

УДК 550.83:550.89

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВУХЧАСТОТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

В.Ф. Янушкевич

Полоцкий государственный университет

Новополоцк, Беларусь

В настоящее время возросли требования к использованию в поисковой геофизике более эффективных и достоверных методов электроразведки. Для поиска, оконтуривания и идентификации месторождений нефти и газа (углеводородов) широко применяются различные методы электроразведки, основанные на связи электрических характеристик применяемой аппаратуры со свойствами исследуемой среды [1].

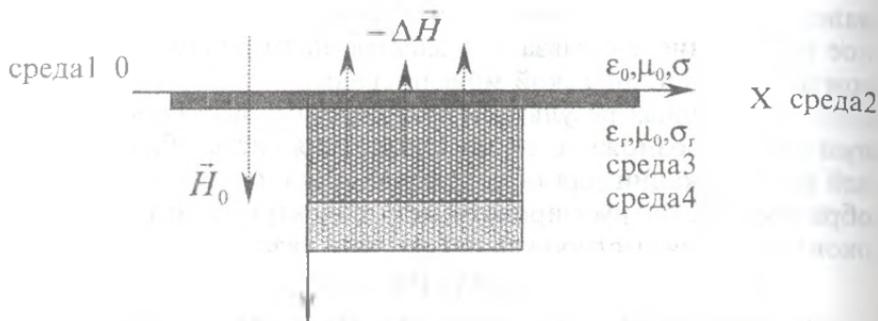


Рис. 1. Модель разреза геологического профиля с включением УВЗ

В данной работе проводится моделирование УВЗ, основанное на применении радиоволновых методов и изучения электродинамических характеристик исследуемой среды. Модель разреза геологического профиля с УВЗ представлена на рис. 1 [2].

Окружающее углеводороды пространство (среда 1) находится в физическом, химическом и термодинамическом равновесии с контуром вмещающих пород (среда 2). Однако это выполняется для среды вне контура залежи углеводородов. Вмещающие породы в этой области содержат твердый кристаллический скелет пород, пронизанный электролитом водных растворов солей и проводящими включениями за счет минералов с электронной проводимостью. Над залежью углеводородов (среда 4) под действием высоких температур и пластового давления происходят поляризационные процессы [3] и на границе контакта с окружающей УВЗ средой 2 образуется промежуточная область (среда 3), характеризующаяся избытком свободных электронов, преобладанием восстановительных процессов, связанных с переходом ряда химических элементов осадочных пород в низковалентное состояние.

Диэлектрические свойства входящих в состав УВЗ твердых, жидких и газообразных веществ определяются диэлектрической проницаемостью ϵ_r . Вклад каждой фазы в общую эффективную диэлектрическую проницаемость породы обуславливается химико-минеральным составом частиц скелета, их количеством, размером и формой, структурой и текстурой пород и т.д. Установлено, что наибольшее влияние на диэлектрическую проницаемость оказывают пористость, влажность и объемное нефтенасыщение [4]. Поэтому среда была смоделирована таким образом, чтобы взятое за основу расчетов значение диэлектрической проницаемости $\epsilon_r=10$ ха-

рактизовались коэффициентами пористости, водонасыщения и объемного нефтенасыщения, соответствующим реальным значениям песчано-алевритовых фракций над залежью углеводородов.

Было выведено значение тензора диэлектрической проницаемости среды для случая двухчастотного взаимодействия:

$$k_E = \frac{E_2}{E_1} \ll 1 \text{ и } k_\omega = \frac{\omega_1}{\omega_2} \ll 1 \quad (1.1)$$

где $E_1, E_2, \omega_1, \omega_2$ соответственно амплитуды и частоты волн, взаимодействующих с залежью.

Для данного случая компоненты тензора $\hat{\epsilon}$ имеют вид:

$$\begin{cases} \epsilon_1 = \epsilon_r \cdot \frac{\tilde{\omega}_1}{\omega_2} + \frac{\omega_\pi^2 \tilde{\omega}_1}{\omega_2} \cdot \frac{\omega_\Gamma^2 - \tilde{\omega}_1^2 - v^2}{(v^2 + \omega_\Gamma^2 - \tilde{\omega}_1^2)^2 + 4\tilde{\omega}_1^2 v^2} - \\ - j \left[\frac{-\epsilon_2 k_E (1 - k_\omega) \sin \alpha}{1 + k_E \cos \alpha} + \frac{\sigma_2}{\omega_2 \epsilon_0} + \frac{\omega_\pi^2 v}{\omega_2} \cdot \frac{\tilde{\omega}_1^2 + v^2 + \omega_\Gamma^2}{(v^2 + \omega_\Gamma^2 - \tilde{\omega}_1^2)^2 + 4\tilde{\omega}_1^2 v^2} \right] \\ \epsilon_2 = \frac{\omega_\pi^2 \tilde{\omega}_1}{\omega_2} \cdot \frac{v^2 + \omega_\Gamma^2 - \tilde{\omega}_1^2}{(v^2 + \omega_\Gamma^2 - \tilde{\omega}_1^2)^2 + 4\tilde{\omega}_1^2 v^2} - \frac{2j\tilde{\omega}_1 v \omega_\pi^2 \omega_\Gamma}{\omega_2 [(v^2 + \omega_\Gamma^2 - \tilde{\omega}_1^2)^2 + 4\tilde{\omega}_1^2 v^2]} \\ \epsilon_3 = \epsilon_r \cdot \frac{\tilde{\omega}_1}{\omega_2} + \frac{\omega_\pi^2 \tilde{\omega}_1}{\omega_2} \cdot \frac{1}{\tilde{\omega}_1^2 + v^2} - j \left[\frac{-\epsilon_2 k_E (1 - k_\omega) \sin \alpha}{1 + k_E \cos \alpha} + \frac{\sigma_2}{\omega_2 \epsilon_0} + \frac{\omega_\pi^2 v}{\omega_2} \cdot \frac{1}{\tilde{\omega}_1^2 + v^2} \right] \end{cases} \quad (1.2)$$

Где $\alpha = \Delta\omega = \omega_2 - \omega_1$, σ_2, v, ϵ_0 — соответственно проводимость УВЗ, частота столкновения частиц и диэлектрическая проницаемость вакуума, ω_Γ и ω_π — гиротропная и плазменная частоты.

Частотная компонента $\tilde{\omega}_1$ определяется по формуле:

$$\tilde{\omega}_1 = \omega_2 (k_\omega + k_E^2 + k_E (1 - k_\omega) \cos \alpha) \quad (1.3)$$

Был проведен анализ компонентов данного тензора на ЭВМ с использованием параметров $\sigma_2 = 10^{-2}$ См/м, $v = 10^9$ с⁻¹, $\epsilon_r = 10$, $N_e = N_n = 10^{16}$ м⁻³. Расчет проводился для вещественных частей $\epsilon_R = \epsilon_1 + \epsilon_2$ и $\epsilon_L = \epsilon_1 - \epsilon_2$. Диапазон частот выбирался в пределах от 100 кГц до 10 ГГц.

Установлено, что аномальное увеличение напряженности поля поверхностной волны над УВЗ наблюдается в диапазоне частот 10-100 МГц, так как именно в этой области вещественные части диэлектрических проницаемостей ϵ_r и ϵ_L имеют отрицательные значения, в результате отражение от земли будет максимальным.

Были проведены лабораторные испытания на моделируемом объекте (Рис. 1.). Данные исследований показывают, что лучшими отражательными свойствами залежь углеводородов обладает при очень маленьких значениях $K\omega$, а это значит, что при зондировании предпочтительно использовать сравнительно низкочастотную составляющую ω_1 вплоть до акустических частот.

Это подтверждается и работами других исследователей, например [5].

Использование высокочастотной составляющей небольшой амплитуды обладает большой информативностью, что позволит использовать сравнительно маломощные генераторы на частоте ω_2 .

В результате проведенного теоретического анализа, подтвержденного данными экспериментальных исследований, могут быть даны рекомендации по использованию наиболее эффективных соотношений между параметрами электромагнитных волн с точки зрения оптимального обнаружения. Полученные результаты могут быть использованы для разработки радиотехнических систем ближней и дальней радиолокации, для обнаружения локальных плазменных образований, для оптимизации методов поиска и оконтуривания залежей нефти и газа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электроразведка. Справочник геофизика / Под ред. Хмельского и В.М. Бондаренко. – М.: Недра, 1989. –Т.2. –377с.
2. Гололобов Д.В. Электромагнитные методы поиска углеводородных залежей // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. –Минск: БГУИР, 1996. –15с.
3. Дмитриев А.Н. Геоэлектрическая модель среды с поляризованной залежью углеводородов // Разведочная геофизика. –М: Недра, 1981. Вып. 93. –с.100-106.
4. Леонтьев Е.И. Моделирование в петрофизике. – М.: Недра, 1978. –125с.
5. Moskvichow V. W. Interaction Of Electromagnetic Waves (EMW) With Anisotropic Inclusion In Communication Line //9 – t h Microw. Conf. MICON –91, Rydzyna, May 20-24, 1991: Proc., 1991. –vol. 1. – P.240-244.