

Суржик Д.И., Кузичкин О.Р., Васильев Г.С., Курилов И.А., Харчук С.М.
 Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного
 учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет
 имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
 602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
 E-mail: arzerum@mail.ru

Обоснование применимости фазометрического метода для геоэлектрического контроля утечек нефтепродуктов

Обеспечение мирового населения качественным и безопасным продовольствием во многом зависит от эффективности решения проблемы поддержания экологической безопасности сельскохозяйственных угодий за счет непрерывного контроля их состояния и раннего обнаружения возможных загрязнений, к числу которых относятся аварийные утечки нефтепродуктов с площадных объектов их хранения и переработки.

Для решения данной задачи могут быть использованы различные геоэлектрические методы контроля, а для описания механизма нефтяного загрязнения - подход, основанный на представлении геоэлектрического разреза произвольной геологической среды передаточной функций комплексного переменного и пространственных координат [1], которая в показательной форме определяется как

$$H(p, x, y, z) = A(p, x, y, z)e^{j\varphi(p, x, y, z)}, \quad (1)$$

где p - оператор Лапласа, x, y, z - пространственные координаты,

$A(p, x, y, z) = |H(p, x, y, z)| = \sqrt{\text{Re}^2[H(p, x, y, z)] + \text{Im}^2[H(p, x, y, z)]}$ - модуль передаточной функции, Re - действительная часть комплексной переменной, Im - мнимая часть комплексной переменной, $\varphi(p, x, y, z) = \arg[H(p, x, y, z)] = \arctg \left[\frac{\text{Im}[H(p, x, y, z)]}{\text{Re}[H(p, x, y, z)]} \right]$ - аргумент передаточной функции.

Модуль и фаза данной передаточной функции могут быть вычислены на основе классической модели "вход-выход" из отношения

$$H(p, x, y, z) = \frac{Y(p, x, y, z)}{X(p, x, y, z)}, \quad (2)$$

где $X(p, x, y, z)$ - зондирующий низкочастотный электрический сигнал в операторной форме, $Y(p, x, y, z)$ - регистрируемый электрический сигнал в операторной форме.

Преобразовав (2) с учетом (1), получаем

$$H(p, x, y, z) = \frac{|Y(p, x, y, z)|e^{j\varphi_Y(p, x, y, z)}}{|X(p, x, y, z)|e^{j\varphi_X(p, x, y, z)}} = \frac{|Y(p, x, y, z)|}{|X(p, x, y, z)|} e^{j\Delta\varphi(p, x, y, z)}, \quad (3)$$

$$\text{где } \Delta\varphi(p, x, y, z) = \varphi_Y(p, x, y, z) - \varphi_X(p, x, y, z).$$

Поскольку параметры зондирующего сигнала являются известными, то, очевидно, что информация об утечках нефтепродуктов содержится как в модуле, так и аргументе регистрируемого геоэлектрического сигнала.

Важнейшим недостатком контроля амплитуд регистрируемых геоэлектрических сигналов, в первую очередь, является наличие существенного влияния на них различных помеховых воздействий и колебаний климатических факторов. В связи с этим наиболее перспективно применять подход, информативным параметром которого являются фазовые характеристики регистрируемых геоэлектрических сигналов. Как следствие фазометрический метод [2, 3] геоэлектрического контроля характеризуется повышенной чувствительностью и большей дальностью действия.

Работа выполнена при поддержке Фонда содействия инновациям в рамках гранта по конкурсу «УМНИК-Нефтегаз» №133ГУЦЭС8-D3/56254

Литература

1. Vasilyev G.S., Kuzichkin O.R., Grecheneva A.V., Dorofeev N.V., Surzhik D.I. Analysis of the combined transfer functions for geotechnical control / International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. – 2018. - 18(1.2), pp. 43-50.
2. Kuzichkin O.R., Vasilyev G.S., Grecheneva A.V., Mikhaleva E.V., Baknin M.D., Surzhik, D.I. Application of phase-metric compensation method for geoelectric control of near-surface geodynamic processes / Bulletin of Electrical Engineering and Informatics. - Volume 9, Issue 3, June 2020, Pp.898-905.
3. Baknin M.D., Surzhik D.I., Vasilyev G.S., Dorofeev N.V. The modeling of the Phase-Metric Method of the Geoelectrical Control of Oil Sludge Straits / IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Volume 459, Issue 4, 14 April 2020, №0420852019. - International Science and Technology Conference on Earth Science, ISTC Earth Science 2019; Russky Island; Russian Federation; 10 December 2019 to 12 December 2019; Code 159192.