

ВЛИЯНИЕ АНИЗОТРОПИИ ЛЬДА НА ФРОНТЫ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН

А.А. Ислямова, Н.А. Мельникова

Научный руководитель профессор М.М. Немирович-Данченко

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск, Россия*

Развитие инфраструктуры в арктических условиях требует проведения специальных исследований как промерзлого грунта, так и собственно льда – пресноводного и морского [3]. В этих исследованиях существенную роль отводят геофизическим методам, в частности акустическому просвечиванию. В [3] подчеркивается, что формулы, таблицы и номограммы, относящиеся к методологии акустического просвечивания, справедливы лишь для изотропных сред. Для анизотропных сред требуется знание коэффициента анизотропии, то есть параметров эллиптичности волнового фронта. В данной работе рассмотрена задача построения фронтов для анизотропных сред (на примере монокристаллов льда). Для изотропных сред эта задача является тривиальной. В случае же реальных геосред (неоднородных, слоистых, первично-анизотропных, блочных и т.п.) построение фронтов сопряжено с рядом вычислительных особенностей.

Следуя [5], будем рассматривать двумерные волновые картины для гексагональных кристаллов для случая, когда ось Z совмещена с главной осью анизотропии. Корни биквадратного уравнения Кристоффеля

$$\begin{vmatrix} \Gamma_{11} - v^2 & \Gamma_{13} \\ \Gamma_{13} & \Gamma_{33} - v^2 \end{vmatrix} = 0 \quad (1)$$

выглядят так:

$$v_{1,2} = \sqrt{\frac{\Gamma_{11} + \Gamma_{33} \pm \sqrt{(\Gamma_{11} - \Gamma_{33})^2 + 4\Gamma_{13}^2}}{2\rho}}, \quad (2)$$

где ρ – это плотность, а тензор Кристоффеля имеет вид:

$$\Gamma_{11} = \begin{pmatrix} c_{11}m_x^2 + c_{55}m_z^2 & (c_{13} + c_{55})m_xm_z \\ (c_{13} + c_{55})m_xm_z & c_{55}m_x^2 + c_{33}m_z^2 \end{pmatrix}$$

При вычислениях по формуле (2) следует иметь в виду, что угол θ в плоскости (x, z) отсчитывается от оси Z, поэтому для вектора волновой нормали имеем $m_x = \sin(\theta), m_z = \cos(\theta)$.

Таблица 1

Константы C_{ij} для ряда гексагональных кристаллов

Вещество	C_{11}	C_{13}	C_{33}	C_{55}	ρ
Лёд	13,84	5,81	14,99	3,19	919
Цинк	165	50,1	62	39,6	7100
Кобальт	307	103	358	75,5	8900
Апатит	167	66	140	66,3	3200
Графит	1109	0	38,7	4,95	2267

В таблице 1 приведены константы C_{ij} для ряда гексагональных кристаллов (компоненты c_{ij} даны в ГПа, плотность в кг/м^3).

На рис. 1 приведен результат расчета волнового фронта для тела, сложенного из разноориентированных монокристаллов льда. В случае изотропной среды фронт был бы нормален направлению падения и прямолинеен. В каждом кристалле происходит изменение направления распространения фронта, что хорошо видно на рисунке. Отдельные аспекты расчета фронтов лучевых поверхностей обсуждаются в работе [1], метод расчета изложен в работе [4]. Применение численного метода из [4] для многолетнемерзлых пород рассмотрено в [2].

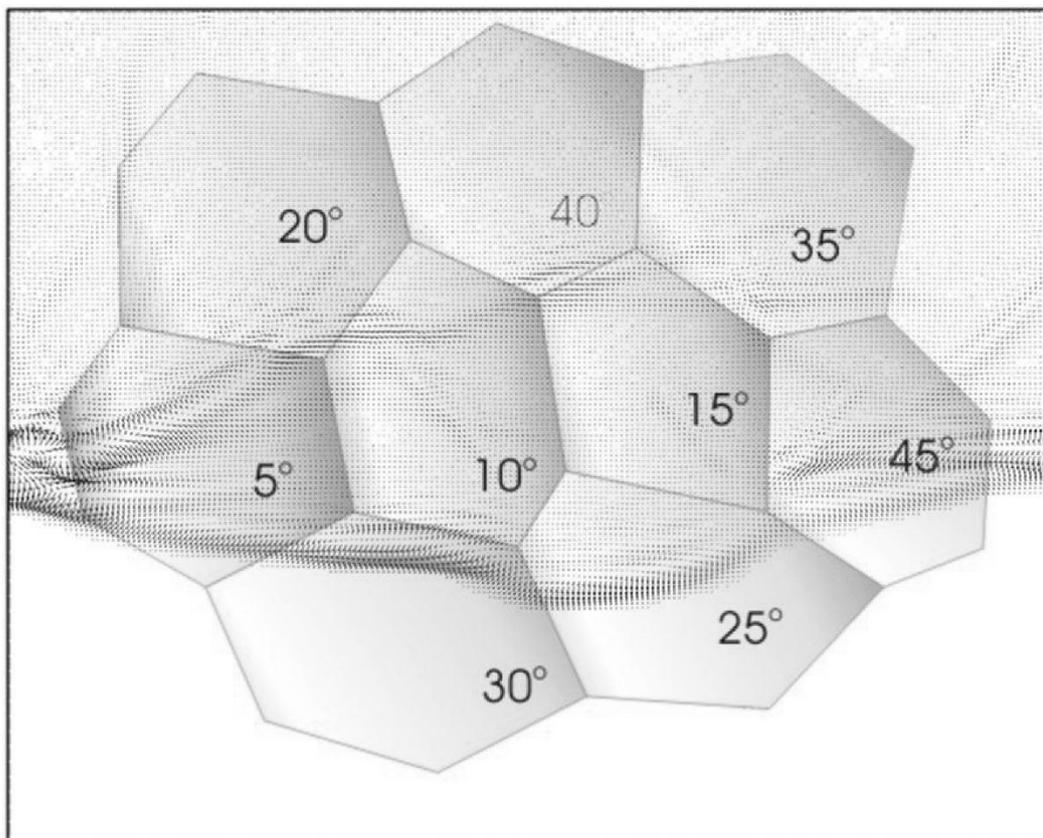


Рис. 1 Искривление первоначально прямого фронта продольной волны в конгломерате из монокристаллов льда.

Изложенная методология может быть использована на стадии камерального изучения грунтов в арктических условиях, при анализе временных сейсмических разрезов, при оценке особенностей распространения сейсмических волн в неизотропных средах.

Литература

1. Postma G. W. Wave propagation in a stratified medium // Geophysics, Vol. 20, No. 4 (October, 1955), pp. 780-806
2. Немирович-Данченко М.М., Стефанов Ю.П. Применение конечно-разностного метода в переменных Лагранжа для расчета волновых полей в сложнопостроенных средах // Геология и геофизика. - 1995. Т. 36. - № 11. - С. 96-105.

3. Рекомендации по лабораторному изучению строения мерзлых грунтов. ПНИИС, М., Стройиздат, 1984.
4. Уилкинс М.Л. Расчет упругопластических течений // Вычислительные методы в гидродинамике. - М.: Мир, 1967. - С. 212 - 263.2. Федоров Ф.И. Теория упругих волн в кристаллах. М.: Наука, 1965. 300 с.
5. Федоров Ф.И. Теория упругих волн в кристаллах. М.: Наука, 1965. 300 с.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО СИГНАЛА НА АРКТИЧЕСКОМ МЕЛКОВОДЬЕ

М.В. Наумова

Научный руководитель профессор М.М. Немирович-Данченко

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск, Россия*

Бурное развитие морской сейсморазведки сопровождается не только постоянным увеличением объемов работ, но и непрерывным повышением сложности решаемых задач. В последнее время растет объем работ на мелководье. Еще относительно недавно сейсморазведочные работы на мелководье носили разовый характер, проводились с опытно-методическими целями или не проводились вообще (например, на предельном мелководье), то сейчас начинает активно осваиваться даже такая сложная область как переход от суши к морю – так называемая транзитная зона.

Известные площади мелководных зон довольно велики. Согласно данным [2], общая площадь шельфа РФ с глубинами моря до 20 м составляет более 700 тыс. км², при этом более 130 тыс. км² занимает предельное мелководье – первые метры глубины. Значимая часть этих площадей имеет очень высокие перспективы нефтегазоносности, где проведение разведочных работ представляется наиболее важным.

Часто под термином мелководье подразумевают различные глубины. Так, в задачах океанологии глубина 200 м – это мелководье. С другой стороны, средняя глубина внешнего края шельфа Мирового океана – 132 м – это средняя глубина мелководья. Северное море, наиболее изученное с геофизической точки зрения, считается мелководным, более 2/3 моря имеет глубину менее 100 м (в Северном море разработка британского месторождения Леман-Банк ведётся на глубине 30 м, Фортис — 115 м, Берил — 125 м, а норвежского Экофиск — на глубине 70 м).

Для наших условий принято считать мелководьем глубины до 20 м (платформа Приразломная расположена как раз на таком участке Баренцева моря). Глубины до 6-7 метров иногда называют предельным мелководьем, а зону с глубинами от 0 до 6 метров – переходной, или транзитной зоной.

Основная проблема при работах на море вообще, и на шельфе в частности – это относительная дороговизна закладки скважин. Поэтому для выполнения качественной инверсии желательно повысить разрешающую способность сейсмических данных. Это, в свою очередь, влечёт за собой требования к расширению частотного диапазона регистрируемых сигналов [1]. Главным фактором, препятствующим расширению диапазона регистрируемых сигналов в морской сейсморазведке, является дополнительное отражение-спутник от границы “вода – воздух”. Именно оно увеличивает длительность элементарного сигнала, а значит, сужает его спектр.