

УДК 621.371: 550.837.6

DOI 10.52928/2070-1624-2024-43-2-55-61

ПРИМЕНЕНИЕ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНО-МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ПОИСКА УГЛЕВОДОРОДОВ

канд. техн. наук, доц. В. Ф. ЯНУШКЕВИЧ

(Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой)

Проведено исследование фазовых характеристик поверхностного импеданса среды над углеводородными залежами в режиме их взаимодействия с амплитудно-частотно-модулированными сигналами. Исследованы характеристики геологического профиля над месторождениями нефти и газа в зависимости от несущей частоты, модулирующей частоты и индекса модуляции. Приведено обоснование применения зондирования амплитудно-частотно-модулированными сигналами для практической реализации с целью повышения информативности и точности определения границ углеводородов. Разработан способ георазведки для определения границ углеводородов с применением амплитудно-частотно-модулированных сигналов на основе измерения фазовых характеристик поверхностного импеданса среды над залежами. Полученные результаты могут быть использованы для поисковой геофизики с целью обнаружения месторождений нефти и газа.

Ключевые слова: углеводородная залежь, тензор диэлектрической проницаемости, амплитудно-модулированный сигнал.

Введение. Современная электроразведка основана на усовершенствовании существующих электромагнитных методов (ЭММ) поиска углеводородных залежей (УВЗ) по дифференциации исследуемых сред по электромагнитным свойствам, например: по сравнению 3D-инверсии электромагнитных данных буксирной косы во временной области с 3D-инверсией обычных данных CSEM в частотной области [1], по 3D-инверсии морских данных CSEM с использованием быстрого прямого кода во временной области с конечной разностью [2]. В этой области исследований предлагается трехмерный алгоритм покадровой инверсии электрического поля для CSAMT, направленный на решение сложных задач геофизического мониторинга [3]. Развиваются комплексные подходы к морской электромагнитной съемке [4]. Показаны преимущества геоэлектрического метода вынужденной поляризации при разведке углеводородов [5].

За последние несколько лет морские электромагнитные методы с контролируемым источником (МСЕМ) успешно применялись на глубокой воде (глубина более 1 км) при разведке нефти и газа [6]. Изучение процессов происхождения нефти и газа способствует развитию ЭММ, основанных на регистрации собственного излучения залежей [7]. Метод надводной и морской электроразведки с использованием управляемого источника возбуждения предназначен для обнаружения месторождений углеводородов на глубине нескольких километров и картирования их границ [8].

Применение режимов амплитудно-частотно-модулированного (АЧМ) воздействия рассмотрено в ряде работ¹ [9]. Тем не менее, возможности зондирования анизотропных сред над залежами нефти и газа и усовершенствование существующих ЭММ поиска УВЗ для данных режимов представляют большой практический интерес с целью повышения информативности и точности определения границ углеводородов.

Методика исследований. Рассмотрим воздействие на анизотропную среду АЧМ-сигнала вида

$$e(t) = E_0(1 + k_m \cos \Omega t) \cos[\omega t + \beta \cdot \cos \Omega t], \quad (1)$$

где E_0 – амплитудное значение сигнала несущей частоты $\omega = 2\pi f$;

k_m, β – коэффициент амплитудной модуляции и индекс частотной модуляции соответственно;

Ω – модулирующая частота.

Для анализа применяются составляющие тензора $\dot{\epsilon}_1, \dot{\epsilon}_2, \dot{\epsilon}_3$, плазменная частота $\omega_{\text{П}}$, гиротропная частота $\omega_{\text{Г}}$, частота столкновения частиц ν_i , относительная диэлектрическая проницаемость среды ϵ_r , проводимость среды σ_r , диэлектрическая постоянная ϵ_0 .

При этом частотная компонента

$$\tilde{\omega}_4 = \omega [1 - k_m^2 \sin^2 \Omega t].$$

¹ Способ георазведки углеводородной залежи: пат. 16771 РБ / А. О. Бездель, В. Ф. Янушкевич, Ю. А. Щаденков. – Оpubл. 28.12.2013.

Данная характеристика отражает использование несущей, модулирующей частот и коэффициента амплитудной модуляции для повышения информативности и точности определения границ углеводородов. Влияние индекса частотной модуляции заложено в формуле для тензора. Вариация этих параметров сигналов расширяет возможности георазведки.

Составляющие тензора диэлектрической проницаемости среды для режима АЧМ-сигнала приведены в [9]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{\epsilon}_1 = \epsilon_r (1 - k_m^2 \sin^2 \Omega \cdot t) + \sum_{i=1}^2 \left\{ \frac{\omega_{\Pi i}^2 \tilde{\omega}_4}{\omega} \frac{\omega_{\Gamma i}^2 - \tilde{\omega}_4^2 - v_i^2}{(v_i^2 + \omega_{\Gamma i}^2 - \tilde{\omega}_4^2)^2 + 4\tilde{\omega}_4^2 v_i^2} + j \left[\frac{\epsilon_r \beta \cdot k_m \sin \Omega \cdot t}{1 + \beta \cdot \cos \Omega \cdot t} - \frac{\sigma_r}{\omega \epsilon_0} - \frac{\omega_{\Pi i}^2 v_i}{\omega} \frac{\tilde{\omega}_4^2 + v_i^2 + \omega_{\Gamma i}^2}{(v_i^2 + \omega_{\Gamma i}^2 - \tilde{\omega}_4^2)^2 + 4\tilde{\omega}_4^2 v_i^2} \right] \right\} \\ \dot{\epsilon}_2 = \sum_{i=1}^2 \left\{ \frac{\omega_{\Pi i}^2 \omega_{\Gamma i}}{\omega} \frac{\omega_{\Gamma i}^2 - \tilde{\omega}_4^2 + v_i^2}{(v_i^2 + \omega_{\Gamma i}^2 - \tilde{\omega}_4^2)^2 + 4\tilde{\omega}_4^2 v_i^2} - \frac{2j \tilde{\omega}_4 v_i \omega_{\Pi i}^2 \omega_{\Gamma i}}{\omega [(v_i^2 + \omega_{\Gamma i}^2 - \tilde{\omega}_4^2)^2 + 4\tilde{\omega}_4^2 v_i^2]} \right\} \\ \dot{\epsilon}_3 = \epsilon_r (1 - k_m^2 \sin^2 \Omega \cdot t) + \sum_{i=1}^2 \left\{ \frac{\omega_{\Pi i}^2 \tilde{\omega}_4}{\omega} \frac{1}{v_i^2 + \tilde{\omega}_4^2} + j \left[\frac{\epsilon_r \beta \cdot k_m \sin \Omega \cdot t}{1 + \beta \cdot \cos \Omega \cdot t} - \frac{\sigma_r}{\omega \epsilon_0} - \frac{\omega_{\Pi i}^2 v_i}{\omega} \frac{1}{\tilde{\omega}_4^2 + v_i^2} \right] \right\} \end{array} \right. \quad (2)$$

Методика исследований состоит в расчете суммарных и разностных составляющих тензора диэлектрической проницаемости среды

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{\epsilon}_R = \dot{\epsilon}_1 + \dot{\epsilon}_2 = \text{Re} \dot{\epsilon}_R + j \text{Im} \dot{\epsilon}_R; \\ \dot{\epsilon}_L = \dot{\epsilon}_1 - \dot{\epsilon}_2 = \text{Re} \dot{\epsilon}_L + j \text{Im} \dot{\epsilon}_L \end{array} \right. \quad (3)$$

и фазовых составляющих $\arg \dot{Z}_{11}$ и $\arg \dot{Z}_{21}$ поверхностного импеданса среды над УВЗ

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{Z}_{11} = \dot{Z}_{22} = -\frac{1}{2j\sqrt{\epsilon_R \dot{\epsilon}_L}} (\sqrt{\epsilon_R} - \sqrt{\epsilon_L}); \\ \dot{Z}_{12} = \dot{Z}_{21} = \frac{1}{2\sqrt{\epsilon_R \dot{\epsilon}_L}} (\sqrt{\epsilon_R} + \sqrt{\epsilon_L}), \end{array} \right. \quad (4)$$

для параметров среды над залежами углеводородов [9]: значения диэлектрической проницаемости вмещающих пород $\epsilon_r = 1 - 30$ и электрической проводимости $\sigma_r = 1 \cdot 10^{-5} - 1$ См/м, концентрации частиц $N_e = 10^{16} \text{ м}^{-3}$, $N_n = 10^{18} \text{ м}^{-3}$, частота столкновения частиц $\nu = 1 \cdot 10^9 - 1 \cdot 10^{10}$ рад/с.

Результаты исследований. Фазовые характеристики составляющей поверхностного импеданса среды над УВЗ \dot{Z}_{11} в зависимости от индекса модуляции для $f = 10^8$ Гц и $F = 10^6$ Гц приведены на рисунке 1. Характерно постоянство фазы данной составляющей поверхностного импеданса с наличием положительных или отрицательных значений. Наиболее информативны значения индексов модуляции $\beta = (1 - 3)$, когда фаза отрицательна и $\beta = (3 - 4)$, когда наблюдается скачкообразное увеличение фазовой характеристики поверхностного импеданса исследуемых сред для $\epsilon_r = 4, 3$, $k_m = 0, 5$.

На фазовые характеристики данной составляющей поверхностного импеданса не влияет диапазон индексов модуляции (4 - 100).

Применение для зондирования АЧМ-сигнала (1) с частотой модуляции $F = 5 \cdot 10^6$ Гц при несущей частоте $f = 10^8$ Гц приводит к влиянию индекса модуляции на фазовые характеристики составляющей поверхностного импеданса среды над УВЗ \dot{Z}_{11} (рисунок 2). Для $\epsilon = 4, 0$, $k_m = 0, 5$ наблюдается рост $\arg \dot{Z}_{11}$ от -3 рад ($\beta = 1$) до $+2, 8$ рад ($\beta = 2$), уменьшение фазы с переходом через нуль на отрезке $\beta = (2 - 10)$ и дальнейшее уменьшение до $-0, 5$ рад при $\beta \approx 95$. Для $\epsilon_r = 4, 3$, $k_m = 1, 0$ происходит уменьшение $\arg \dot{Z}_{11}$ от $+2, 4$ рад ($\beta = 1$) до $+1, 4$ рад ($\beta = 95$), при дальнейшей вариации индекса модуляции изменение фазы несущественно.

Для $\epsilon_r = 10$, $k_m = 0,1$ влияние индекса модуляции на фазовые характеристики составляющей поверхностного импеданса среды над УВЗ \dot{Z}_{11} происходит на отрезке $\beta = (1 - 10)$.

Фазовые характеристики составляющей поверхностного импеданса среды над УВЗ \dot{Z}_{11} в зависимости от индекса модуляции для $f = 10^9$ Гц и $F = 10^7$ Гц приведены на рисунке 3. Для данных режимов зондирования характерно скачкообразное увеличение фазовой характеристики поверхностного импеданса исследуемых сред на отрезке $\beta = (1 - 2)$, незначительное уменьшение фазы при $\beta = (2 - 10)$ и практически отсутствие влияния на $\arg \dot{Z}_{11}$ при дальнейшем росте β .

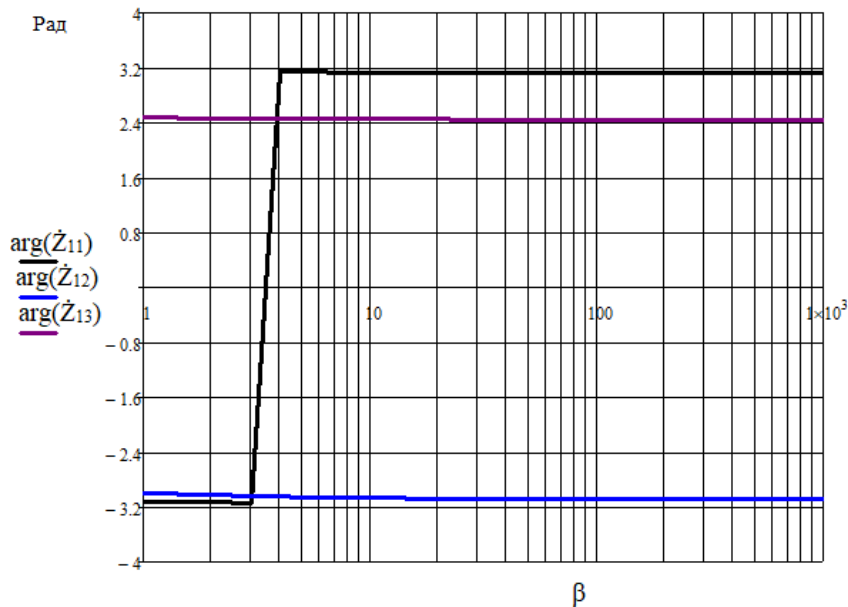


Рисунок 1. – Зависимости $\arg(\dot{Z}_{11}(\beta))$ для $\epsilon_r = 4,3$, $k_m = 0,5$;
 $\arg(\dot{Z}_{12}(\beta))$ для $\epsilon_r = 4,3$, $k_m = 1,0$; $\arg(\dot{Z}_{13}(\beta))$ для $\epsilon_r = 10$, $k_m = 0,1$

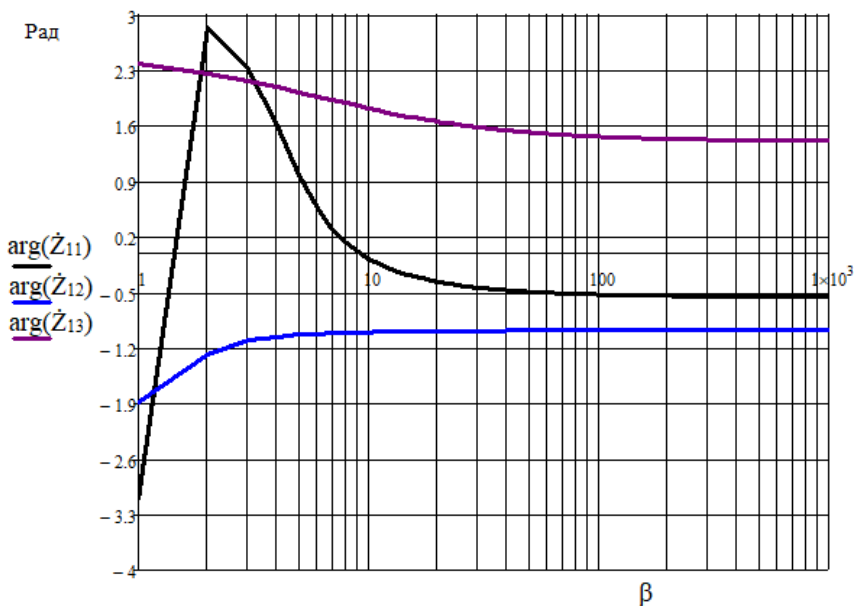


Рисунок 2. – Зависимости $\arg(\dot{Z}_{11}(\beta))$ для $\epsilon_r = 4,3$, $k_m = 0,5$;
 $\arg(\dot{Z}_{12}(\beta))$ для $\epsilon_r = 4,3$, $k_m = 1,0$; $\arg(\dot{Z}_{13}(\beta))$ для $\epsilon_r = 10$, $k_m = 0,1$

Применение для зондирования АЧМ сигнала с частотой модуляции $F = 10^6$ Гц при несущей частоте $f = 2 \cdot 10^9$ Гц приводит к влиянию индекса модуляции на фазовые характеристики составляющей поверхностного импеданса среды над УВЗ \dot{Z}_{11} (рисунок 4) на отрезке $\beta = (1 - 10)$ для $\epsilon_r = 20,0$, $k_m = 0,1$ на отрезке $\beta = (1 - 95)$ для $\epsilon_r = 10$, $k_m = 1,0$ и $\epsilon_r = 7,0$, $k_m = 0,5$.

Фазовые характеристики составляющей поверхностного импеданса среды над УВЗ \dot{Z}_{21} (4) в зависимости от индекса модуляции для $f = 10^8$ Гц и $F = 10^6$ Гц приведены на рисунке 5. Характерно постоянство фазы данной составляющей поверхностного импеданса с наличием положительных значений. Происходит уменьшение фазы $\arg \dot{Z}_{21}$ от $-0,30$ рад ($\beta = 1$) до $-0,46$ рад ($\beta = 10$), уменьшение фазы с переходом через нуль на отрезке $\beta = (2 - 10)$ и дальнейшее уменьшение до $-0,77$ рад при $\beta \approx 95$.

Применение для зондирования АЧМ сигнала (1) с частотой модуляции $F = 5 \cdot 10^6$ Гц при несущей частоте $f = 10^8$ Гц приводит к влиянию индекса модуляции на фазовые характеристики составляющей поверхностного импеданса среды над УВЗ \dot{Z}_{21} (рисунок 6).

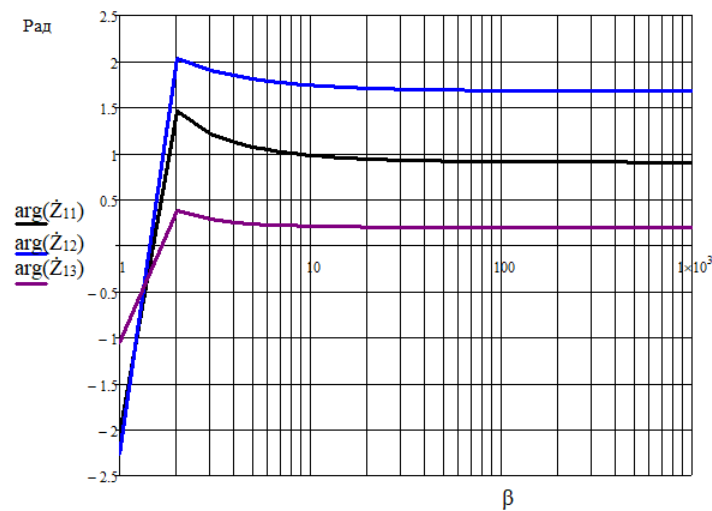


Рисунок 3. – Зависимости $\arg(\dot{Z}_{11}(\beta))$ для $\epsilon_r = 7,0$, $k_m = 0,5$; $\arg(\dot{Z}_{12}(\beta))$ для $\epsilon_r = 10$, $k_m = 1,0$; $\arg(\dot{Z}_{13}(\beta))$ для $\epsilon_r = 20,0$, $k_m = 0,1$

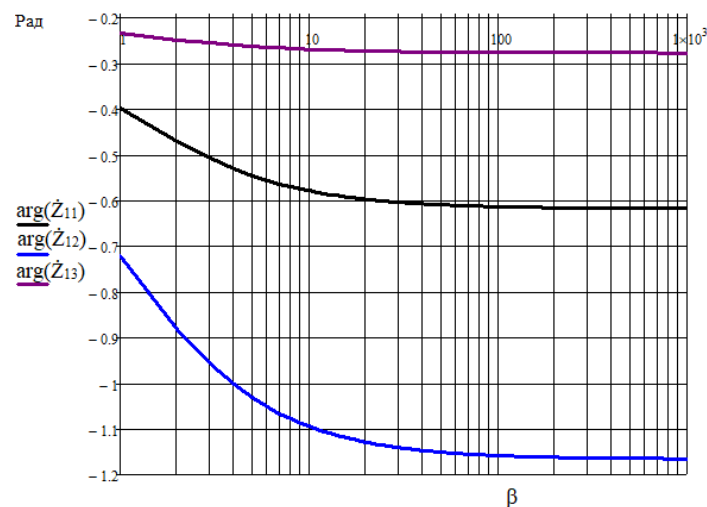


Рисунок 4. – Зависимости $\arg(\dot{Z}_{11}(\beta))$ для $\epsilon_r = 7,0$, $k_m = 0,5$; $\arg(\dot{Z}_{12}(\beta))$ для $\epsilon_r = 10$, $k_m = 1,0$; $\arg(\dot{Z}_{13}(\beta))$ для $\epsilon_r = 20,0$, $k_m = 0,1$

Для $\epsilon_r = 4,0$, $k_m = 0,5$ наблюдается уменьшение $\arg \dot{Z}_{21}$ от 0,95 рад ($\beta = 1$) до $-0,85$ рад ($\beta = 2$) с незначительным изменением фазы при дальнейшей вариации индекса модуляции. Для $\epsilon_r = 4,3$, $k_m = 1,0$ происходит уменьшение $\arg \dot{Z}_{21}$ от $+0,58$ рад ($\beta = 1$) до $-0,62$ рад ($\beta = 95$), при дальнейшем изменении индекса модуляции изменение фазы незначительно. Для $\epsilon_r = 10$, $k_m = 1,0$ происходит уменьшение $\arg \dot{Z}_{21}$ от $+0,30$ рад ($\beta = 1$) до $-0,77$ рад ($\beta = 95$), при дальнейшем изменении индекса модуляции изменение фазовой характеристики незначительно.

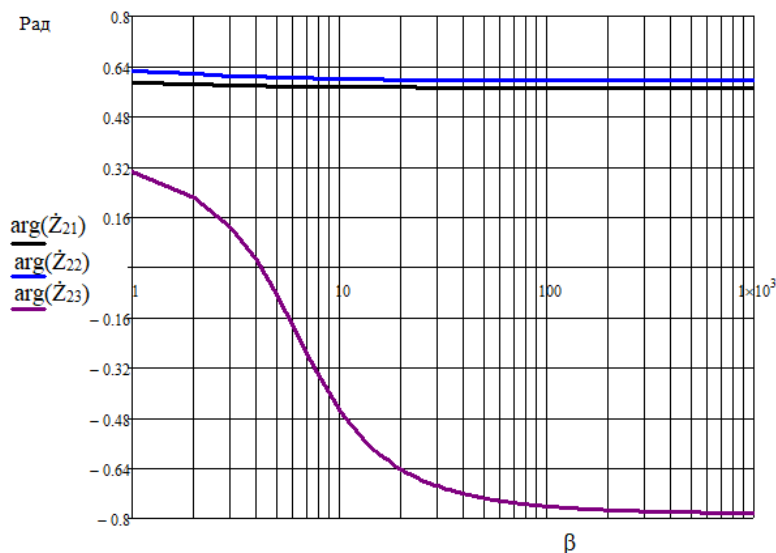


Рисунок 5. – Зависимости $\arg(\dot{Z}_{21}(\beta))$ для $\epsilon_r = 4,0$, $k_m = 0,5$; $\arg(\dot{Z}_{22}(\beta))$ для $\epsilon_r = 4,3$, $k_m = 1,0$; $\arg(\dot{Z}_{23}(\beta))$ для $\epsilon_r = 10$, $k_m = 1,0$

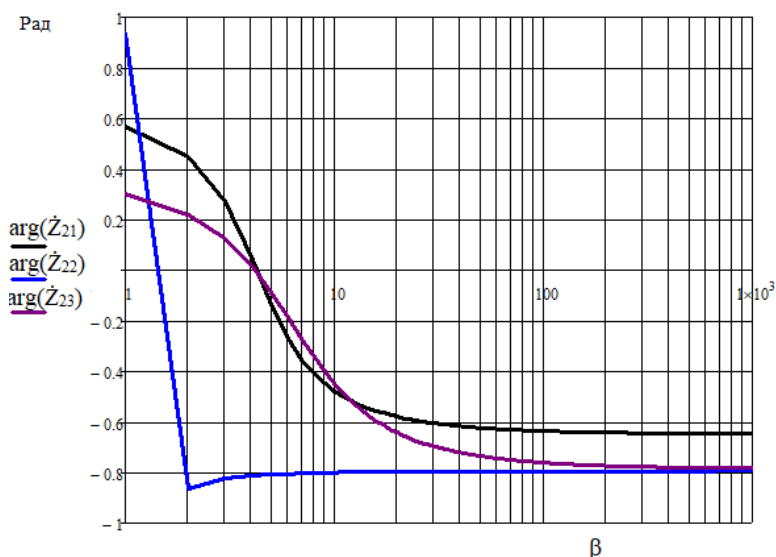


Рисунок 6. – Зависимости $\arg(\dot{Z}_{21}(\beta))$ для $\epsilon_r = 4,0$, $k_m = 0,5$; $\arg(\dot{Z}_{22}(\beta))$ для $\epsilon_r = 4,3$, $k_m = 1,0$; $\arg(\dot{Z}_{23}(\beta))$ для $\epsilon_r = 10$, $k_m = 1,0$

Установлено, что информативность поиска на несущей частоте $f = 2 \cdot 10^9$ Гц повышается при зондировании АЧМ-сигналом с частотой модуляции $F = 50 \cdot 10^6$ Гц для индексов модуляции $\beta = (1-5)$, с частотой модуляции $F = 10^8$ Гц для индексов модуляции $\beta = (1-3)$. Также проводились исследования

при вариации концентрации частиц в диапазоне $N_c = N_n = (10^{15} - 10^{18}) \text{ м}^{-3}$, подтвердившие эффективность применяемых характеристик АЧМ-сигналов.

Установлен рост фазы тензоров диэлектрической проницаемости от $-1,57$ рад до $0,35$ рад на частотах (1 МГц – 1 ГГц) с $\beta = 5$, модулирующей круговой частотой $\Omega = 10^4$ рад/с, причем на частоте 1 ГГц происходит скачкообразное уменьшение фазы суммарной компоненты (3) до $-1,57$ рад и скачкообразное увеличение фазы разностной компоненты до $1,57$ рад, резонансное увеличение модуля \dot{Z}_{11} до $(0,5 \cdot 10^{-3} - 2,5 \cdot 10^{-3})$ Ом при $\beta = (1 - 10)$, увеличение его фазы от $-2,64$ рад до $-0,86$ рад, уменьшение модуля \dot{Z}_{21} от $0,0344$ Ом до 0 Ом при $\beta = (1 - 100)$, увеличение его фазы от $0,79$ рад до $1,57$ рад, уменьшение мнимой составляющей суммарной компоненты от $-273,4$ до $-3,47 \cdot 10^3$ при $\varepsilon_r = 1 - 30$ для $\beta = 10$, для $k_m = 0,5$ и $f = 10^7$ Гц для режима АЧМ-сигналов.

Заключение. Теоретический анализ взаимодействия амплитудно-частотно-модулированных сигналов с анизотропными средами над углеводородами показал:

- зондирование такими сигналами представляет большой практический интерес для повышения информативности и точности определения границ углеводородов;
- для определения границ углеводородов может быть предложен способ геоэлектроразведки с применением амплитудно-частотно-модулированных сигналов на основе измерения фазовых характеристик поверхностного импеданса среды над залежами на несущих частотах $(0,1 - 2,0)$ ГГц с частотой модуляции $F = (1 - 100)$ МГц при коэффициентах амплитудной модуляции в диапазоне $0,1 - 1,0$ и индексах частотной модуляции в интервале $1 - 95$.

ЛИТЕРАТУРА

1. 3D inversion of towed streamer EM data: a model study of the Harding field with comparison to CSEM / M. Zhdanov, C. Anderson, M. Endo et al. // *First Break*. – 2012. – Vol. 30, iss. 4. – P. 71–74. – DOI: [10.3997/1365-2397.30.4.57977](https://doi.org/10.3997/1365-2397.30.4.57977).
2. 3D inversion of marine CSEM data using a fast finite-difference time-domain forward code and approximate Hessian-based optimization / J. J. Zach, A. K. Bjorke, T. Storen et al. // *SEG Technical Program Expanded Abstracts*. – 2008. – Vol. 27, iss. 1. – P. 614–618. – DOI: [10.1190/1.3063726](https://doi.org/10.1190/1.3063726).
3. Research on 3D Time-Lapse Electric Field Inversion Algorithm for Controlled Source Audio-Frequency Magnetotelluric Method / Q. Sun, H. Tan, W. Wan et al. // *Applied Sciences*. – 2024. – Vol. 14, iss. 4. – P. 1560. – DOI: [10.3390/app14041560](https://doi.org/10.3390/app14041560).
4. Anderson C., Mattsson J. An integrated approach to marine electromagnetic surveying using a towed streamer and source // *First Break*. – 2010. – Vol. 28, iss. 5. – P. 71–75. – DOI: [10.3997/1365-2397.28.5.38986](https://doi.org/10.3997/1365-2397.28.5.38986).
5. Benefits of the induced polarization geoelectric method to hydrocarbon exploration / P. Veeken, P. J. Legeydo, Y. A. Davidenko et al. // *Geophysics*. – 2009. – Vol. 74, iss. № 2. – P. B47–B59. – DOI: [10.1190/1.3076607](https://doi.org/10.1190/1.3076607).
6. Chen, J., Alumbaugh D. L. Three methods for mitigating airwaves in shallow water marine controlled-source electromagnetic data // *Geophysics*. – 2011. – Vol. 76, iss. 2. – P. F89–F99. – DOI: <https://doi.org/10.1190/1.3536641>.
7. Гулиев И. И. Современные взгляды на происхождение нефти и газа // *Научные труды НИПИ «Нефтегаз»*. – 2013. – № 4. – С. 21–24.
8. Davydycheva S., Rykhlini N., Legeido P. Electrical-prospecting method for hydrocarbon search using the induced-polarization effect // *Geophysics*. – 2006. – Vol. 71, iss. 4. – P. G179–G189. – DOI: [10.1190/1.2217367](https://doi.org/10.1190/1.2217367).
9. Янушкевич, В. Ф., Щаденков Ю. А., Бездель А. О. Фазовые характеристики поверхностного импеданса среды над углеводородами при амплитудно-частотном модулированном воздействии // *Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. С, Фундам. науки*. – 2010. – № 9. – С. 111–115.

REFERENCES

1. Zhdanov, M., Anderson, C., Endo, M., Cox, L., Čuma, M., Wilson, G. A., ... Gribenko, A. V. (2012). 3D inversion of towed streamer EM data: a model study of the Harding field with comparison to CSEM. *First Break*, 30(4), 71–74. DOI: [10.3997/1365-2397.30.4.57977](https://doi.org/10.3997/1365-2397.30.4.57977).
2. Zach, J. J., Bjorke, A. K., Storen, T., & Maaø, F. (2008). 3D inversion of marine CSEM data using a fast finite-difference time-domain forward code and approximate Hessian-based optimization. *SEG Technical Program Expanded Abstracts*, 27(1), 614–618. DOI: [10.1190/1.3063726](https://doi.org/10.1190/1.3063726).
3. Sun, Q., Tan, H., Wan, W., & Hu, Q. (2024). Research on 3D Time-Lapse Electric Field Inversion Algorithm for Controlled Source Audio-Frequency Magnetotelluric Method. *Applied Sciences*, 14(4), 1560. DOI: [10.3390/app14041560](https://doi.org/10.3390/app14041560).
4. Anderson, C., & Mattsson, J. (2010). An integrated approach to marine electromagnetic surveying using a towed streamer and source. *First Break*, 28(5), 71–75. DOI: [10.3997/1365-2397.28.5.38986](https://doi.org/10.3997/1365-2397.28.5.38986).
5. Veeken, P., Legeydo, P. J., Davidenko, Y. A., Kudryavceva, E. O., Ivanov, S. A., & Chuyayev, A. (2009). Benefits of the induced polarization geoelectric method to hydrocarbon exploration. *Geophysics*, 74(2), B47–B59. DOI: [10.1190/1.3076607](https://doi.org/10.1190/1.3076607).
6. Chen, J., & Alumbaugh, D. L. (2011). Three methods for mitigating airwaves in shallow water marine controlled-source electromagnetic data. *Geophysics*, 76(2), F89–F99. DOI: <https://doi.org/10.1190/1.3536641>.

7. Guliev, I. I. (2013). Sovremennye vzgljady na proishozhdenie nefiti i gaza [Current views on the origin of the oil and gas]. *Nauchnye trudy NIPi «Neftegaz»*, (4), 21–24. (In Russ., abstr. in Engl.).
8. Davydycheva, S., Rykhlini, N., & Legeido, P. (2006). Electrical-prospecting method for hydrocarbon search using the induced-polarization effect. *Geophysics*, 71(4), G179–G189. DOI: [10.1190/1.2217367](https://doi.org/10.1190/1.2217367).
9. Janushkevich, V. F., Shhadenkov, Ju. A., & Bezdell, A. O. (2010). Fazovye harakteristiki poverhnostnogo impedansa sredy nad uglevodorodami pri amplitudno-chastotnom modulirovannom vozdejstvii [Phase Characteristics of Surface Impedance of the Environment over Hydrocarbons at Amplitude-Frequency-Modulated Influence]. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya C, Fundamental'nye nauki [Herald of Polotsk State University. Series C. Fundamental sciences]*, (9), 111–115. (In Russ., abstr. in Engl.).

Поступила 23.09.2024

APPLICATION OF AMPLITUDE-FREQUENCY-MODULATED SIGNALS FOR HYDROCARBON SEARCH

V. YANUSHKEVICH

(Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk)

The phase characteristics of the surface impedance of the medium above hydrocarbon deposits were studied in the mode of their interaction with amplitude-frequency-modulated signals. The characteristics of the geological profile above oil and gas deposits were investigated depending on the carrier frequency, modulating frequency and modulation index. The rationale for using sounding with amplitude-frequency-modulated signals for practical implementation in order to increase the information content and accuracy of determining hydrocarbon boundaries was provided. A method for geoelectric exploration was developed to determine hydrocarbon boundaries using amplitude-frequency-modulated signals based on measuring the phase characteristics of the surface impedance of the medium above the deposits. The results obtained can be used for exploration geophysics in order to detect oil and gas deposits.

Keywords: *hydrocarbon deposit, permittivity tensor, amplitude-modulated signal.*