

УДК 621.371: 550.837.6

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АМПЛИТУДНО-МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ С УГЛЕВОДОРОДАМИ

М. В. ИЗОИТКО

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

Проведено исследование особенностей взаимодействия амплитудно-модулированных сигналов с углеводородами. Установлены частоты несущего сигнала и модуляции, для которых контраст отражательных характеристик среды над углеводородами минимален в режиме продольного распространения электромагнитных волн вдоль исследуемой поверхности залежей. Полученные результаты теоретических исследований взаимодействия могут быть использованы для поисковой геофизики с целью обнаружения месторождений углеводородных залежей.

Ключевые слова: углеводородная залежь, анизотропная среда, амплитудно-модулированный сигнал.

Введение. Актуальность применения электромагнитных волн (ЭМВ) для дифференциации анизотропных сред (АС) над углеводородами [1-5] вызвана развитием методов поиска и обнаружения углеводородных залежей (УВЗ) [6-11].

Проводятся исследования по применению радиоконфлексирования методов элетроразведки [2]. Система нестационарного электромагнитного поля с малым петлевым источником выгодна для разработки компактных автономных приборов, которые хорошо подходят для подводной съемки [11]. Методы вызванной поляризации находят широкое применение при поисковых работах на нефтеперспективных площадях [8]. Крупномасштабная трёхмерная (3D) геофизическая визуализация с контролируемым источником (CSEM) в настоящее время привлекает значительное внимание для картирования электропроводности потенциальных морских нефтегазовых резервуаров [9]. Применяются различные источники формирования ЭМВ, например нестационарный генератор электрического поля с применением диполя в проводящей среде [10].

Методика исследований. Целью данной работы является проведение исследований контраста коэффициента отражения между точками измерения АС над залежью УВЗ в режиме амплитудной модуляции вида

$$e(t) = E(1 + k_m \cos \Omega t) \cos \omega t, \quad (1)$$

где E – амплитуда несущего колебания;

k_m – коэффициент амплитудной модуляции;

$\Omega = 2\pi F$, $\omega = 2\pi f$ – соответственно модулирующая и несущая частоты.

Исследования основаны на определении контраста коэффициента отражения между точками измерения АС над залежью УВЗ и контрольной точкой измерения, расположенной вне зоны углеводородов по формуле [2]:

$$\Delta R = 20 \lg \left| \dot{R}_p - \dot{R}_{BB} \right|, \quad (2)$$

где $\dot{R}_p$ – коэффициент отражения ЭМВ в контрольной точке измерений;

$\dot{R}_{BB}$ – коэффициент отражения ЭМВ в точках геопрофиля АС над залежью углеводородов.

Результаты исследований. Зависимости контраста отражательных характеристик для $\cos \theta = 0,8$ и частоты модуляции $F = 10^5$ Гц приведены на рисунке 1. Характерно увеличение контраста с большей крутизной характеристики для более низких значений частоты несущего сигнала ($f = (1 \cdot 10^6 - 1 \cdot 10^7)$ Гц). В диапазоне частот $f = (1 \cdot 10^7 - 3 \cdot 10^7)$ Гц контраст отражательных характеристик увеличивается с меньшей крутизной характеристики.

Происходит уменьшение величин исследуемой характеристики при использовании значений частоты несущего сигнала $f = (3 \cdot 10^7 - 4 \cdot 10^7)$ Гц. На отрезке частот $f = (4 \cdot 10^7 - 1 \cdot 10^{10})$ Гц вариации контраста отражательных характеристик АС над углеводородами незначительны.

Закономерности поведения контраста отражательных характеристик для $\cos \theta = 0,8$ и частоты модуляции $F = 10^5$ Гц подобны зависимостям контраста отражательных характеристик для $\cos \theta = 0$ и частоты модуляции $F = 10^5$ Гц за исключением численных значений. Моделирование взаимодействия ЭМВ со средами над углеводородами для $\cos \theta = 1$ и частоты модуляции $F = 10^5$ Гц (т.е. для продольного распространения сигнала вдоль поверхности) показало, что в этом режиме наиболее целесообразно применение диапазона несущих частот $f = (1 \cdot 10^8 - 1 \cdot 10^9)$ Гц.

Контраст отражательных характеристик уменьшается с большой крутизной характеристики в диапазоне частот $f = (1 \cdot 10^8 - 4 \cdot 10^8)$ Гц. Частота зондирования $4 \cdot 10^8$ Гц характерна тем, что на ней величина контраста отражательных характеристик среды над УВЗ минимальна. При дальнейшем увеличении частоты несущего сигнала происходит увеличение значений исследуемой характеристики и практически стабилизация контраста отражательных характеристик для диапазона несущих частот $f = (3 \cdot 10^9 - 10 \cdot 10^9)$ Гц.

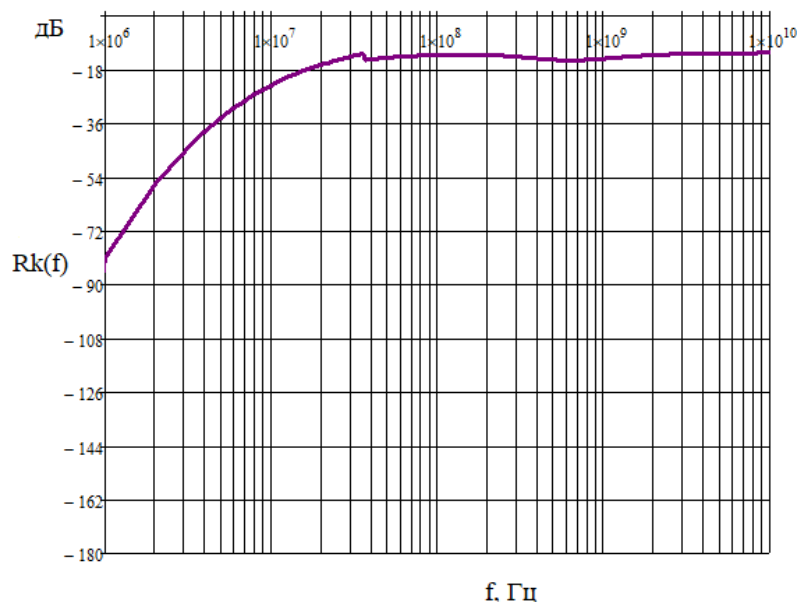


Рисунок 1. – Контраст отражательных характеристик для $\cos\theta = 0,8$ и частоты модуляции $F = 10^5$ Гц

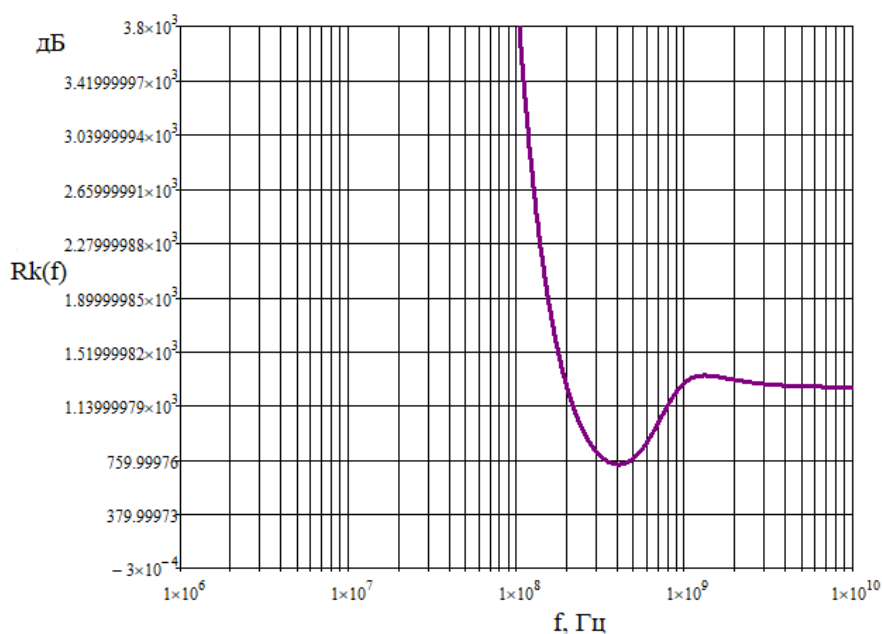


Рисунок 2. – Контраст отражательных характеристик для $\cos\theta = 1$ и частоты модуляции $F = 10^5$ Гц

Полученные результаты могут быть применены для решения задач по поиску углеводородов в способе электроразведки с применением контраста отражательных характеристик АС над залежами для фиксации границ полезных ископаемых. При этом исследуемую зону предполагаемой залежи углеводородов облучают ЭМВ с вертикальной поляризацией в режиме амплитудно-модулированных сигналов

в диапазоне частот несущего колебания $f = (1 \cdot 10^4 - 1 \cdot 10^9)$ Гц в точках, расположенных как в области предполагаемой залежи, так и в тестовой точке, находящейся вне контура залежи, в каждой точке измерений принимают отраженную волну, определяют коэффициент отражения, по аномальной величине контраста отражательных характеристик между указанными точками измерений устанавливают границы залежей полезных ископаемых.

В качестве отличительных признаков данного способа от аналогичных следует отметить новые режимы облучения ЭМВ и приема сигнала, иные параметры для измерительных сигналов в используемых диапазонах частот. Благодаря этим признакам повышается точность определения границ УВЗ. Угол падения ЭМВ можно выбрать в пределах $\theta = (0^\circ - 90^\circ)$.

Закключение. Проведенные исследования отражательных характеристик среды над углеводородами показали, что контраст отражательных характеристик среды над УВЗ минимален при частоте зондирования $4 \cdot 10^8$ Гц для режима продольного распространения ЭМВ вдоль поверхности и частоты модуляции $F = 10^5$ Гц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буддо, И.В. Прецизионная инверсия данных ЗСБ при поисках нефти и газа на юге Сибирской платформы / И.В. Буддо, А.В. Поспеев // Иркутск: Изд-во ИГУ. – 2019. – 149 с.
2. Янушкевич, В.Ф. Электромагнитные методы поиска и идентификации углеводородных залежей / В.Ф. Янушкевич. – Новополоцк, ПГУ, 2017. – 232с.
3. Токарева, М.Г. Одна из реализаций решения задачи ВП на примере реальной геофизической среды. // Труды пятой международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы электронного машиностроения». – Новосибирск, 2000. – Т.3. – с.52 – 55.
4. Asch, T. Mapping and monitoring electrical resistivity with surface and surface electrode arrays / T. Asch, Morrison // Geophysics, 1989. – С. 235 – 244.
5. Легейдо, П.Ю. Дифференциально-нормированные методы геоэлектроразведки / Под ред. М.М. Мандельбаума. Методическое пособие. – Иркутск, 1996. – 145 с.
6. Weitemeyer, K. A. First results from a marine controlled-source electromagnetic survey to detect gas hydrates offshore Oregon / K. A. Weitemeyer, // – 2006. Geophysical Research Letters. – Vol. 33. – №. 3. – P. L03304.
7. Бурдаков, Д.А. Мониторинг фронта завода карбонатных коллекторов нижнего кембрия методом 4Д электроразведки / Бурдаков, Д.А. [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2020. – № 9. – С. 30 – 34.
8. Моисеев, В.С. Метод вызванной поляризации при поисках нефтеперспективных площадей / В.С. Моисеев. –Новосибирск: Наука, 2002. – 135с.
9. Commer, M. Massively parallel electrical-conductivity imaging of hydrocarbons using the IBM Blue Gene/L supercompute IBM / M. Commer [et al.] // Journal of Research and Development. – 2008. – Vol. 52. – №. 1. P. 93 – 103.
10. Kaufman, A.A. The transient field electrical dipole source on a conducting medium / A.A. Kaufman. – New York, 1988. – P.50.
11. Jang, H. Transient Electromagnetic Responses with Induced Polarization Effects of Deep-Sea Hydrothermal Deposits / H, Jang, H.J. Kim, M.J. Nam // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. – 2016. – Vol. 54. – P. 7272 – 7278.