

## Акустические волны на границе раздела водонасыщенных и гидратонасыщенных песчаных пород горизонтальной и вертикальной поляризации

Галиакбарова Э.В.<sup>1</sup>, Каримова Г.Р.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа,

<sup>2</sup>Институт механики им. Р.Р. Мавлютова УФИЦ РАН, Уфа

Природные газогидраты образуются при высоких давлениях и низких температурах, большая часть которых сосредоточена в водоемах мирового океана. Газогидраты метана являются перспективным источником энергии углеводородного сырья, поэтому построение математических моделей акустических волн на границе раздела водонасыщенных и гидратонасыщенных пород позволит более детально развивать теоретические основы освоения подобных залежей и определять масштабы таких пластов [1, 2]. В работе [3] предложена карта возможных режимов разложения гидратов в природных пластах.

По лабораторным исследованиям акустических особенностей газогидратных пород [4] рассматривалась задача распространения плоской гармонической волны вертикальной (рис. 1 а) и горизонтальной (рис. 2 б) поляризации на границе раздела между пористой средой, насыщенной гидратом метана, и пористой средой, насыщенной водой [5]. Полагается, что источник возбуждения поверхностной волны находится достаточно далеко от плоскости раздела, насыщенные пористые среды приняты упругим изотропным телом. Математическая модель включает волновые уравнения для потенциалов скоростей (векторных и скалярных), с учетом компонент векторов смещения и напряжения частиц среды, для граничных сред записаны условия непрерывности смещений и напряжений.

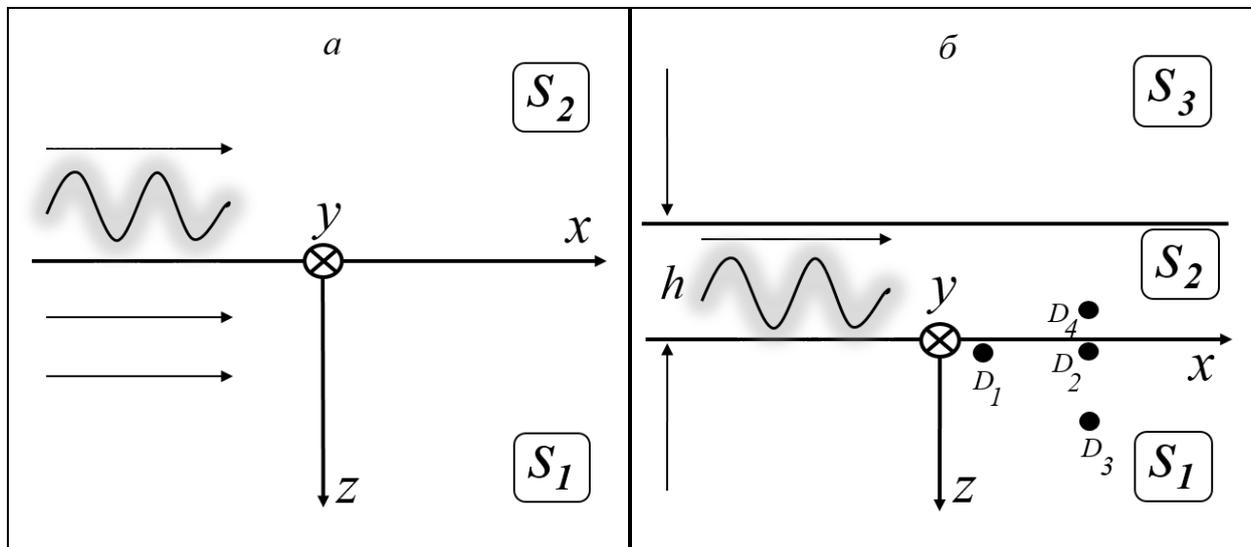


Рис. 1. Схемы распространения волны вертикальной (а) и горизонтальной (б) поляризации

По лабораторным данным [4] проведен аналитический и численный анализ дисперсионных уравнений. Для волн вертикальной поляризации выделены случаи, когда получаются тривиальные решения ( $C=0$ ) для скорости поверхностных волн и классические решения для скорости волны Стоунли. При распространении поперечной волны горизонтальной поляризации между пористой средой, насыщенной гидратом и слоем пористой среды толщины  $h$ , насыщенным водой, в таком случае получено, что волна может локализоваться в слое водонасыщенного песка. Построена динамика импульсного сигнала с применением алгоритма быстрого преобразования Фурье при длине волны превосходящей толщину слоя в 8 раз. Предлагается определять наличие гидрата в насыщенном песке на дне водоемов по глубине проникания и изменению скорости.

## Список литературы

- [1] Шагапов В.Ш., Рафикова Г.Р., Каримова Г.Р. «Динамика волн Стоунли на границе «вода – насыщенный водой или газогидратом песок»» // Инженерно-физический журнал. 2022. Т. 95. № 4. С. 869-875.
- [2] Galiakbarova E.V., Karimova G.R., Rafikova G.R. Dynamics of Sonic Wave under Reflection and Transmission at the Interface of Water and Sand Saturated with Water or Gas Hydrate // Lobachevskii Journal of Mathematics. 2023. Vol. 44. No. 5. Pp. 1621–1628.
- [3] Шагапов В. Ш., Сыртланов В.Р., Галиакбарова Э. В. Анализ возможных режимов разложения газовых гидратов в природных пластах // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 1997. – №. 6. – С. 101.
- [4] Дучков А.Д., Дучков А.А., Дугаров Г.А., Дробчик А.Н. Скорости ультразвуковых волн в песчаных образцах, содержащих воду, лед или гидраты метана и тетрагидрофурана // Доклады Академии наук. 2018. Т. 478, № 1. С. 94-99.
- [5] Галиакбарова Э.В., Каримова Г.Р. Поверхностные акустические волны на границе двух пористых сред, насыщенных гидратом метана и водой (льдом) // Прикладная механика и техническая физика. 2024. DOI 10.15372/PMTF202315419.