

УДК 621.3

**ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ СРЕДЫ НАД УГЛЕВОДОРОДНЫМИ ЗАЛЕЖАМИ
В РЕЖИМЕ ЧАСТОТНО-МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ**

Е.Р. АДАМОВСКИЙ

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

Рассматриваются вопросы взаимодействия частотно-модулированных сигналов с анизотропными средами над углеводородными залежами. Используется вертикальная поляризация электромагнитных волн. Даны рекомендации по использованию оптимальных характеристик зондирующих сигналов.

Вопросы поиска, выделения и оконтуривания анизотропных сред плазмopodobного типа (АСПТ) представляют интерес во многих областях науки и техники. Одним из приоритетных направлений является георазведка углеводородных залежей (УВЗ). Подобие многих процессов, происходящих над месторождениями нефти и газа, со свойствами анизотропных сред (АС) позволяет использовать теоретические и практические наработки в области исследования плазмы и плазмopodobных сред при разработке современных электромагнитных методов (ЭММ) георазведки углеводородов [1].

Исследование взаимодействия электромагнитных волн (ЭМВ) с УВЗ может быть использовано в поисковой геофизике для повышения точности и уровня достоверности ЭММ обнаружения залежей нефти и газа. Применение частотно-модулированных (ЧМ) сигналов с вариацией частот позволяет проводить точные оценки трансформации фазовых характеристик отраженных ЭМВ и интерпретировать всевозможные эффекты взаимодействия ЭМВ с АС [2–6].

Объекты и методы исследования

В данной работе проведен анализ компонентов тензора среды над УВЗ в режиме ЧМ-сигналов [4]:

$$\left\{ \begin{aligned} \dot{\epsilon}_1 &= \epsilon_r (1 + \beta \cdot k_\omega \cos \omega_1 t) + \sum_{i=1}^2 \left\{ \frac{\omega_{\Gamma i}^2 \tilde{\omega}_3}{\omega_2} \frac{\omega_{\Gamma i}^2 - \tilde{\omega}_3^2 - v_i^2}{(v_i^2 + \omega_{\Gamma i}^2 - \tilde{\omega}_3^2)^2 + 4\tilde{\omega}_3^2 v_i^2} - \right. \\ &\quad \left. - j \left[\frac{\sigma_r}{\omega_2 \epsilon_0} + \frac{\omega_{\Gamma i}^2 v_i}{\omega_2} \frac{\tilde{\omega}_3^2 + v_i^2 + \omega_{\Gamma i}^2}{(v_i^2 + \omega_{\Gamma i}^2 - \tilde{\omega}_3^2)^2 + 4\tilde{\omega}_3^2 v_i^2} \right] \right\}, \\ \dot{\epsilon}_2 &= \sum_{i=1}^2 \left\{ \frac{\omega_{\Gamma i}^2 \tilde{\omega}_3}{\omega_2} \frac{\omega_{\Gamma i}^2 - \tilde{\omega}_3^2 + v_i^2}{(v_i^2 + \omega_{\Gamma i}^2 - \tilde{\omega}_3^2)^2 + 4\tilde{\omega}_3^2 v_i^2} - \frac{2j \tilde{\omega}_3 v_i \omega_{\Gamma i}^2 \omega_{\Gamma i}}{[(v_i^2 + \omega_{\Gamma i}^2 - \tilde{\omega}_3^2)^2 + 4\tilde{\omega}_3^2 v_i^2] \omega^2} \right\}, \\ \dot{\epsilon}_3 &= \epsilon_r (1 + \beta \cdot k_\omega \cos \omega_1 t) + \sum_{i=1}^2 \left\{ \frac{\omega_{\Gamma i}^2 \tilde{\omega}_3}{\omega_2} \frac{1}{v_i^2 + \tilde{\omega}_3^2} - j \left[\frac{\sigma_r}{\omega_2 \epsilon_0} + \frac{\omega_{\Gamma i}^2 v_i}{\omega_2} \frac{1}{\tilde{\omega}_3^2 + v_i^2} \right] \right\}. \end{aligned} \right. \quad (1)$$

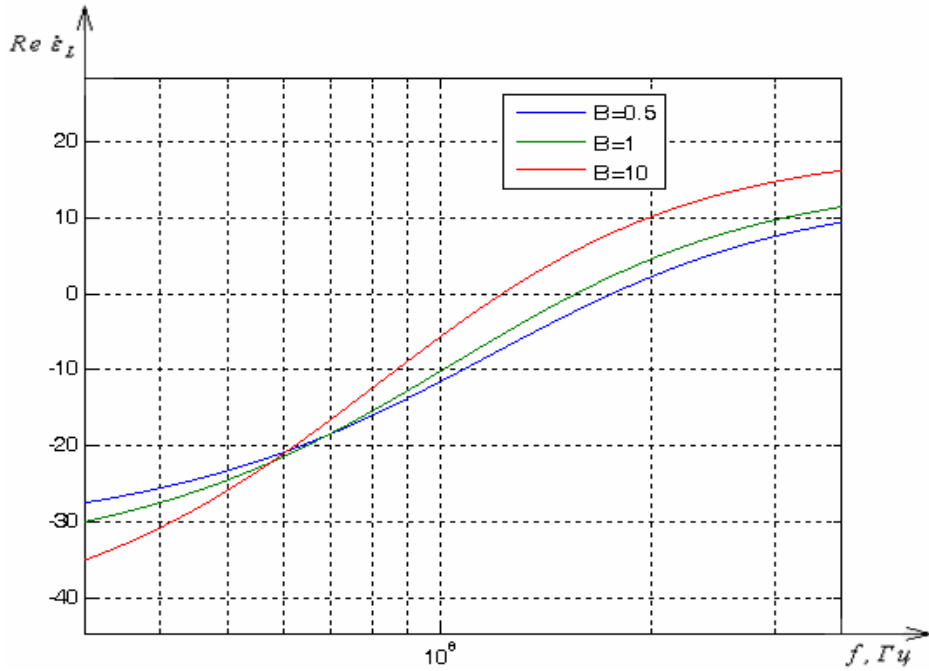
Было проведено исследование частотных зависимостей компонентов тензоров диэлектрической проницаемости среды над УВЗ в различных режимах взаимодействия ЭМВ для оптимизации параметров сигналов при поиске, оконтуривании и выделении залежей углеводородов.

Результаты исследования

Анализ тензоров проведем по методике, приведенной в работе [2], заключающейся в исследовании частотных характеристик комбинационных составляющих:

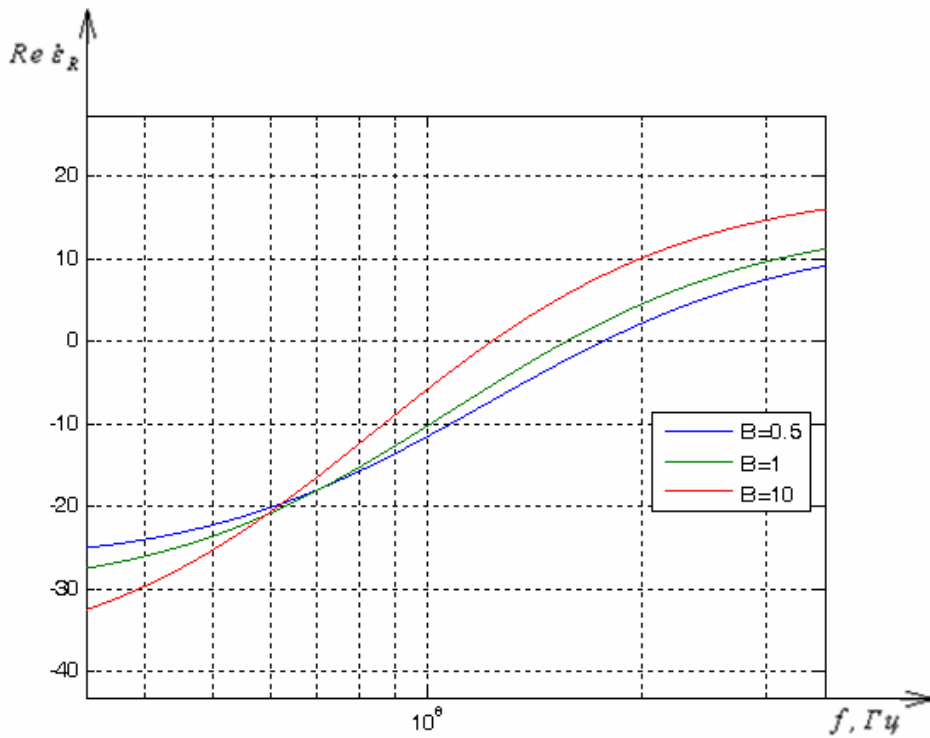
$$\begin{aligned} b_2 \dot{\epsilon}_R(\omega) &= \dot{\epsilon}_1 + \dot{\epsilon}_2 = \text{Re} \epsilon_R + j \text{Im} \epsilon_R, \\ \dot{\epsilon}_L(\omega) &= \dot{\epsilon}_1 - \dot{\epsilon}_2 = \text{Re} \epsilon_L + j \text{Im} \epsilon_L. \end{aligned} \quad (2)$$

Приведенные зависимости показывают, что увеличение индекса модуляции приводит к незначительному увеличению частоты циклотронного электронного резонанса и резкому уменьшению частоты плазменного резонанса (рис. 1). Это же характерно и для $\text{Re} \dot{\epsilon}_L$ (рис. 2).



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

Рисунок 1. – Зависимости $Re \epsilon_R \Phi(f_2)$:



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

Рисунок 2. – Зависимости $Re \epsilon_R \Phi(f_2)$

Заключение

С целью получения полной картины взаимодействия ЭМВ и исследуемой среды использован широкий диапазон соотношений частот и амплитуд сигналов.

На основе проведенного анализа приводятся рекомендации по использованию наиболее эффективных соотношений частот и амплитуд ЭМВ, обеспечивающих точное выделение границ УВЗ на фоне окружающей среды.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке радиотехнических систем для обнаружения локальных плазмоподобных неоднородностей, а также создания оптимальных методов поиска и оконтуривания залежей нефти и газа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гололобов, Д.В. Радиотехнические системы поиска и идентификации углеводородных залежей в режиме двухчастотного взаимодействия / Д.В. Гололобов, В.Ф. Янушкевич // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. – 2002. – № 1. – С. 49–54.
2. 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.
3. Гололобов, Д.В. Поверхностный импеданс углеводородной залежи в режиме двухчастотного взаимодействия / Д.В. Гололобов, Н.В. Цывис, В.Ф. Янушкевич // Изв. Беларус. инж. акад. – Минск, 2001. – № 1(11). – С. 101–104.
4. Гололобов, Д.В. Поверхностный импеданс среды над углеводородными залежами в режиме частотно-модулированных сигналов / Д.В. Гололобов, С.В. Калинин, В.Ф. Янушкевич // Весці НАН Беларусі. Сер.фіз. тэхн. – 2010. – № 4. – С. 98–101.
5. Москвичев, В.Н. Исследование взаимодействий электромагнитных волн с углеводородной залежью / В.Н. Москвичев // Радиотехника и электроника. – Минск, 1988. – Вып. 18. – С. 91–96.
6. Финкельштейн, М.И. Применение радиолокационного подповерхностного зондирования в инженерной геологии / М.И. Финкельштейн, В.А. Кутев, В.П. Золоторев. – М. : Недра, 1986. – 182 с.