

УДК 621.371.39

## ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТЫ РАДИОИМПУЛЬСНОГО СИГНАЛА, ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ СРЕДЫ НА КОМПОНЕНТЫ ТЕНЗОРА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ

А. П. КОЧАНОВ

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

*Используется вертикальная поляризация электромагнитных волн. Рассмотрен широкий диапазон используемых частот. Исследовано влияние диэлектрической проницаемости, частоты на распространение радиоимпульсных сигналов. Даны рекомендации по использованию оптимальных характеристик зондирующих сигналов. Результаты исследований могут быть использованы в поисковой геофизике.*

**Ключевые слова:** электромагнитная волна, анизотропная среда, углеводородные залежи.

**Введение.** Для выделения материальных объектов на фоне окружающей среды, используются отражательные характеристики, которые служат инструментом для оптимизации электрических параметров зондирующего сигнала [1–3]. Исследуемую залежь углеводородов можно представить в виде анизотропной неоднородности на трассе связи [4–7].

В общем случае пространственная ориентация внешней нормали к границе раздела сред и волнового вектора  $\vec{k}$  является произвольной (рисунок 1) и процесс взаимодействия ЭМВ с локальным включением на трассе РРВ можно представить в виде режима наклонного падения плоской волны с вертикальной поляризацией на безграничную поверхность (в приближении больших характерных размеров неоднородности по сравнению с длиной волны зондирующего сигнала) [8–10].

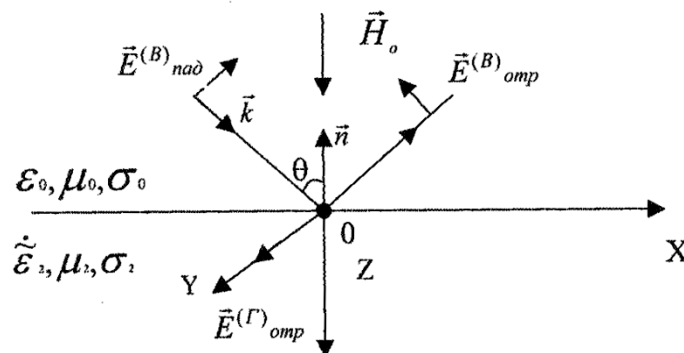


Рисунок 1. – Геометрия задачи для ЭМВ с вертикальной поляризацией поля

**Объекты и методы исследования.** На рисунке 2 представлены зависимости вещественной части диэлектрической проницаемости среды над УВЗ для электромагнитных волн с правой поляризацией  $\epsilon_R = \Psi(n)$ .

На частоте  $f = 100$  Гц величина  $\text{Re } \epsilon_R$  примерно составляет 2860 единиц для диэлектрической проницаемости  $\epsilon_f = 5$ , для  $\epsilon_f = 20$  она составляет 2870 единиц, а для  $\epsilon_f = 10$  составляет 2880 единиц.

Как видно из приведенного графика, при изменении диэлектрической проницаемости среды над УВЗ происходит существенное изменение комбинационной компоненты тензора диэлектрической проницаемости, что может быть использовано для определения характера сред над УВЗ.

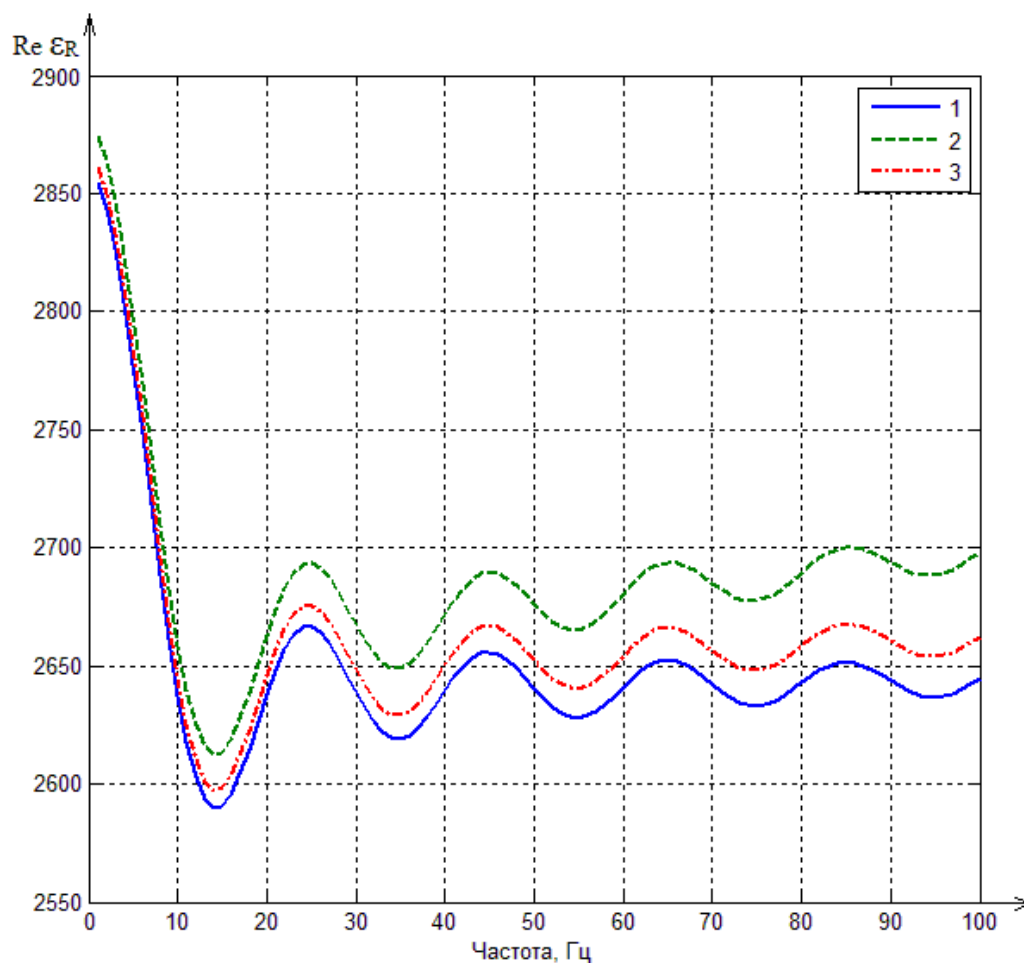


Рисунок 2. – Зависимости  $Re \epsilon_R = \Psi(n)$ . 1 – для  $\epsilon_r = 5$ ; 2 – для  $\epsilon_r = 20$ ; 3 – для  $\epsilon_r = 10$

На рисунке 3 представлены зависимости вещественной части диэлектрической проницаемости среды над УВЗ для электромагнитных волн с левой поляризацией  $\epsilon_L = \Psi(n)$ . Установлено, что с ростом частоты разностная компонента увеличивается.

На частоте  $f = 100$  Гц величина  $Re \epsilon_R$  примерно составляет -281 единиц для диэлектрической проницаемости  $\epsilon_r = 5$ , для  $\epsilon_r = 20$  она составляет -276 единиц, а для  $\epsilon_r = 10$  составляет -262 единиц.

Как видно из приведенного графика, при изменении диэлектрической проницаемости среды над УВЗ происходит существенное изменение комбинационной компоненты тензора диэлектрической проницаемости.

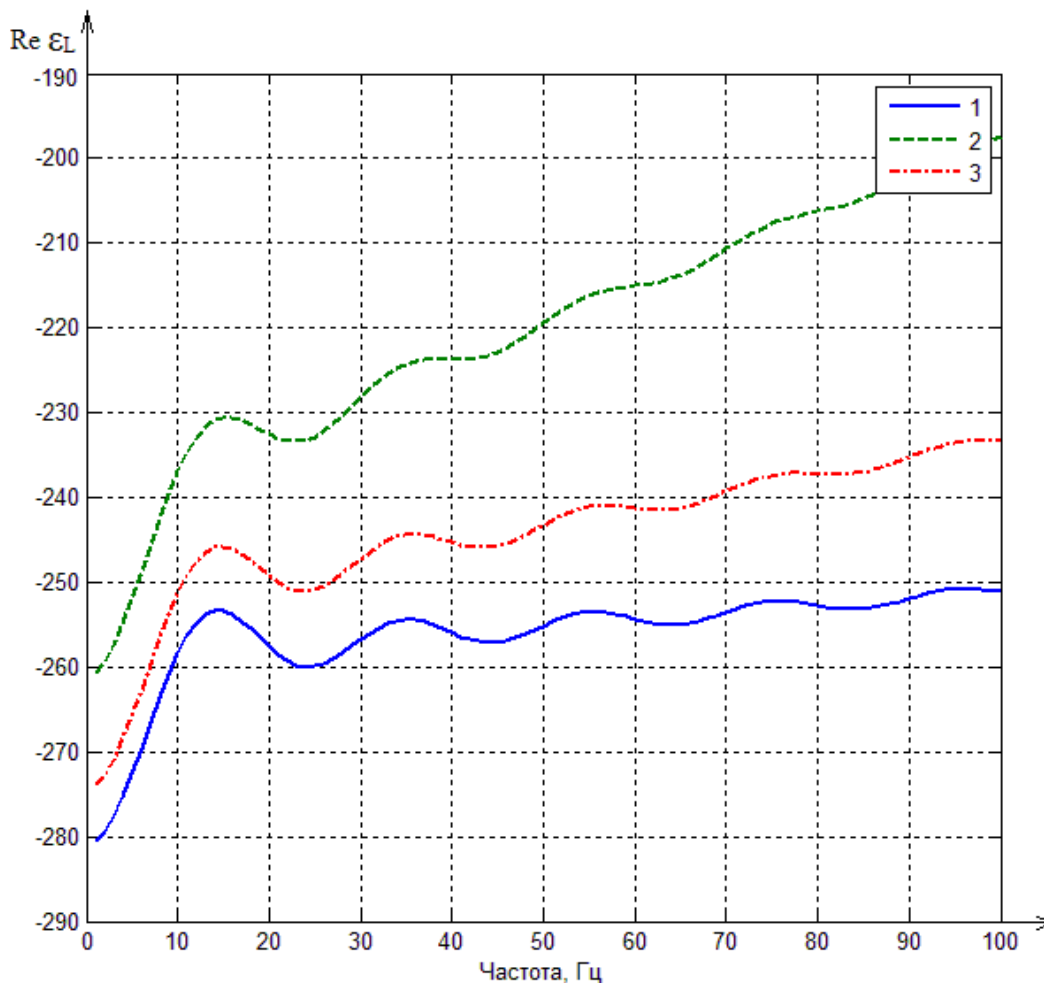


Рисунок 3. – Зависимости  $Re \epsilon_L = \psi(n)$ . 1 – для  $\epsilon_r = 5$ ; 2 – для  $\epsilon_r = 20$ ; 3 – для  $\epsilon_r = 10$

На рисунке 4 представлены зависимости вещественной части диэлектрической проницаемости среды над УВЗ для электромагнитных волн с правой поляризацией  $\epsilon_R = \Psi(Ni)$ . Установлено, что с ростом частоты суммарная компонента увеличивается.

Как видно из приведенного графика, при изменении диэлектрической проницаемости среды над УВЗ происходит существенное изменение комбинационной компоненты тензора диэлектрической проницаемости, что может быть использовано для определения характера сред над УВЗ.

Проведен анализ взаимодействия анизотропного слоя плазмopodobного типа с ЭМВ в режиме радиоимпульсных сигналов. Результаты исследования могут быть применены в поисковой геофизике. При этом следует отметить:

- дисперсионные характеристики в режиме радиоимпульсных сигналов для среды над залежью определены в широком диапазоне частот зондируемых сигналов, диэлектрических проницаемостей и концентраций сред;

- по сравнению с существующими аналогами данный способ обнаружения УВЗ основывается на определении дисперсионных характеристик диэлектрической проницаемости среды для правой и левой поляризаций ЭМВ в режиме радиоимпульсных сигналов, построении двухканальной измерительной системы, позволяющей повысить точность определения границ углеводородов.

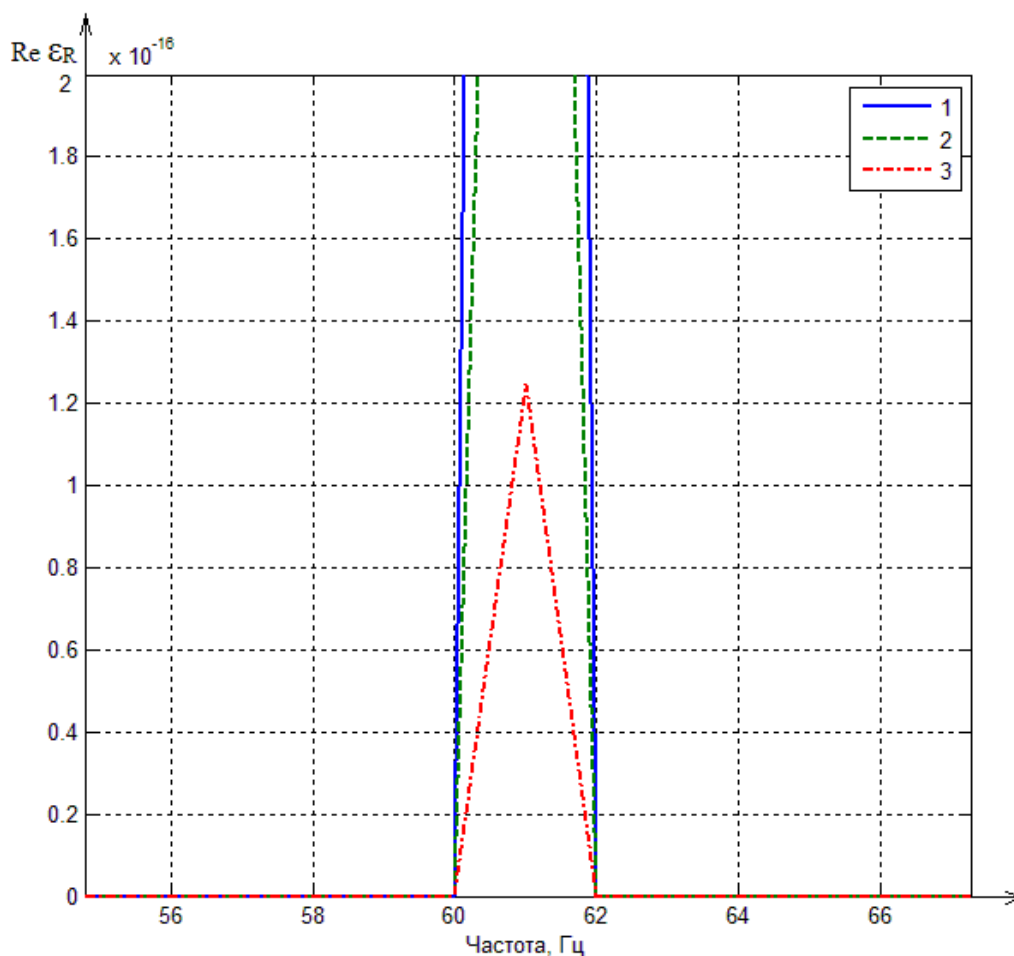


Рисунок 4. – Зависимости  $Re \epsilon_R = \psi(Ni)$ . 1 – для  $\epsilon_r = 25$ ; 2 – для  $\epsilon_r = 20$ ; 3 – для  $\epsilon_r = 2$

**Заключение.** При изменении диэлектрической проницаемости среды над УВЗ происходит существенное изменение комбинационной компоненты тензора диэлектрической проницаемости, что может быть использовано для определения характеристик сред над УВЗ.

#### 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 среды над углеводородными залежами в режиме частотно-модулированных сигналов / Д.В.Гололобов, С.В.Калинцев, В.Ф.Янушкевич // Весці НАН Беларусі. Сер.фіз. тэхн. 2010. – № 4. – С.98 – 101.
4. Gaikovich K.P., Gaikovich P.K. Inverse problem of near-field scattering in multilayer media // Inverse Problems, vol.26, no. 12, pp. 125013, 2010.
5. Макаров А.М., Лунёва Л.А., Макаров К.А. Об особенностях волновых процессов в устройствах радиоэлектроники с анизотропной рабочей средой. Наука и образование: научное издание. 2016. № 11. С. 88-98.
6. Александров Ю.М., Яцышен В.В. Расчет элементов тензора комплексной диэлектрической проницаемости для анизотропных материалов. Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2015. Том 18. № 1. С. 23 – 27.

7. Иванова К.И., Янушкевич В.Ф. Способ геоэлектроразведки углеводородной залежи с использованием радиоимпульсных сигналов. *Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. Материалы XV Международной НТК. 4 октября 2016г. Том 1. Санкт – Петербург. С.107 – 111.*
8. Янушкевич, В.Ф. Экранирование радиоэлектронных устройств и систем. Новые принципы проектирования антенн: учеб. пособие для аспирантов / В.Ф. Янушкевич, М.Е. Капралов, К.И. Кременя. – Вильнюс: Циклонас, 2016. – 156 с.
9. Янушкевич, В.Ф. Электромагнитные методы поиска и идентификации углеводородных залежей / В.Ф.Янушкевич. – Новополоцк, ПГУ, 2017. – 232с.
10. Гололобов, Д.В. Электродинамические параметры подводных источников в поле поверхностной электромагнитной волны / Д.В.Гололобов, В.Н. Москвичев, Г.П.Турук, В.Ф.Янушкевич / Тез. докл. 35 Всероссийской Межвузовской НТК. –Владивосток ,1992. – Т1,ч.1. –С.59 – 62.