

А.А. ОРЕХОВ,
Н.В. ДОРОФЕЕВ
**Алгоритм коррекции влияния
гидрологической помехи на
контроль геодинамических
объектов**

УДК 550.8.05

Муромский институт
(филиал) ФГБОУ ВПО
«Владимирский
государственный
университет имени
А.Г. и Н.Г. Столетовых»,
г.Муром

В данной статье разработан алгоритм коррекции влияния гидрологической помехи на геологическую среду, применимый в системах геодинамического контроля при обработке экспериментальных данных. Используя данный алгоритм можно устранить влияние гидрологической помехи на данные геодинамического контроля и, следовательно, отделить реальные геодинамические вариации геологической среды от влияния режимов подземных вод.

Работа выполнена при поддержке Гранта РФФИ «12-08-97564-р_центр_а».

В настоящее время большое внимание уделяется разработке и внедрению автоматизированных систем мониторинга геологической среды, построенных на базе применения электромагнитных методов зондирования, обеспечивающих эффективную организацию наблюдений за геодинамическими объектами, оценку их состояния и прогноза развития [3]. Однако, существующие системы геодинамического контроля не учитывают внешних помехообразующих факторов, оказывающих влияние на геологическую среду и аппаратуру системы при работе в долговременном круглосуточном режиме [6, 8]. Одним из таких факторов является гидрологическое воздействие на геологическую среду, изменяющее её электромагнитные параметры в широких пределах.

Как показано в [7], при информационной обработке данных высокочувствительных измерительных систем геодинамического кон-

троля, построенных на базе электромагнитных методов регистрации геодинамики приповерхностных неоднородностей, должны применяться специальные алгоритмы коррекции.

Целью данной работы является разработка алгоритма коррекции влияния гидрологической помехи на геологическую среду, контролируемую системой геодинамического мониторинга.

Изменение уровня подземных вод влияет на влажность контролируемого грунта, от которой зависят электромагнитные параметры среды. При проведении долговременного контроля важно отделить реальные геодинамические изменения объекта от влияния воздействующей помехи.

В первичном приближении разделом двух сред можно смоделировать простейший случай приповерхностной неоднородности. Определим величину токов смещения для двухполюсной электролокационной установки в присутствии раздела двух сред для такой модели [2]. Для точечного источника, расположенного на поверхности разреза ($z = 0$), содержащего вертикальный выходящий на поверхность контакт двух изотропных сред передаточную функцию можно записать в виде:

$$H(r, \varphi, p) = \frac{\rho_1(p)}{2\pi r} [1 + K(p)(4d^2/r^2 - 4d \sin \varphi/r + 1)^{1/2}] \quad (1)$$

где $\rho_1(p)$ - комплексное удельное электрическое сопротивление (УЭС) первой среды; $K(p)$ - коэффициент контрастности сред; d - расстояние от источника до раздела сред; r, φ - полярные координаты.

Учитывая токи смещения в соответствии с уравнением (1), коэффициент контрастности двух сред имеет комплексный характер и может быть записан в операторной форме:

$$K_e(p, W) = \frac{\sigma_2(W) - \sigma_1(W) + p(\varepsilon_1(W) - \varepsilon_2(W))}{\sigma_2(W) + \sigma_1(W) + p(\varepsilon_1(W) - \varepsilon_2(W))} \quad (2)$$

Как показывают экспериментальные исследования, влияние влажности W при геодинамическом контроле приповерхностных аномалий значительно и вызываемые при этом эффекты искажают временные ряды данных. В работе [5] предложен и опробован метод обработки временных рядов с учетом температурного фактора,

который с определенной доработкой можно использовать в нашем случае.

Моделирование геодинамических объектов с учетом влияния гидрологического фактора основано на том, что влажность среды является функцией расстояния от поверхности удержания подземных вод и зависит времени их удержания у поверхности проводящего слоя геологической среды.

При условии стационарности влияния гидрологической помехи определим зависимость действительной и мнимой составляющих коэффициента передачи (2) от влажности грунта. Для этого рассмотрим базисные функции n -ого слоя среды:

$$F_R = \frac{R_n}{1 + x_n^2}, \quad F_I = \frac{R_n x_n}{1 + x_n^2},$$

которые образуют действительную и мнимую части коэффициента передачи [4].

С учетом влияния влажности их можно записать в следующем виде:

$$\begin{aligned} F_R(W) &= F_R(W_0) \left(1 + \left(\alpha_n - \gamma_n - 2 \frac{x_n^2}{1 + x_n^2} (\beta_n + \gamma_n) \right) W \right), \\ F_I(W) &= F_I(W_0) \left(1 + \left(\alpha_n + \beta_n - 2 \frac{x_n^2}{1 + x_n^2} (\beta_n + \gamma_n) \right) W \right), \end{aligned} \quad (3)$$

где $\alpha_n, \beta_n, \gamma_n$ - константы, характеризующие зависимость параметров n -ого слоя среды.

В уравнениях (3) влажность W является средним отклонением от ее стационарного значения W_0 . С помощью аппроксимации классического решения уравнения теплопроводности с использованием экспериментальных данных регистрации температуры при геодинамическом контроле получим [9]:

$$\begin{aligned} W(t) &= W_0 - \frac{1}{Z_m} \int_0^{Z_m} e^{-\lambda z^2} W_Z(t, z) dz, \\ W_Z(p, z) &= \frac{a W_B(p)}{1 + p \tau z^2}, \end{aligned} \quad (4)$$

где a, τ, λ - параметры распространения влажности в среде; Z_m - глубина проникновения влажности в среду; W_B - текущее зна-

чение влажности у поверхности слоя, W_Z – значение влажности среды в точке Z. Уравнения (4) сводятся к линейному регрессионному уравнению [1]:

$$(1 + p\tau^2) \sum_{i=1}^L W_{Z_i} e^{-pt_i} = a \sum_{i=1}^L W_{B_i} e^{-pt_i}, \quad (5)$$

где L - размерность обрабатываемых данных.

Параметры распространения влажности в среде могут быть выражены через соответствующие статистические моменты регрессионного уравнения (5) на основе анализа экспериментальных рядов уровня подземных вод по данным геодинимического контроля [1]:

$$a = \frac{\overline{x^2} - \bar{x}^2}{\overline{x^2 y} - \bar{x} \bar{xy}}, \quad \tau = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \bar{y}}{\overline{x^2 y} - \bar{x} \bar{xy}}, \quad (6)$$

где

$$\bar{x} = \frac{Z^2}{L} \sum_{j=1}^L p_j, \quad \bar{x}^2 = \frac{Z^4}{L} \sum_{j=1}^L p_j^2,$$

$$\bar{y} = \frac{1}{L} \sum_{j=1}^L \left(\frac{\sum_{i=1}^L W_{B_i} e^{-p_j t_i}}{\sum_{i=1}^L W_{Z_i} e^{-p_j t_i}} \right), \quad \bar{xy} = \frac{Z^2}{L} \sum_{j=1}^L \left(p_j \frac{\sum_{i=1}^L W_{B_i} e^{-p_j t_i}}{\sum_{i=1}^L W_{Z_i} e^{-p_j t_i}} \right).$$

Таким образом, в данной статье разработан алгоритм коррекции влияния гидрологической помехи, определяемой режимом подземных вод, на геологическую среду. Предложенный алгоритм предназначен для применения в системах геодинимического контроля при обработке экспериментальных данных. Используя данный алгоритм можно устранить влияние гидрологической помехи на данные геодинимического контроля и, следовательно, отделить реальные геодинимические вариации геологической среды от влияния гидрологических режимов.

Литература

1. *Большаков А.А., Каримов Р.Н.* Методы обработки многомерных временных рядов: учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 522 с.
2. *Жданов М.С.* Электроразведка: Учебник для Вузов. – М.: Недра. 1986.- 316 с.

3. *Королев В.А.* Мониторинг геологической среды. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 272 с.
4. *Кузичкин О.Р., Орехов А.А.* Проектирование измерительного тракта системы геоэлектрического контроля. //Проектирование и технология электронных средств. 2011. №1. С. 25-30.
5. *Кузичкин, О.Р. Камшилин А.Н., Калинин Н.Е., Финогенов С.А.* Метод обработки данных геоэлектрического мониторинга с учетом температурного фактора // Методы и средства передачи и обработки информации. – Вып.4. – СПб.: Изд-во Гидрометеоздат, 2004. – С. 147-152.
6. *Орехов А.А.* Электромагнитное зондирование геодинамических объектов при учёте воздействия внешних природных помех. //III Всероссийские Армандовские чтения: Радиофизические методы в дистанционном зондировании сред. – Муром: Изд.-полиграфический центр МИ ВлГУ, 2012 – 567 с., С 409-413.
7. *Орехов А.А., Дорофеев Н.В.* Структура обработки информации в системах электромагнитного геоэкологического мониторинга геодинамических объектов // Алгоритмы, методы и системы обработки данных: Электронный научный журнал / под ред. С.С. Садыкова, Д.Е. Андрианова. Вып. 2 (20). – Муром: Муромский институт (филиал) ВлГУ, 2012 – С. 69-76.
8. *Орехов А.А., Кузичкин О.Р.* Влияние природных помехообразующих факторов на проведение электромагнитного контроля геодинамических объектов // Радиопромышленность, №2, 2012 – С. 138-147.
9. *Тихонов А.Н., Самарский А.А.* Уравнения математической физики. – М.: Изд-во ТТЛ. 1951. – 742 с.