

СЕЙСМИЧЕСКАЯ АНИЗОТРОПИЯ В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА

Мизинова Виктория Владимировна

Геологический ф-т МГУ, Москва, yoangel@rambler.ru

Изучение анизотропии упругих свойств твердых сред наиболее важно, так как с этими характеристиками связано поведение и изменение под нагрузкой большого числа разнообразных элементов конструкций, природных объектов и материалов. Изучение анизотропии даёт важную дополнительную информацию о строении и генезисе геологического объекта.

Цель моей работы: изучить литературу по анизотропии, определить коэффициенты анизотропии на конкретных образцах и моделях, выяснить как соотношение длины волны и толщины прослоев (λ/h) тонкослоистой модели влияет на проявление анизотропии. Экспериментальные данные могут быть использованы при обработке полевых данных для определения причин анизотропии, таких как преобладающая ориентировка отдельных кристаллических зерен, упорядоченная трещиноватость, тонкая слоистость.

В докладе представлена история изучения анизотропии, показано как менялось отношение к проблеме сначала просто упругой, а потом и сейсмической анизотропии, данные лабораторных работ по физическому моделированию тонкослоистой среды.

Анизотропия — зависимость физических свойств вещества (механических, тепловых, электрических, магнитных, оптических) от направления.

Под сейсмической анизотропией понимается зависимость скоростей распространения и поляризации волн в горных породах от направления их распространения [2].

Тонкослоистость является типичным проявлением анизотропии, причем степень анизотропии пропорциональна диапазону вариации скоростей от одного тонкого слоя к другому. Слои, "толстые" по отношению к длине волны, не создают анизотропии, хотя диапазон вариации скоростей от одного толстого слоя к другому может быть таким же или более значительным, чем в тонких слоях: каждый из толстых слоев волна проходит с "его" скоростью независимо от направления распространения. Среда является анизотропной, когда длина распространяющихся волн гораздо больше мощности прослоев, составляющих тонкослоистую среду. Анизотропия, обусловленная тонкослоистостью, называется квазианизотропией - хотя она может превышать по величине создаваемого эффекта все другие проявления анизотропии среды. Так как мощность слоев - непрерывная величина (и сам сейсмический импульс занимает довольно широкий и непрерывный диапазон частот), квазианизотропия может проявляться по-разному в зависимости от колебаний мощности слоев и частотного состава сейсмического импульса [1].

Существенную роль в формировании квазианизотропных свойств реальных сред играют весьма тонкие прослойки мощностью $h_i \leq 0,1 \lambda$ [3].

Параметры анизотропии зависят от параметров слоистости, трещиноватости, литологии пород, составляющих породный скелет, и материала, заполняющего включения. Анизотропия скоростей нагляднее всего отображается *индикатрисами* фазовых и групповых скоростей волн разных типов - зависимостями скоростей волн разных типов от углов между нормалью к фронту или лучом и направлением оси симметрии, соответственно. При этом модуль вектора скорости равен ее значению в заданном направлении [2].

Экспериментальные исследования анизотропии скоростей упругих волн в реальных средах проводятся на объектах различного масштаба и в существенно различных частотных диапазонах. Широко распространены исследования анизотропии на образцах различных горных пород в ультразвуковом диапазоне частот.

Ультразвуковое моделирование применяют для изучения особенностей распространения волн в реальных средах и характера отображения в поле упругих колебаний изменений, происходящих в массиве при развитии гидрогеологических и инженерно-геологических процессов [4].

Многочисленными были проведены опыты по определению коэффициента анизотропии на конкретных образцах и моделях.

На рис. 1 и 2 приведены диаграммы скоростей Р-волн в пластмассе и интрузивной породе, представленной гранито-гнейсом с системой трещин, ориентированной 270^0-90^0 . Измерения проводились на частоте 60 кГц.

Физически пластмассы представляют собой гетерофазные материалы с изотропными (одинаковыми во всех направлениях) физическими макросвойствами. Как и ожидалось, образец оказался изотропным (рис.1).

Анизотропия характерна для интрузивов, которые могут быть растресканы. При формировании породы перетоки вещества также влияют на анизотропность. Скорость вдоль трещин всегда больше, чем скорость поперек трещин. Так как вдоль трещин волна бежит по стенкам породы, а поперек – волне нужно пробегать породу-воздух-породу. На рис. 2 видно, что эллипс вытягивается по направлению системы трещин. Отношение большой полуоси к малой 1,54.

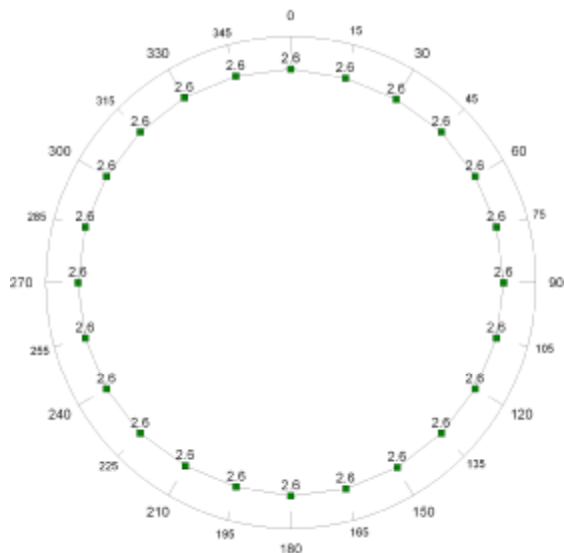


Рис. 1. Диаграмма скоростей Р-волн в пластмассе.

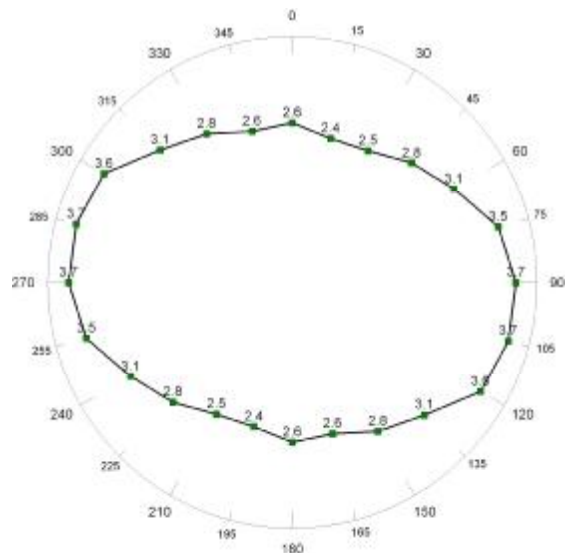


Рис. 2. Диаграмма скоростей Р-волн в гранито-гнейсе.

На рис. 3 и 4 приведены диаграммы скоростей Р-волн в двух слоистых моделях. Первая модель состоит из чередования 13 слоев оргстекла с одинаковой толщиной (3,72 мм), склеенных между собой эпоксидным клеем. Посмотрим, будут ли отличаться измерения слоистой модели от измерений на цельном оргстекле.

Вторая модель состоит из чередования двух слоёв прямоугольной формы, склеенных между собой эпоксидным клеем:

1 слой: дюралюминий (7 пластин), толщина пластины 4.8 мм.

2 слой: оргстекло (6 пластин), толщина пластины 3.92 мм.

Моей задачей является выяснить как соотношение длины ультразвуковой волны и толщины прослоев влияет на проявление анизотропии модели.

Измерения проводились на разных частотах: от 60 кГц до 1 МГц.

Первая слоистая модель во всём диапазоне частот (от 60 кГц до 1 МГц) является однородной средой. Длина волны менялась в 20 раз, а скорость осталась неизменной и независимой от направления. Полученные результаты измерений слоистой модели не отличаются от результатов измерений на цельном оргстекле. Можно сделать следующие выводы:

Эпоксидный клей, которым склеена модель, никак не оказывает влияние на изменение скоростей.

С точки зрения техники экспериментов, для создания модели необязательно нужно искать материал определенной толщины и высоты, можно просто создать эту модель из тонких пластин этого же материала.

Из рис. 4 мы видим, что вторая слоистая модель анизотропная. Отношение большой полуоси к малой 1,52.

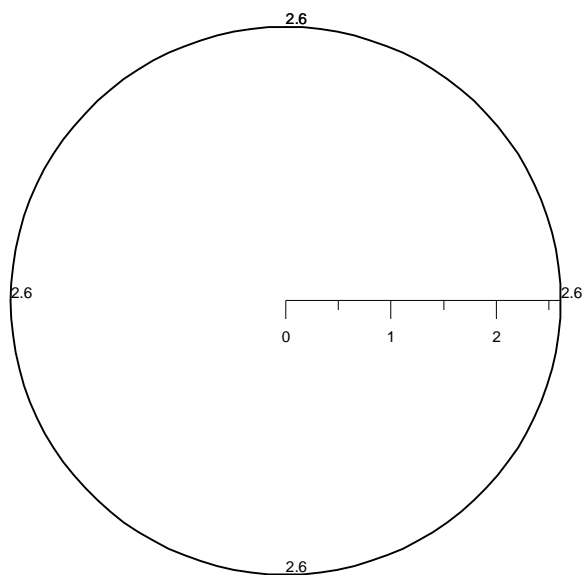


Рис. 3. Диаграмма скоростей Р-волн в слоистой модели 1. Частота измерений 60 кГц.

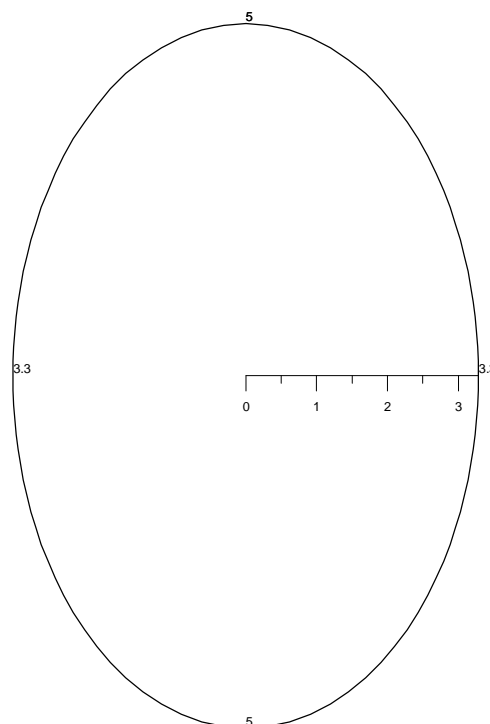


Рис. 4. Диаграмма скоростей Р-волн в слоистой модели 2. Частота измерений 60 кГц.

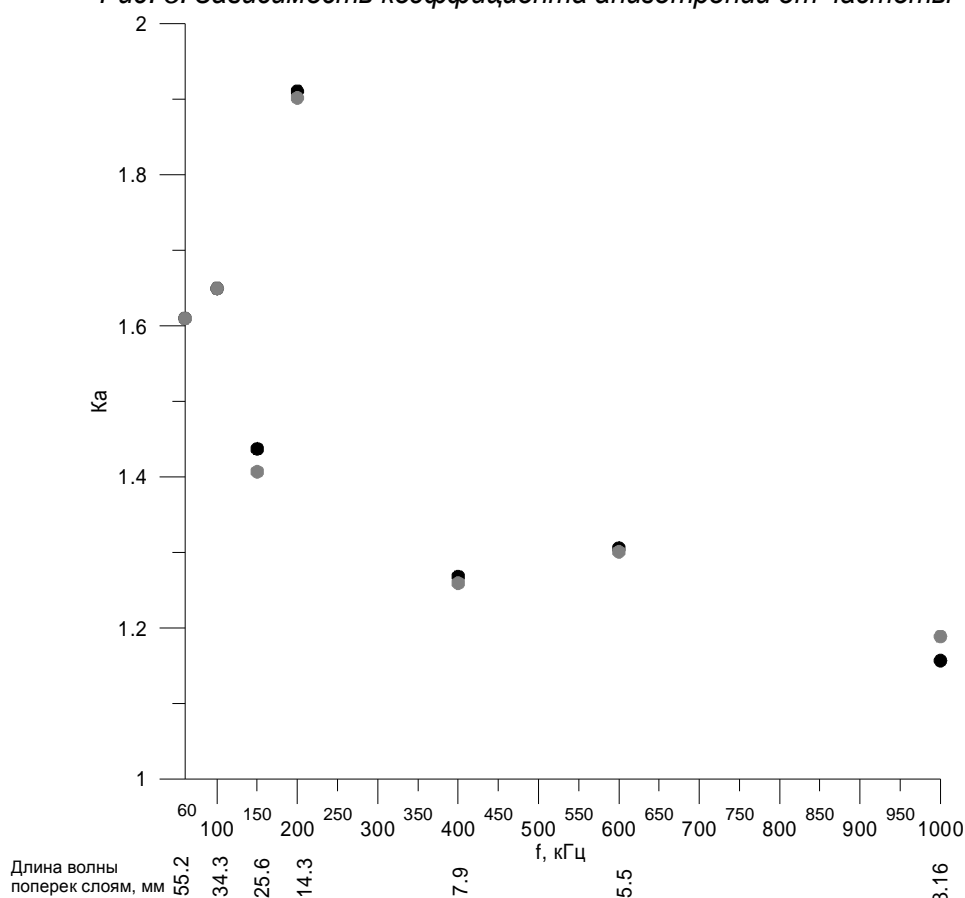
На диапазоне частот до 1250 кГц с ростом частоты наблюдается уменьшение анизотропности модели (рис. 5). Отношение большой полуоси эллипса к маленькой падает с 1,91 до 1,16.

На графике наблюдается нелинейная зависимость коэффициента анизотропии от частоты. В теории всё должно быть гладко, а на практике оказывается не так.

Разработка методов физического моделирования волновых процессов является необходимым звеном в объективном познании весьма трудных в исследовании процессов распространения сейсмических волн. Поэтому, несмотря на развитие теоретических методов изучения явлений распространения волн и огромные успехи вычислительной техники, экспериментальные исследования волн остаются и будут оставаться неотъемлемой составной частью изучения рассматриваемых явлений [4].

Сегодня анизотропия — важная проблема в геофизических исследованиях, и каждому геофизику необходимо обладать знаниями в этой области.

Рис. 5. Зависимость коэффициента анизотропии от частоты



Литература:

1. Козлов Е.А. «Модели среды в разведочной сейсмологии», Тверь, Изд-во ГЕРС, 2006. 480 стр.
2. Кузнецов В.М., Жуков А.П. и др. «Введение в сейсмическую анизотропию: теория и практика», Тверь, ООО Издательство «ГЕРС» 2006.
3. Невский М.В. «Квазианизотропия скоростей сейсмических волн», Изд-во «Наука», 1974.
4. Ошкин А. Н. Учебное издание, "Многоволновая сейморазведка. Ультразвуковые исследования в лаборатории", Геологический факультет, 2008.