реального временного разреза, преобладающая частота оказалась равной 22 Гц;

- спектральный анализ сейсмических трасс в надсолевой и подсолевой частях разреза показал, что надсолевая часть разреза характеризуется более высокими частотами, в отличие от подсолевой части;

- применение теоремы Винера-Хинчина положительно отразилось на построении энергетического спектра, повысив разрешающую способность, появилась возможность обнаружить 2 пика.

Разработанная программа на сегодняшний день актуальна и конечно требует доработок, заключающихся в оптимизации, повышении скорости обрабатывания данных, создания оконного приложения, добавления новых алгоритмов, помогающих решить задачи изучения динамических характеристик сейсмических данных.