

УДК 621.372.853:538.566

## ОТРАЖАТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УГЛЕВОДОРОДНОЙ ЗАЛЕЖИ ПРИ ДВУХЧАСТОТНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ В РЕЖИМЕ МОЩНОГО ВЧ - СИГНАЛА

Д.В. Лоскутов, Н.В. Цывис, В.Ф. Янушкевич

### 1. Постановка проблемы.

Для выделения материальных объектов на фоне окружающей среды на практике, как правило, используются отражательные характеристики, служащие инструментом для оптимизации электрических параметров зондирующего сигнала [1]. Отражательные характеристики могут быть использованы для разработки новых методов поиска и выделения углеводородных залежей (УВЗ). Проведем анализ отражательных характеристик УВЗ при двухчастотном взаимодействии в режиме мощного ВЧ – сигнала.

### 2. Методические подходы к решению проблемы.

Исследуемую залежь углеводородов можно представить в виде анизотропной неоднородности на трассе связи. В общем случае, пространственная ориентация внешней нормали к границе раздела сред и волнового вектора  $\vec{k}$  является произвольной (рис. 1) и процесс взаимодействия электромагнитных волн (ЭМВ) с локальным включением на трассе распространения радиоволн можно представить в виде режима наклонного падения плоской волны с вертикальной поляризацией на безграничную поверхность с анизотропным импедансом (в приближении больших характерных размеров неоднородности по сравнению с длиной волны зондирующего сигнала).

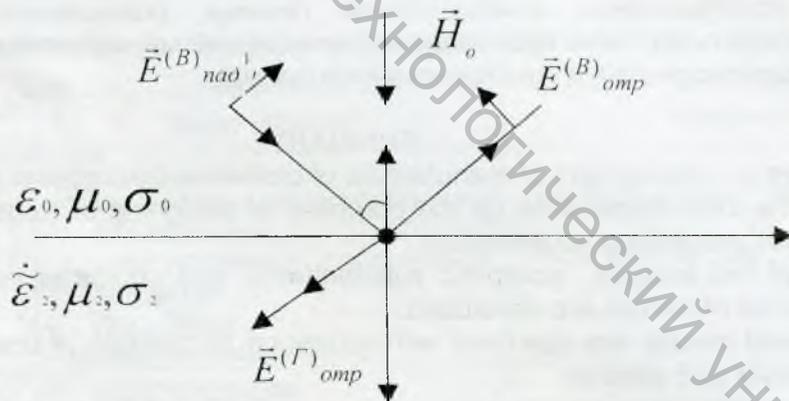


Рисунок 1 - Геометрия задачи для ЭМВ с вертикальной поляризацией поля.

Отражательную способность среды над залежью углеводородов при воздействии ЭМВ с линейной поляризацией в режиме двухчастотного взаимодействия можно оценить по контрасту коэффициентов отражения между УВЗ и подстилающей поверхностью по формуле [2]:

$$\Delta R = 20 \lg |R_p - R_{\text{ВВ}}| \quad (1)$$

Значение коэффициента подстилающей среды  $R_p$  с конечной диэлектрической проницаемостью  $\epsilon_p$  и проводимостью  $\sigma_p$  для ЭМВ с вертикальной поляризацией определяется по формуле [3]:

$$R_p = \frac{\varepsilon_p \sin \Theta - \sqrt{\varepsilon_p - \cos^2 \Theta}}{\varepsilon_p \sin \Theta + \sqrt{\varepsilon_p - \cos^2 \Theta}} = R_p \exp j\varphi_p, \quad (2)$$

где  $\varepsilon_p = \varepsilon_p - j \frac{\sigma_p}{\omega \varepsilon_0}$  - комплексная диэлектрическая проницаемость подстилающей поверхности.

Рассмотрим процесс взаимодействия ЭМВ с УВЗ в режиме бигармонического сигнала вида:

$$\vec{e}(t) = \vec{e}_1(t) + \vec{e}_2(t) = E_1 \cos \omega_1 t + E_2 \cos \omega_2 t, \quad (3)$$

где  $E_1, E_2, \omega_1, \omega_2$  соответственно амплитуды и частоты двух ЭМВ.

Введем коэффициенты отношения амплитуд двух волн и их частот:

$$\begin{cases} k_E = \frac{E_2}{E_1} \\ k_{\omega} = \frac{\omega_1}{\omega_2} \end{cases}, \quad (4)$$

Проведем исследование отражательных характеристик УВЗ зависимостей от коэффициентов  $K_E$  и  $K_{\omega}$ .

### 3. Результаты исследования.

На рис. 2 представлены частотные зависимости модулей  $R_{\text{вв}}$  для различных значений  $k_E$  и  $k_{\omega}$ .

Как видно из графиков, максимум величины  $R_{\text{вв}}$  наблюдается на частотах в окрестности 50 МГц, далее происходит резкое уменьшение коэффициента до нуля на частоте  $f_2 \approx 200$  МГц, затем вновь увеличение до значения порядка 0,3, которое и сохраняется с дальнейшим ростом частоты. Величина  $|R_{\text{вв}}|$  слабо зависит от параметров  $k_{\omega}$  и  $k_E$ . Частоты, на которых  $R_{\text{вв}} = 0$ , для всех изменений  $k_{\omega}$  и  $k_E$  лежат в пределах (210-250) МГц и соответствуют минимальным отражениям ЭМВ. Данный факт может быть положен в основу ЭММ поиска УВЗ, базирующихся на использовании двух различных частот при одинаковых соотношениях амплитуд и частот мощного ВЧ - сигнала. При этом первая частота  $f_2$  соответствует конкретному  $k_{\omega}$  и  $k_E$  из узкого диапазона 210...250 МГц, а другая  $f_2$  выбирается за пределами этого диапазона. Влияние угла падения  $\theta^\circ$  может проявляться со значений  $50^\circ$ - $60^\circ$ , а при  $\theta = 85^\circ$   $|R_{\text{вв}}| = 1,0$  во всем диапазоне частот.

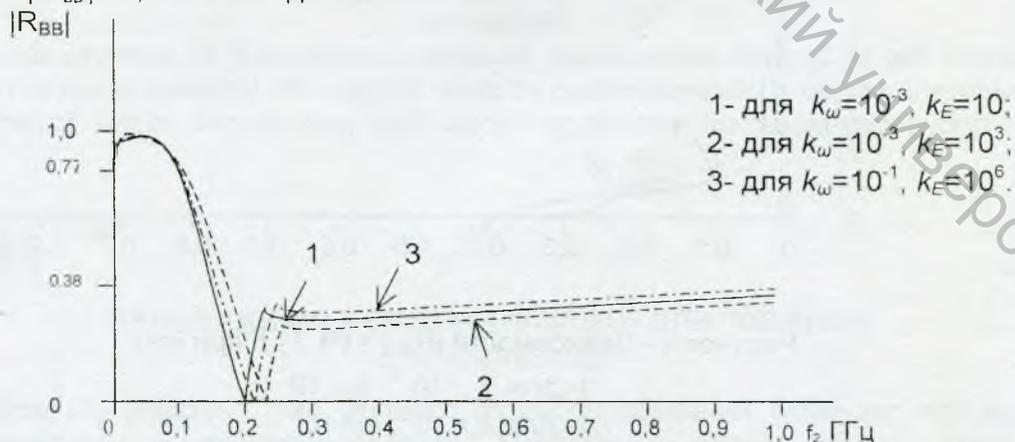


Рисунок 2 - Зависимости  $|R_{\text{вв}}| = \varphi(f_2)$  при  $\theta = 0^\circ$ :

Зависимости  $|R_{гр}|$  от частоты  $f_2$  представлены на рис. 3. Изменение этого параметра характеризуется такой же зависимостью, как и изменение  $|R_{вв}|$ , но при других численных значениях. Максимум коэффициента отражения  $|R_{гр}|=1,0$  наблюдается на частоте порядка 50 МГц, далее происходит уменьшение его до нуля на частотах 210-250 МГц и затем рост до значения 0,37-0,39, которое и сохраняется практически во всем диапазоне частот. Влияние параметров  $k_{\omega}$  и  $k_E$  в большей степени сказывается на частоте  $f_2$ , при которой наблюдается минимум коэффициента отражения. Влияние угла падения  $\theta$  начинает проявляться со значений  $50^\circ-60^\circ$ , а при  $\theta=85^\circ$  величина  $|R_{гр}|$  практически равна нулю во всем диапазоне частот.

На рис. 4 представлены зависимости коэффициента отражения  $R_{вг}$  от  $f_2$ . Величина этого коэффициента уменьшается от 1,0 на частоте 1 МГц до нуля на частоте порядка 210-250 МГц. Влияние параметров  $k_{\omega}$  и  $k_E$  сводится к небольшому изменению  $R_{вг}$ , сопровождаемому незначительным расширением отрезка частот существенного контраста. При  $\theta=85^\circ$  значение  $|R_{вг}|$  практически равно нулю.

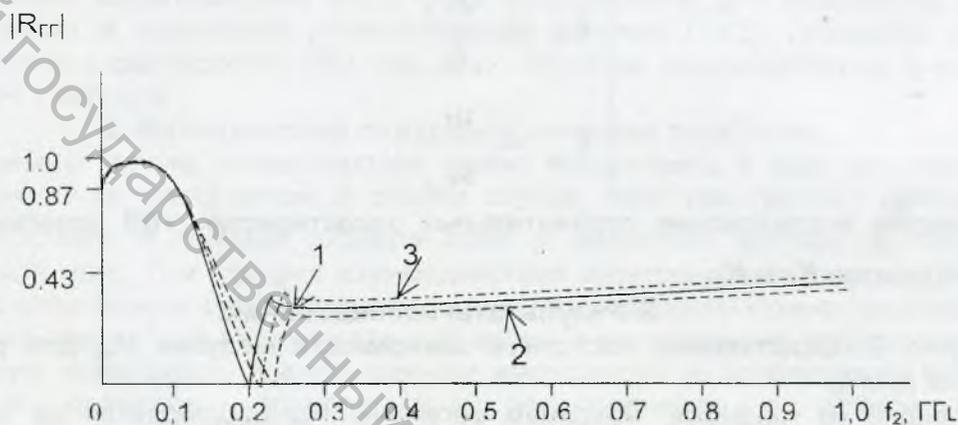


Рисунок 3 - Зависимости  $|R_{гр}| = \varphi(f_2)$  при  $\theta=0^\circ$ :

- 1- для  $k_{\omega}=10^{-3}$ ,  $k_E=10$ ;
- 2- для  $k_{\omega}=10^{-3}$ ,  $k_E=10^3$ ;
- 3- для  $k_{\omega}=10^{-1}$ ,  $k_E=10^6$ .

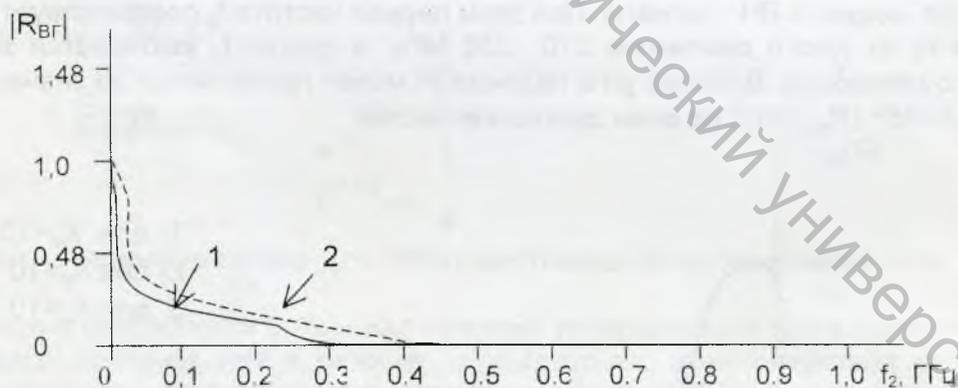


Рисунок 4 - Зависимости  $|R_{вг}| = \varphi(f_2)$  при  $\theta=0^\circ$ :

- 1- для  $k_{\omega}=10^{-3}$ ,  $k_E=10$ ;
- 2- для  $k_{\omega}=10^{-3}$ ,  $k_E=10^3$ .

Зависимости контраста отражательных характеристик  $\Delta R$  показаны на рис. 5. Наибольшая величина контраста наблюдается в диапазоне частот от 1 МГц до 200

МГц: (6,0-6,7) дБ, затем происходит его уменьшение до (2,5-3) дБ на частотах  $f_2=210-250$  МГц, затем он имеет всплеск и принимает постоянное значение, равное (2,1-2,3) дБ во всем остальном диапазоне частот.

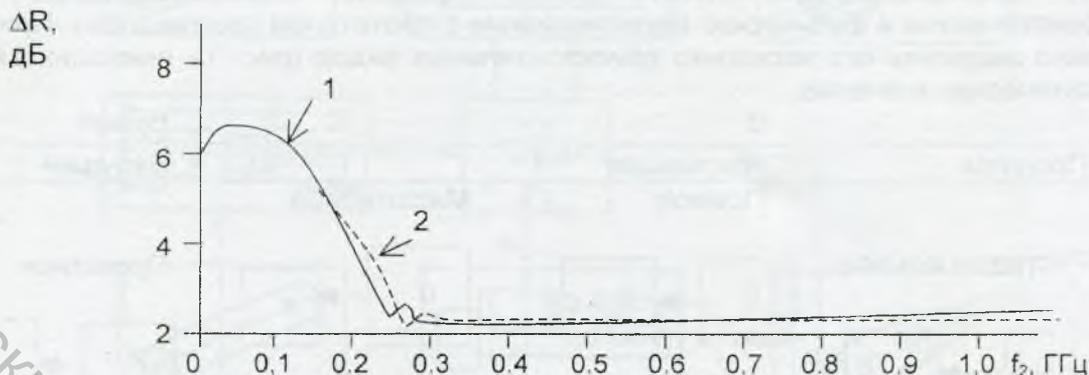


Рисунок 5 - Зависимости  $\Delta R = \varphi(f_2)$  при  $\theta=0^\circ$ :

- 1- для  $k_\omega=10^{-3}$ ,  $k_E=10$ ;
- 2- для  $k_\omega=10^{-3}$ ,  $k_E=10^3$ .

#### 4. Заключение.

При взаимодействии мощного ВЧ - сигнала в диапазоне частот 210-250 МГц имеется ярко выраженный спад контраста отражательных характеристик. Это явление может быть положено в основу многих методов поиска УВЗ.

Таким образом, приведенный метод может быть использован для разработки методов поиска и выделения углеводородной залежи на основе двухчастотного взаимодействия.

#### Список использованных источников

1. Абрамов В.С. Исследование отражения СВЧ-излучения от анизотропных и изотропных сред//Материалы для новой техники (синтез, технолог. получ., свойства). – М.: Наука, 1988. –С.71-78.
2. Гололобов Д.В., Москвичев В.Н., Турук Г.П., Янушкевич В.Ф. Электродинамические параметры подводных источников в поле поверхностной электромагнитной волны//Тез.докл. 35 Всероссийской межвузовской НТК. – Владивосток, 1992. –Т.1, ч.1. – С.59-62
3. Черенкова Е.Л. Чернышев О.В. Распространение радиоволн. – М: Радио и связь, 1984. –272 с.

#### SUMMARY

We made analysis of the reflective features hydrocarbon deposit at two-frequency interaction in mode powerful HF - signal. Data to recommendations on use the optimum correlations of signal frequencies and signal amplitudes for searching hydrocarbon deposits.

УДК 62-4

#### ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ФОРМОКОПИРОВАНИЯ

Д.Н. Свирский

В работе [1] показано, что процесс формообразования включает процедуры формотворчества и формокопирования. Ментальные образы новых форм как результат процесса формотворчества, объективизируются в рисунках, чертежах, моделях (макетах), на экране компьютера. Затем они с помощью тех или иных