

УДК 621.371: 550.837.6

**ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ РЕЖИМЫ ЗОНДИРОВАНИЯ  
С ПРИМЕНЕНИЕМ ДВУХЧАСТОТНЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ПОИСКА УГЛЕВОДОРОДОВ**

*канд. техн. наук, доц. В.Ф. ЯНУШКЕВИЧ, С.Н. АБРАМЕНКО, С.В. КАЛИНЦЕВ*  
*(Полоцкий государственный университет)*  
*д-р физ.-мат. наук, проф. В.А. БОГУШ*  
*(Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск)*

*Приводится анализ воздействия двухчастотных электромагнитных волн в режиме мощного высокочастотного сигнала на анизотропную среду над углеводородами. Исследованы компоненты тензоров диэлектрической проницаемости среды над залежами. Предложено внедрение различных методов и аппаратуры для поиска углеводородов на основе анализа вещественных и фазовых составляющих комбинированных элементов тензора диэлектрической проницаемости среды над углеводородами. Исследованы характеристики среды над углеводородами для электромагнитных волн с правой и левой круговыми поляризациями в зависимости от частоты, коэффициента отношения амплитуд сигналов и удельной проводимости. Рекомендованы режимы зондирования анизотропных сред над углеводородами для повышения производительности геологоразведочных работ и точности определения границ залежей углеводородов.*

**Ключевые слова:** углеводородная залежь, электромагнитная волна, двухчастотный сигнал.

**Введение.** В настоящее время разработка методов поиска и оконтуривания углеводородных залежей (УВЗ) на основе анализа электрофизических и электрохимических процессов над анизотропными средами, образующимися над скоплениями нефти и газа (углеводородов) предполагает построение электродинамической модели среды и нахождение отклика на воздействие зондирующих сигналов [1; 2]. Аналогия исследуемой среды над залежью нефти и газа с плазмоподобным образованием позволяет использовать для изучения взаимодействия электромагнитных волн (ЭМВ) с УВЗ существующие решения при изучении плазмы и плазмоподобных сред на основе квазигидродинамического подхода с использованием многочастичных электронно-ионных токов и феноменологически заданных частот столкновений. Выбор метода георазведки определяет методику проведения натуральных испытаний и повышает точность определения границ и уровень идентификации месторождений УВЗ [3].

Различные модификации способов вертикального зондирования находят широкое применение для поиска углеводородов [4]. Тенденции развития поисковой геофизики направлены на решение задач внедрения эффективных методов георазведки с высоким уровнем точности и достоверности обнаружения месторождений УВЗ [5]. Данные методы электромагнитной разведки содержат уникальную информацию об установленных на данный момент сведениях о характеристиках электромагнитных полей над УВЗ. Активное внедрение различных методов и аппаратуры для поиска углеводородов обусловлено научным и практическим интересами по решению данных задач для создания надежного инструмента при поиске, оконтуривании и идентификации залежей нефти и газа с помощью электромагнитных методов георазведки [6]. Современное состояние науки и техники дает оценку возможностей использования дистанционных технологий поиска полезных ископаемых при освоении углеводородных ресурсов на шельфах [7].

Исследование компонентов составляющих поверхностного импеданса анизотропной среды над УВЗ с учетом влияния на самый верхний слой от всех ниже расположенных слоев проведено в работе [8]. Сейсмические методы с учетом совершенствования и разработки новых методик поиска углеводородов являются актуальным направлением в современной поисковой геофизике [9]. Реализация этих методов на практике обусловлена их высокой информативностью. Методы исследования свойств объектов при морских измерениях, основанные на сравнении статистических свойств устанавливаемых электрических полей, предполагают получение необходимой информации для различения сред [10]. Для определения свойств геологического профиля местности широко используется метод на основе выявления аномалий поля в анизотропной среде [11]. Активно применяются на практике способы для решения задач электроразведки [12]. Использование амплитудно-модулированных сигналов и модификации на основании этого способов поиска УВЗ построены на обнаружении месторождений углеводородов по регистрации амплитудных и фазовых компонент поверхностного импеданса геологического профиля [13]. Универсальные способы для мониторинга коллектора и геотермальных исследований применяются в поисковой геофизике для решения задач электроразведки [14]. Различные модификации способов и аппаратуры для вертикального зондирования находят широкое применение для поиска углеводородов [15]. Совместная инверсия морских магнитотеллурических и гравиметрических данных с учетом сейсмических ограничений используется в современных системах поиска полезных ископаемых [16]. Применение для поиска УВЗ методов радиокомплексирования [17] приводит к расширению функциональных зависимостей диэлектрической

проницаемости среды над углеводородами от режимов зондирования, что позволяет повысить точность разрабатываемых методов поиска УВЗ.

**Взаимодействие ЭМВ со средой над УВЗ.** Распространение двухчастотных ЭМВ в среде над УВЗ рассмотрено в работе [2]. Вместе с тем для реализации новых методов георазведки представляет интерес анализ процесса взаимодействия двухчастотных ЭМВ с анизотропными средами в режиме мощного высокочастотного (ВЧ) сигнала. Компоненты тензора диэлектрической проницаемости среды в данном режиме имеют вид [2]

$$\begin{cases} \dot{\epsilon}_1 = \epsilon_r \frac{\tilde{\omega}_2}{\omega_2} + \sum_{i=1}^2 \left( \frac{\omega_{\Pi i}^2 \tilde{\omega}_2}{\omega_2} \frac{\omega_{\Gamma i}^2 - \tilde{\omega}_2^2 - v_i^2}{(v_i^2 + \omega_{\Gamma i}^2 - \tilde{\omega}_2^2)^2 + 4\tilde{\omega}_2^2 v_i^2} - j \left[ \frac{\sigma_r}{\omega_2 \epsilon_0} + \frac{\omega_{\Pi i}^2 v_i}{\omega_2} \frac{\tilde{\omega}_2^2 + v_i^2 + \omega_{\Gamma i}^2}{(v_i^2 + \omega_{\Gamma i}^2 - \tilde{\omega}_2^2)^2 + 4\tilde{\omega}_2^2 v_i^2} \right] \right), \\ \dot{\epsilon}_2 = \sum_{i=1}^2 \left\{ \frac{\omega_{\Pi i}^2 \omega_{\Gamma i}}{\omega_2} \frac{\omega_{\Gamma i}^2 - \tilde{\omega}_2^2 + v_i^2}{(v_i^2 + \omega_{\Gamma i}^2 - \tilde{\omega}_2^2)^2 + 4\tilde{\omega}_2^2 v_i^2} - \frac{2j\tilde{\omega}_2 v_i \omega_{\Pi i} \omega_{\Gamma i}}{[(v_i^2 + \omega_{\Gamma i}^2 - \tilde{\omega}_2^2)^2 + 4\tilde{\omega}_2^2 v_i^2] \omega_2} \right\}, \\ \dot{\epsilon}_3 = \epsilon_r \frac{\tilde{\omega}_2}{\omega_2} - \sum_{i=1}^2 \left\{ \frac{\omega_{\Pi i}^2 \tilde{\omega}_2}{\omega_2} \frac{1}{v_i^2 + \tilde{\omega}_2^2} - j \left[ \frac{\sigma_r}{\omega_2 \epsilon_0} + \frac{\omega_{\Pi i}^2 v_i}{\omega_2} \frac{1}{\tilde{\omega}_2^2 + v_i^2} \right] \right\}, \end{cases} \quad (1)$$

где  $\dot{\epsilon}_1, \dot{\epsilon}_2, \dot{\epsilon}_3$  – компоненты тензора;

$\tilde{\omega}_2$  – частотная составляющая, характеризующая режим ВЧ зондирования;

$\omega_{\Pi i}$  – плазменная частота;

$\omega_{\Gamma i}$  – гиротропная частота;

$v_i$  – частота столкновения частиц;

$\epsilon_r$  – относительная диэлектрическая проницаемость среды;

$\sigma_r$  – проводимость среды;

$\epsilon_0$  – диэлектрическая постоянная;

$\alpha = \omega_2 - \omega_1 = \omega_2(1 - k_\omega)$  – разность частот двух ЭМВ с амплитудами и частотами  $A_1, A_2, \omega_1, \omega_2$ .

Режимы измерений задаются коэффициентами соотношения амплитуд двух волн и их частот

$$k_E = \frac{A_2}{A_1}, \quad k_\omega = \frac{\omega_1}{\omega_2}, \quad (2)$$

для режима ВЧ выбираются коэффициенты

$$\begin{cases} k_E \gg 1, \\ k_\omega \ll 1. \end{cases} \quad (3)$$

Проводился анализ комбинационных составляющих тензора диэлектрической проницаемости среды над УВЗ для параметров среды над залежами углеводородов [1]:

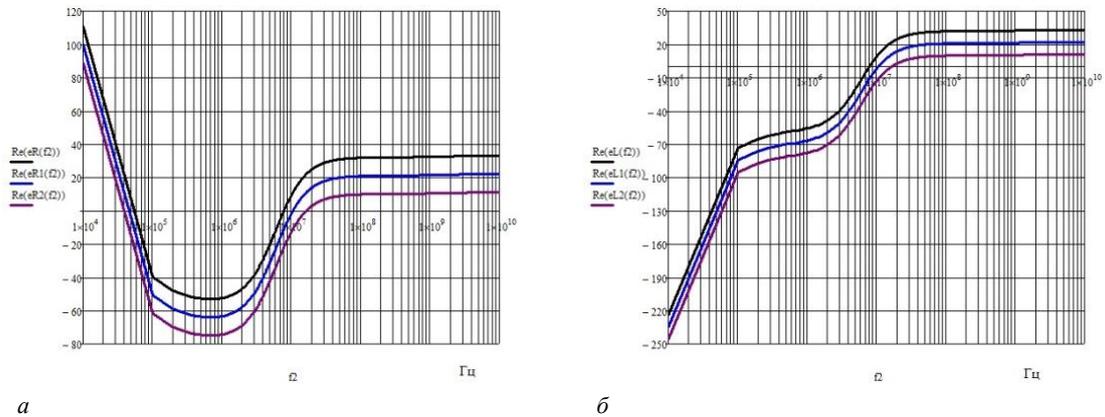
– значений диэлектрической проницаемости вмещающих пород  $\epsilon_r = 1 - 30$  и электрической проводимости  $\sigma_r = 1 \cdot 10^{-5} - 1$  См/м;

– концентрации частиц  $N_e = N_n = (10^{16} - 10^{18}) \text{ м}^{-3}$ ;

– частоты столкновения частиц  $v = 2 \cdot \pi \cdot 10^9$  рад/с.

**Результаты исследований.** Проведен анализ выражений (1) для компонентов диэлектрической проницаемости среды над УВЗ. Вещественные значения для компонентов диэлектрической проницаемости среды над УВЗ для ЭМВ с правой и левой круговыми поляризациями приведены на рисунке 1. Как видно из рисунка 1, на частотах  $f_{2\Pi}$  и  $f_{2\Pi}$ , соответствующих электронному циклотронному и электронному плазменному резонансам, вещественная составляющая  $\text{Re} \dot{\epsilon}_R$  имеет две точки перехода через нуль. Частота электронного циклотронного резонанса лежит в пределах 30–50 кГц, причем с ростом диэлектрической проницаемости она смещается вправо по оси абсцисс. Частота электронного плазменного резонанса соответствует 8–20 МГц и с увеличением диэлектрической проницаемости также уменьшается. Таким образом, в данном режиме зондирования для принятых значений параметров среды следует выделить частотный диапазон высокочастотной составляющей 30 кГц – 20 МГц, где  $\text{Re} \dot{\epsilon}_R$  является отрицательной. Вещественная составляющая разностной компоненты переходит через нуль в диапазоне частот 8–20 МГц. Увеличение диэлектрической проницаемости среды смещает данную точку влево. В диапазоне низких частот данная компонента отрицательна и на частотах более 20 МГц постоянна. Значения составляющих тензора анизотропной среды над углеводородами зависят от физико-химических процессов

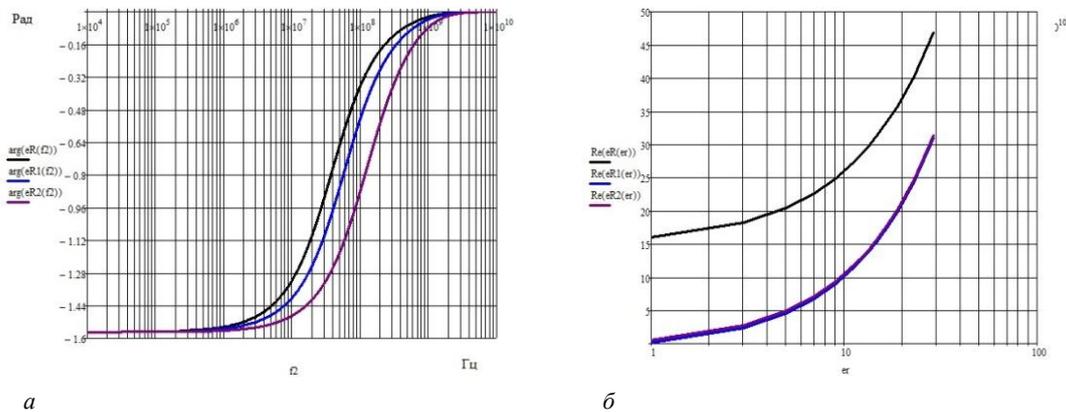
в самой залежи и условий залегания (значения давления и температуры), влияющих на электрические свойства вмещающих пород и сред над УВЗ, поэтому частота электронного плазменного резонанса может смещаться в область 100 МГц – 1 ГГц.



**а** – действительная часть суммарной компоненты; **б** – действительная составляющая разностной компоненты;  
 $\text{Re}(eR(f_2)), \text{Re}(eL(f_2))$  для  $\epsilon_r = 30, k_\omega = 10^{-6}, k_E = 10$ ;  
 $\text{Re}(eR1(f_2)), \text{Re}(eL1(f_2))$  для  $\epsilon_r = 20, k_\omega = 10^{-6}, k_E = 10$ ;  
 $\text{Re}(eR2(f_2)), \text{Re}(eL2(f_2))$  для  $\epsilon_r = 10, k_\omega = 10^{-6}, k_E = 10$

**Рисунок 1.** – Зависимости компонентов тензора от частоты  $f_2^1$

Фазовые и амплитудные характеристики для составляющей с правой поляризацией ЭМВ для двухчастотных сигналов приведены на рисунке 2. Наблюдается рост фазовой составляющей на частотах 1 МГц – 1 ГГц. С увеличением значения диэлектрической проницаемости среды частота увеличения фазы смещается влево. Фазовые характеристики суммарной компоненты не меняются в диапазоне частот 10 кГц – 1 МГц и на участке 1 ГГц – 10 ГГц. Значения суммарной компоненты с ростом диэлектрической проницаемости увеличиваются, причем с ростом значений высокочастотной компоненты происходит уменьшение значений вещественной составляющей.



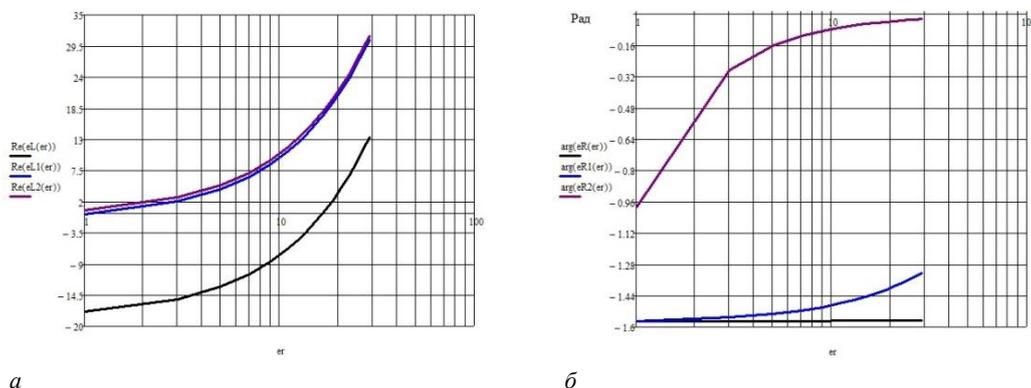
**а** – фазовая часть суммарной компоненты; **б** – действительная составляющая суммарной компоненты;  
 $\text{arg}(eR(f_2))$  – для  $k_\omega = 10^{-6}, k_E = 10, \epsilon_r = 30, \text{Re}(eR(er))$  для  $k_\omega = 10^{-6}, k_E = 10, f_2 = 10^5$  ГГц;  
 $\text{arg}(eR1(f_2))$  – для  $k_\omega = 10^{-6}, k_E = 10, \epsilon_r = 20, \text{Re}(eR1(er))$  для  $k_\omega = 10^{-6}, k_E = 10, f_2 = 10^7$  ГГц;  
 $\text{arg}(eR2(f_2))$  – для  $k_\omega = 10^{-6}, k_E = 10, \epsilon_r = 10, \text{Re}(eR2(er))$  для  $k_\omega = 10^{-6}, k_E = 10, f_2 = 10^9$  ГГц

**Рисунок 2.** – Зависимости вещественной составляющей суммарной компоненты

Дополнительно были проанализированы амплитудные и фазовые составляющие компонент среды над УВЗ для левой и правой поляризации (рисунок 3). Закон изменения вещественной составляющей для левой поляризации ЭМВ такой же, как и для правой, только с ростом значений высокочастотной компоненты происходит увеличение значений вещественной составляющей. Фаза для ЭМВ с правой

<sup>1</sup> Здесь и далее на рисунках  $k_\omega = k_w$ .

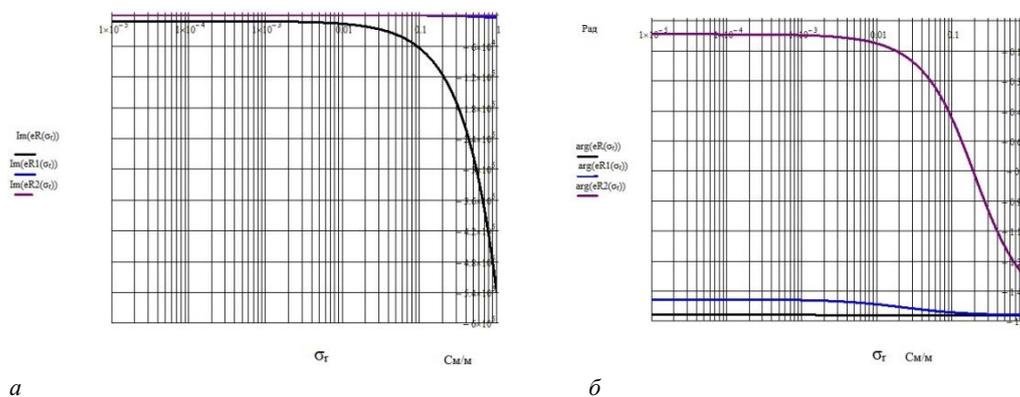
поляризацией увеличивается при увеличении диэлектрической проницаемости наполнителя вмещающих пород над УВЗ. Увеличение частоты зондирования дает большую информативность методов поиска.



***a*** – действительная часть разностной компоненты; ***б*** – фазовая составляющая суммарной компоненты;  
 $\text{Re}(eL(er)), \text{arg}(eR(er))$  для  $k_\omega = 10^{-6}, k_E = 10, f_2 = 10^5 \text{ Гц}$  ;  
 $\text{Re}(eL1(er)), \text{arg}(eR1(er))$  для  $k_\omega = 10^{-6}, k_E = 10, f_2 = 10^7 \text{ Гц}$  ;  
 $\text{Re}(eL2(er)), \text{arg}(eR2(er))$  для  $k_\omega = 10^{-6}, k_E = 10, f_2 = 10^9 \text{ Гц}$

**Рисунок 3.** – Зависимости вещественной составляющей компонент ЭМВ от диэлектрической проницаемости

Проведено моделирование зависимостей мнимых составляющих и фазовых характеристик компонент суммарной составляющей от удельной проводимости среды (рисунок 4). Установлено, что низкие значения частоты  $f_2$  влияют на амплитудную компоненту мнимой составляющей при значениях проводимости 0,01–1 См/м. Аналогично влияние удельной проводимости сказывается на фазе составляющей правой поляризации. В данном диапазоне значений проводимостей происходит резкое изменение фазы при частоте сигнала  $f_2 = 10^9 \text{ Гц}$ .

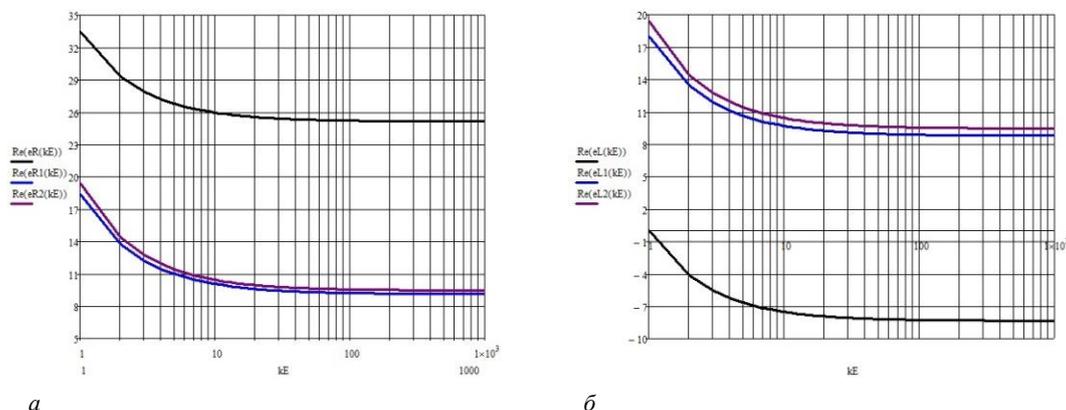


***a*** – мнимая составляющая; ***б*** – фазовая составляющая;  
 $\text{Im}(eR(\sigma_r)), \text{arg}(eR(\sigma_r))$  для  $\epsilon_r = 10, k_\omega = 10^{-6}, k_E = 10, f_2 = 10^5 \text{ Гц}$  ;  
 $\text{Im}(eR1(\sigma_r)), \text{arg}(eR1(\sigma_r))$  для  $\epsilon_r = 10, k_\omega = 10^{-6}, k_E = 10, f_2 = 10^6 \text{ Гц}$  ;  
 $\text{Im}(eR2(\sigma_r)), \text{arg}(eR2(\sigma_r))$  для  $\epsilon_r = 10, k_\omega = 10^{-6}, k_E = 10, f_2 = 10^9 \text{ Гц}$

**Рисунок 4.** – Зависимости мнимой составляющей и фазы при изменении удельной проводимости среды

Зондирование анизотропных сред двухчастотными ЭМВ в режимах с правой и левой круговыми поляризациями позволяет исследовать физико-геологические свойства пород-коллекторов, минералогический и гранулометрический состав пород, структурно-текстурное строение скелетов. Дополнительная априорная информация получается с помощью перемещения передатчика и приемника по территории исследуемого профиля. При определении комбинационных составляющих компонент диэлектрической проницаемости среды над углеводородами повышаются производительность методов электроразведки и информативность за счет получения дополнительных данных по исследуемому геологическому профилю местности. Процедура диагностики среды над УВЗ осуществляется по методике решения обратной задачи за счет набора конкретных значений расстояний и конкретизации электродинамических моделей УВЗ с учетом влажности слоев, климатических факторов и особенностей измерений сезонного характера.

Системы поиска на основе двухканальных схем определения комбинационных составляющих позволяют использовать характеристики сигналов согласно рисунку 5. Представляет интерес отрезок значений коэффициента отношения амплитуд 1–10. Вариация данного параметра одинаково влияет и на суммарную компоненту и на разностную с тем лишь отличием, что с ростом частоты зондирования характер изменения компонент противоположный. Данное обстоятельство позволяет учитывать характер пористости и проницаемости анизотропных сред, характеристики и виды цементирующих веществ, механические свойства пород скелетов, процент пластовой воды в порах, ее минерализацию и ряд других факторов.



а

б

**а** – действительная часть суммарной компоненты; **б** – действительная составляющая разностной компоненты;

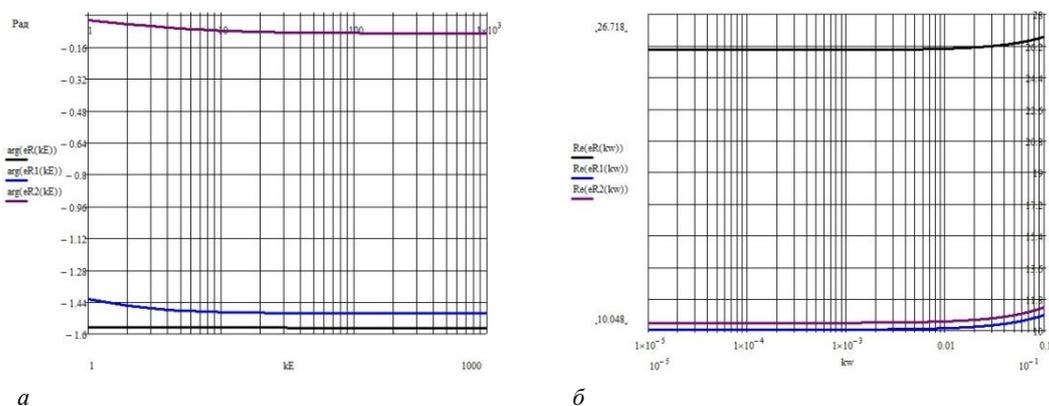
$\text{Re}(eR(kE)), \text{Re}(eL(kE))$  для  $\varepsilon_r = 10, k_\omega = 10^{-6}, f_2 = 10^5$  Гц;

$\text{Re}(eR1(kE)), \text{Re}(eL1(kE))$  для  $\varepsilon_r = 10, k_\omega = 10^{-6}, f_2 = 10^7$  Гц;

$\text{Re}(eR2(kE)), \text{Re}(eL2(kE))$  для  $\varepsilon_r = 10, k_\omega = 10^{-6}, f_2 = 10^9$  Гц

**Рисунок 5.** –Зависимости вещественной составляющей компонент ЭМВ от коэффициента отношения амплитуд

Было проанализировано влияние вариации диапазона изменения характеристик зондирующих сигналов (коэффициентов  $k_E$  и  $k_\omega$ ), показанных на рисунках 6.



а

б

**а** – фазовая часть суммарной компоненты; **б** – действительная составляющая суммарной компоненты;

$\text{arg}(eR(kE)), \text{Re}(eR(kw))$  для  $\varepsilon_r = 10, f_2 = 10^5$  Гц;

$\text{arg}(eR(kE)), \text{Re}(eR(kw))$  для  $\varepsilon_r = 10, f_2 = 10^7$  Гц;

$\text{arg}(eR(kE)), \text{Re}(eR(kw))$  для  $\varepsilon_r = 10, f_2 = 10^9$  Гц

**Рисунок 6** – Зависимости вещественной составляющей суммарной компоненты

При значениях  $k_E = 1-10$  и  $k_\omega = 0,01-0,1$  происходят изменения вещественной составляющей суммарной компоненты, свидетельствующие о том, что возможность перестройки системы поиска углеводородов дает возможность повысить информативность методов георазведки углеводородов.

**Заключение.** Проведенный анализ комбинационных составляющих компонент диэлектрической проницаемости среды над углеводородами показал следующее:

– частота электронного циклотронного резонанса в режиме ВЧ зондирования лежит в пределах 30–50 кГц, причем с ростом диэлектрической проницаемости она смещается вправо по оси абсцисс,

частота электронного плазменного резонанса соответствует 8–20 МГц и с увеличением диэлектрической проницаемости также уменьшается;

- вещественная составляющая компоненты для левой поляризации ЭМВ переходит через нуль в диапазоне частот 8–20 МГц;
- наблюдается рост фазовой составляющей для правой поляризации ЭМВ на частотах 1МГц – 1ГГц;
- влияние удельной проводимости и коэффициентов отношения амплитуд может обеспечить дополнительную информативность методов поиска и выделения УВЗ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Moskvichew, V.N. Interaction of electromagnetic waves (EMW) with anisotropic inclusion in communication line / V.N. Moskvichew // 9th Microw. Conf. NICON – 91, Rydzyna, May 20–22, 1991. – Vol. 1. – P. 240–244.
2. Янушкевич, В.Ф. Электромагнитные методы поиска и идентификации углеводородных залежей / В.Ф. Янушкевич. – Новополоцк : ПГУ, 2017. – 232 с.
3. Anderson, C. An integrated approach to marine electromagnetic surveying using a towed streamer and source / C. Anderson, J. Mattsson // First Break. – 2010. – Vol. 28, iss. 5. – P. 71–75.
4. Time lapse CSEM reservoir monitoring of the Norne field with vertical dipoles / T. Holten [et al.] // SEG Technical Program Expanded Abstracts. – 2016. – Vol. 35. – P. 971–975.
5. Subsalt imaging in Northern Germany using multi-physics (magnetotellurics, gravity, and seismic) / C.H. Henke [et al.] // Interpretation. – 2020. – Vol. 8. – № 4. – P. 15–24.
6. Степуленок, С.В. Взаимодействие амплитудно-частотно-модулированных сигналов со средой над углеводородными залежами / С.В. Степуленок, В.Ф. Янушкевич // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. С, Фундам. науки. – 2009. – № 9. – С. 103–108.
7. Оценка возможностей использования дистанционных технологий поиска полезных ископаемых при освоении углеводородных ресурсов на шельфах. Оптика атмосферы и океана / Н.И. Ковалев [и др.] // Добыча, подготовка, транспортировка нефти и газа : материалы III Всерос. конф., Томск, 20–24 сент. 2004 г. / Ин-т оптики атмосферы СО РАН. – Томск, 2004. – С. 67–70.
8. Adamovskiy, E. Simulation of electromagnetic waves interaction with hydrocarbon deposits / E. Adamovskiy, V. Yanushkevich // 8 Junior researchers conference European and national dimension in research. In 3 Parts. – Part 3. TECHNOLOGY. – PSU, Novopolotsk, 2016. – V. 179–183.
9. Сейсмические методы при разведке полезных ископаемых и планировании горных работ – Введение / А. Малехмир [и др.] // Геофизика. – 2012 г. – DOI: 10.1190 / 2012-0724-SPSEIN.1.
10. Маловичко, М.С. Сравнение статистических свойств устанавливаемых электрических полей при морских измерениях / М.С. Маловичко // Геофизика. – 2008. – № 5. – С. 59–64.
11. Frasheri, A. Self-potential anomalies as possible indicators in search for oil and gas reservoirs / A. Frasheri // 57th EAGE Conf. and Tech. Exhib., Glasgow, 29 May–2 June 1995. – Glasgow, UK. – P. 8.
12. Бурцев, М.И. Поиски и разведка месторождений нефти и газа / М.И. Бурцев – М. : Рос. ун-т дружбы народов. – 2006. – 264 с.
13. Гололобов, Д.В. Импедажные граничные условия анизотропной среды для амплитудно-модулированного сигнала. // Д.В. Гололобов, В.Ф. Янушкевич, С.В. Калинин // Доклады БГУИР. – Минск, 2010. – № 6(52). – С. 13–17.
14. Geldmacher, I. A Fit-for-purpose electromagnetic System for Reservoir Monitoring and Geothermal Exploration / I. Geldmacher, K. Strack // GRC Transactions. – 2017. – Vol. 41. – P. 1649–1658.
15. Helwig, S.L. Vertical-vertical controlled-source electromagnetic instrumentation and acquisition / S.L. Helwig, W. Wood, B. Gloux // Geophysical Prospecting. – 2019. – Vol. 67. – № 6. – P. 1582–1594.
16. Совместная инверсия морских магнитотеллурических и гравиметрических данных с учетом сейсмических ограничений – предварительные результаты построения изображений суббазальтов у Фарерского шельфа / М. Дженген [и др.] // Планета Земля Sci Lett. – 2009. – С. 47–55.
17. Гололобов, Д.В. Радиоконкомплексирование методов электромагнитной разведки при поиске залежей углеводородов / Д.В. Гололобов // Докл. БГУИР. – 2008. – № 8(38). – С. 30–36.

Поступила 25.03.2021

### HIGH-FREQUENCY SENSING MODES USING TWO-FREQUENCY SIGNALS FOR SEARCHING HYDROCARBONS

V. YANUSHKEVICH, S. ABRAMENKO, S. KALINTSEV, V. BOGUSH

*The article analyzes the effect of two-frequency electromagnetic waves in the regime of a powerful high-frequency signal on an anisotropic medium above hydrocarbons. The components of the tensors of the dielectric constant of the medium above the deposits are investigated. The introduction of various methods and equipment for the search for hydrocarbons based on the analysis of the material and phase components of the combined elements of the dielectric constant tensor of the medium over hydrocarbons is proposed. The characteristics of the medium above hydrocarbons for electromagnetic waves with right and left circular polarizations are investigated depending on the frequency, the ratio of signal amplitudes and specific conductivity. The modes of sounding of anisotropic media over hydrocarbons are recommended to increase the productivity of geological exploration and the accuracy of determining the boundaries of hydrocarbon deposits.*

**Keywords:** hydrocarbon reservoir, electromagnetic wave, dual-frequency signal.