

УДК 621.3

**ФАЗОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ СРЕДЫ  
НАД УГЛЕВОДОРОДНЫМИ ЗАЛЕЖАМИ  
В РЕЖИМЕ ЧАСТОТНО-МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ**

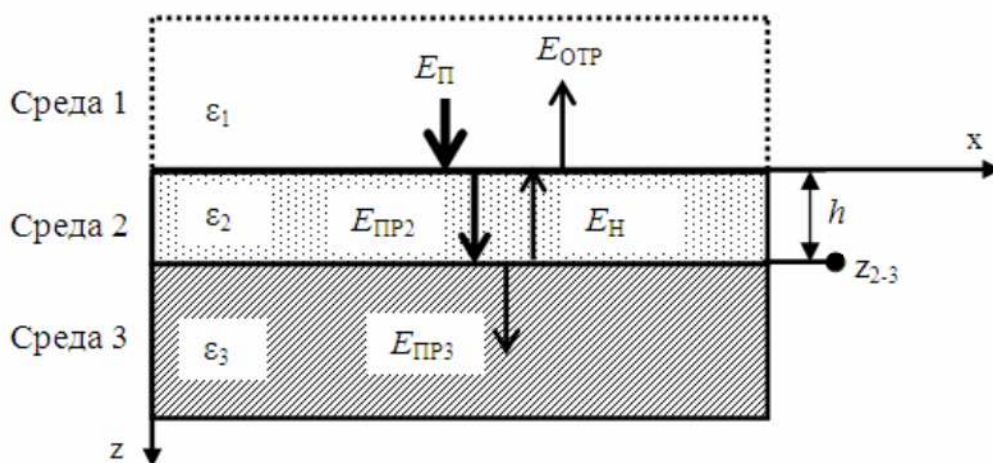
**Е.Р. АДАМОВСКИЙ**

*(Представлено: канд. техн. наук, доц. В.Ф. ЯНУШКЕВИЧ)*

*Рассматриваются фазовые характеристики диэлектрической проницаемости среды над углеводородными залежами в режиме частотно-модулированных сигналов. Анализируются взаимодействия анизотропного слоя плазмopodobного типа с ЭМВ в режиме ЧМ-сигналов.*

Актуальность рассматриваемых в настоящей работе задач заключается в усовершенствовании существующих электромагнитных методов (ЭММ) георазведки и разработке новых методов поиска, идентификации месторождений нефти и газа (углеводородов), являющихся стратегическим видом полезных ископаемых и определяющих широкий спектр глобальных экологических вопросов современного общества [1–3]. Исследование фазовых характеристик взаимодействия электромагнитных волн (ЭМВ) с углеводородными залежами (УВЗ) в режиме частотно-модулированных (ЧМ) сигналов может быть использовано в поисковой геофизике для повышения точности и уровня достоверности ЭММ обнаружения залежей нефти и газа.

**Объекты и методы исследования.** Модель многослойной среды включает слой 2 толщиной  $h$  с плоскими границами раздела, имеющий относительную диэлектрическую проницаемость  $\epsilon_2$ , расположенный между полубесконечными средами 1 и 3 с относительными диэлектрическими проницаемостями  $\epsilon_1 = 1$  и  $\epsilon_3$  (рис. 1).



**Рисунок 1. – Фрагмент слоистой среды и отражения электромагнитной волны**

На границу раздела сред 1 и 2 нормально падает ЭМВ с напряженностью поля  $E_{\Pi}$ . Во вторую среду проникает волна  $E_{\Pi P2}$ , в третью среду проникает волна  $E_{\Pi P3}$ , от нижней границы слоя 2 отражается волна  $E_H$ , от границы слоя 1 отражается волна  $E_{OTR}$ . На границе 2 и 3 сред образуется импеданс  $Z_{2,3}$ .

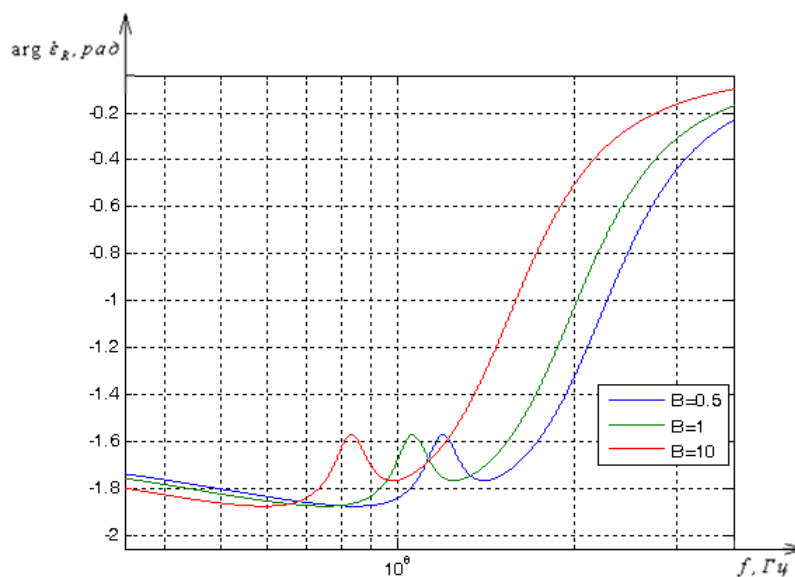
**Результаты исследования**

Проведен анализ фазовых характеристик диэлектрической проницаемости среды над УВЗ (рис. 2, 3) для радиосигнала с тональной ЧМ вида

$$e(t) = E_2 \cos(\omega_2 t + \beta \sin \omega_1 t), \quad (1)$$

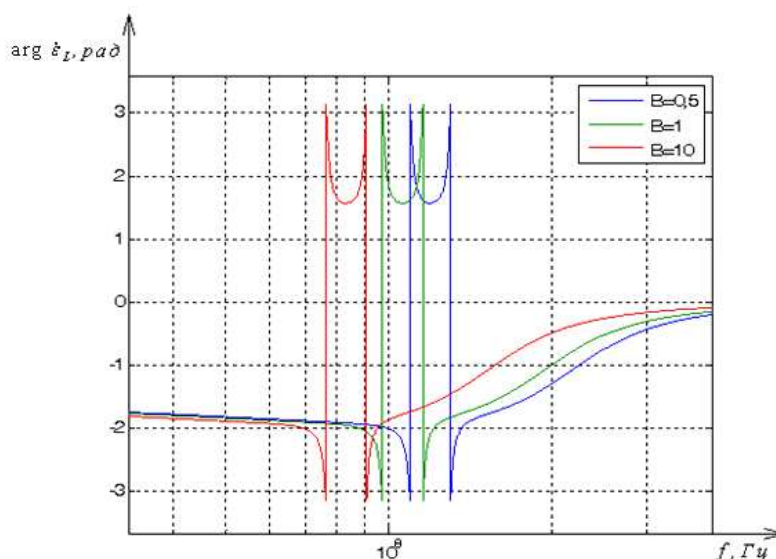
где  $E_2$  и  $\omega_2$  – соответственно амплитуда и частота несущего колебания;  $\omega$  – модулирующая частота;

$\beta = \frac{\Delta\omega}{\omega_1} \epsilon_2$  – индекс модуляции;  $\Delta\omega$  – девиация частоты.



1 – для  $\beta = 0,5$ ; 2 – для  $\beta = 1$ ; 3 – для  $\beta = 10$

Рисунок 2. – Зависимости  $\arg \dot{\epsilon}_R \Phi(f_2)$



1 – для  $\beta = 0,5$ ; 2 – для  $\beta = 1$ ; 3 – для  $\beta = 10$

Рисунок 3. – Зависимости  $\arg \dot{\epsilon}_L \Phi(f_2)$

Характер фазочастотных характеристик  $\dot{\epsilon}_R$  и  $\dot{\epsilon}_L$  для различных  $\beta$  не изменяется. При этом с ростом индекса модуляции частота, на которой  $\dot{\epsilon}_{R,L} = 0$ , соответствующая ВЧ-резонансу, уменьшается.

**Заключение.** Проведен анализ взаимодействия анизотропного слоя плазмopodobного типа с ЭМВ в режиме ЧМ-сигналов. Вариация характеристик зондирующих сигналов позволяет повысить информативность методов оконтуривания и выделения УВЗ. Исследована трансформация фазовых характеристик отраженных ЭМВ от АС. Результаты исследования могут быть исследованы в поисковой геофизике.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Moskvichew, V.N. Interaction of electromagnetic waves (EMW) with anisotropic inclusion in communication line / V.N. Moskvichew // 9-th Microw. Conf. NICON-91, Rydzyna, May 20–22, 1991. – Vol. 1. – P. 240–244.
2. Финкельштейн, М.И. Применение радиолокационного подповерхностного зондирования в инженерной геологии / М.И. Финкельштейн, В.А. Кутев, В.П. Золоторев. – М.: Недра, 1986. – 182 с.
3. Москвичев, В.Н. Исследование взаимодействия электромагнитных волн с углеводородной залежью / В.Н. Москвичев // Радиотехника и электроника. – Минск: Высш. школа, 1989. – Вып. 18. – С. 91–96.