

**Н.В. ДОРОФЕЕВ,
А.А. ОРЕХОВ**
**Получение прогнозной оценки в
ГИАС геодинамического
мониторинга**

УДК 004.04

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

В работе описывается влияние температуры, влажности и минерализации на электромагнитные параметры грунтов, что позволяет построить прогнозирующую функцию. Описанные в статье выражения привязаны к слоям, объектам и свойствам ГИАС системы геодинамического мониторинга. За рамками статьи остается рассмотрение вопроса связанного с влиянием на параметры грунтов химических реакции с выделением или поглощением тепла, деформаций.

Работа выполнена при поддержке Гранта Президента Российской Федерации МК-3485.2012.8

Существующие системы геодинамического мониторинга предназначены для наблюдения за изменением свойств и параметров геологической среды. Конечные результаты мониторинга напрямую зависят от точности и достоверности данных поступающих от измерительных комплексов, а именно от определяемого удельного электрического сопротивления грунта и значения смещения фазы зондирующего сигнала. Заметим, что значение последнего параметра зависит от удельного электрического сопротивления грунта. Основными факторами, оказывающие влияние на электромагнитные свойства среды, являются температура и содержание воды. Поэтому наличие математического описания, изменения электромагнитных свойств среды от помехообразующих факторов, позволит повысить не только качество работы ГИАС геодинамического мониторинга, но и позволит на основе прогнозных метеорологических, гидро-

логических и мониторинговых оценок делать прогнозные оценки развития геодинамики среды.

В общем виде зависимость электромагнитных свойств геологической среды от помехообразующих факторов можно представить в следующем виде [1]:

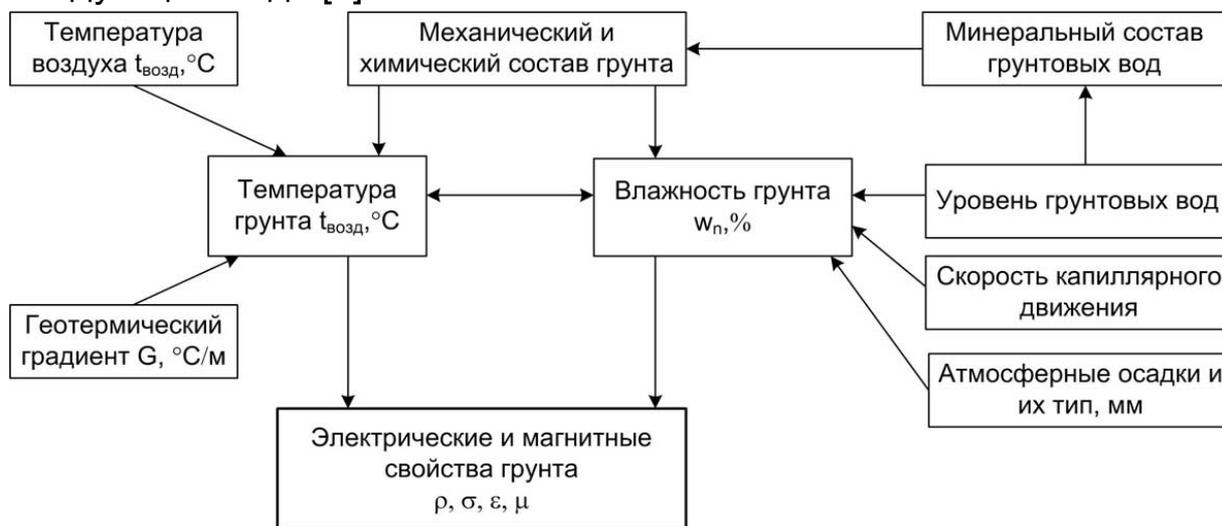


Рис. 1. Влияние внешних факторов на электромагнитные свойства грунта

Опираясь на базовые слои ГИАС геодинамического мониторинга, описанные в работе [2], и рис. 1 можно описать отношения между слоями которые будут вычисляться при построении трехмерной модели разреза и при получении прогнозной оценки.

Пусть множество S включает в себя M слоев ГИАС, тогда $S = \{S_1, S_2, \dots, S_N, \dots, S_M\}$, где, начиная с S_1 , представлены следующие: грунты и породы, трехмерная модель разреза, ручьи и мелкие реки, озера и крупные реки, грунтовые воды, профили, градиент температуры, градиент влажности, температура, осадки.

Геологическая среда представляет собой неоднородную смесь основных пород, слагающих скелет геологического разреза, и вкраплений дополняющих пород и минералов. В таком случае температурная зависимость проводимости грунта имеет вид:

$$X_1^i(\sigma) = \sigma(X_1^i(n)) + \sigma(x, y, z) - (\alpha_C + \alpha_R)X_7^j(z), \quad (1)$$

где $X_1^i(\sigma)$ - проводимость i -го объекта слоя S_i ; $\sigma(X_1^i(n))$ - проводимость i -го грунта типа n при нормальных условиях температуры и влажности, взятая из базы данных грунтов и их свойств; $\sigma(x, y, z)$ - проводимость вкраплений в точке с координатами x, y, z слоя; α_C и α_R - температурные коэффициенты скелета и вкраплений соответ-

ственно (берутся из базы данных для соответствующих типов грунтов); $X_7^j(z)$ – значение температуры на глубине z в точке (объекте) j слоя S_7 , при чем объект X_7^j пересекается или соседствует с объектом X_1^i .

На температуру грунта влияет температура воздуха, которая является помехообразующим фактором при прогнозировании. Колебания температуры воздуха, например, суточные и сезонные, изменяя температуру грунта, приводят к разбалансировке многополюсной электролокационной установки, работающей на базе метода эллиптически поляризованного поля. Опираясь на результаты работ [3, 4] значение температуры на глубине z через время t можно получить:

$$X_7^j(z) = X_9^{\max}(x, y) \sin\left(\frac{2\pi t}{T} - \frac{z\sqrt{\pi T}}{\sqrt{\alpha}} + X_9^{\phi}(x, y)\right), \quad (2)$$

где $X_9^{\max}(x, y)$ - значение амплитуды колебаний суточной (сезонной, многолетней) температуры в точке с координатами x, y ; T – период колебания температуры (суточный, сезонный, многолетний); α - приведенный коэффициент температуропроводности, рассчитываемый по формуле (3) [5]; $X_9^{\phi}(x, y)$ - фазовый момент для суточных (сезонных, многолетних) колебаний, соответствующий температуре в настоящий момент времени.

$$a = \frac{X_1^i(\alpha_T)}{\sqrt{X_1^i(C_p) + Q_f X_8^k(z) X_1^i(T_p)}}, \quad (3)$$

где $X_1^i(\alpha_T)$ – коэффициент теплопроводности i -го объекта слоя S_i ; $X_1^i(C_p)$ - теплоемкость i -го объекта; Q_f - скрытая удельная теплота фазового перехода; $X_8^k(z)$ - значение влажности на глубине z в k -м градиенте влажности; $X_1^i(T_p)$ - температура фазового перехода.

Выражениями (2), (3) можно воспользоваться при прогнозировании температуры грунта лишь до глубин z в 40...50 метров (зона постоянных годовых температур). На глубинах более 50 метров влияние температуры воздуха на температуру грунта значительно мало по сравнению с влиянием тепла поступающего из недр земли, что подтверждается в работе [6].

Согласно работе [1] и рисунку 1 электромагнитные параметры грунтов зависят не только от влажности, но и от минерального состава воды, содержащейся в грунтах.

Заметим, что диэлектрическая проницаемость воды от температуры описывается выражением [7]:

$$\varepsilon_r = 87,8 - 0,37 X_7^j(z). \quad (4)$$

А зависимости электромагнитных параметров грунта от минерализации водных растворов подробно рассматриваются в работах [7, 8].

Существенное влияние на результаты геодинимического мониторинга оказывают переходы воды, содержащейся в грунтах, из жидкого состояние в твердое и наоборот. Изменение состояния воды приводит к изменению проводимости и диэлектрической проницаемости влагонасыщенных пород на несколько порядков (в зависимости от степени минерализации воды в породе). Учитывая глубину сезонного оттаивания $X_1^i(d)$ и результаты работы [9] выражение (2) примет вид:

$$X_7^j(z) = X_9^{\max}(x, y) \exp\left(\frac{X_1^i(d) - z}{\alpha}\right) \sin\left(\frac{2\pi t}{T} + \frac{\sqrt{\pi T}(X_1^i(d) - z)}{\sqrt{\alpha}} + X_9^\varphi(x, y)\right). \quad (5)$$

Следует отметить о рекурсивной зависимости температуры грунта от его влажности и наоборот (рисунок 1). В этом случае, при программной реализации алгоритма прогнозирования зависимым параметром будет выбран тот, составные части которого остались неизменны на протяжении времени t . Например, в случае изменения уровня грунтовых вод и неизменной температуре воздуха зависимым параметром будет температура грунта. А в случае изменения температуры воздуха либо интенсивности солнечного света при неизменных источниках влаги зависимым параметром будет влажность грунта.

Таким образом, в работе описывается влияние температуры, влажности и минерализации на электромагнитные параметры грунтов, что позволяет построить прогнозирующую функцию. Описанные в статье выражения привязаны к слоям, объектам и свойствам ГИАС системы геодинимического мониторинга. Следует отметить, что за рамками статьи остается рассмотрение вопроса связанного с влиянием различных процессов на параметры грунта: химических

реакции с выделением или поглощением тепла, деформаций за счет приливов под действием Луны и Солнца, и другими.

Литература

1. Орехов А.А., Дорофеев Н.В.. Алгоритм коррекции влияния гидрологической помехи на контроль геодинамических объектов / Алгоритмы, методы и системы обработки данных: Электронный научный журнал. – Вып. 4 (22). - Муром: Муромский институт (филиал) ВлГУ, 2012 С. 74 – 78;
2. Дорофеев Н.В., Орехов А.А.. Классификация данных в ГИАС геодинамического мониторинга / Алгоритмы, методы и системы обработки данных: Электронный научный журнал. – Вып. 1(23). - Муром: Муромский институт (филиал) ВлГУ, 2013 С. 3 – 7;
3. Цаплев А.В., Кузичкин О.Р. Применение регрессионной обработки для компенсации температурных помех в системах геоэлектрического контроля / Радиопромышленность. 2012. № 2. С. 147-153;
4. Малахов В.В. Инженерные изыскания и обследование зданий. Специальное строительство / Вестник МГСУ. 2012. №3. С. 79-89;
5. Кузичкин О.Р. Алгоритм формирования прогнозных геодинамических оценок при геоэлектрическом мониторинге суффозионных процессов / Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2008. №5. С. 50-53.
6. Хмелевской В.К. Геофизические методы исследования / авт. Хмелевской В.К., Попов М.Г., Калинин А.В., Горбачев Ю.И., Шевнин В.А., Фадеев В.Е.// Под редакцией В.К. Хмелевского. М.: «Недра». 1988;
7. Черняк Г.Я. Электромагнитные методы в гидрогеологии и инженерной геологии / М.: Недра. 1987;
8. Золотарев В.П., Богатырев Е.Ф. Радиолокационное подповерхностное зондирование уровня грунтовых вод / Теория и техника радиолокации, радионавигации и радиосвязи. – Рига: Изд-во РКИИГА. 1980. С. 33-36;
9. A. Instanes. // Arctic Climate Impact Assessment – Scientific Report, 2006, chapter 16.