

УДК 621.396

Повышение эффективности системы геодинамического контроля за счет введения новых геоэлектрических моделей *

Дорофеев Н.В., Орехов А.А.

В работе рассматривается способ повышения эффективности системы геодинамического контроля за счет введения новых геоэлектрических моделей. Разработанные геоэлектрические модели геоэлектрического разреза и приповерхностных неоднородностей учитывают влияние температуры и влажности на изменение проводимости грунта. Рассматриваются критерии оценки эффективности автоматизированных систем контроля. Обосновывается выбор статистического критерия для получения оценки эффективности системы геодинамического контроля. Приводится оценка эффективности системы геодинамического контроля, разработанной на базе предлагаемых геоэлектрических моделей. Показывается, что применение новых моделей в системе геодинамического контроля и мониторинга позволило снизить вероятность ложного обнаружения на 0,08 и повысить вероятность правильного обнаружения уже при отношении сигнал/шум 16,25 дБ. Тем самым, применение предлагаемых геоэлектрических моделей позволило повысить эффективность системы геодинамического контроля.

Ключевые слова: система геоэлектрического контроля, система мониторинга, геоэкология, геоэкологический мониторинг, геоэлектрическая модель, эффективность, повышение эффективности.

Введение

В настоящее время для предупреждения возникновения техногенных и природных катастроф в зонах с повышенной геодинамической активностью применяются системы геодинамического контроля [1, 2]. Для мониторинга и контроля приповерхностных геодинамических структур в последнее время начали применяться системы контроля, построенные на базе многополюсных электролокационных установок. Подобного рода системы работают на основе геоэлектрических методов построения геологического разреза [3]. Геологический разрез строится по определяемому кажущемуся удельному электрическому сопротивлению земных слоев за счет пропускания через них электрического тока [4]. Удельное электрического сопротивление земных слоев зависит не только от типа грунта, его структуры и свойств, но и от внешних факторов (температуры, уровня грунтовых вод, минерализации и т.п.) [5]. Поэтому эффективность систем геодинамического контроля построенных на базе многополюсных

электролокационных установок зависит не только от точности регистрации наблюдаемых параметров, но и от применяемых в системе геоэлектрических моделей.

Целью данной работы является повышение эффективности систем геодинамического контроля, выполненных на базе многоканальных геоэлектрических установок, за счет введения новых геоэлектрических моделей.

Геоэлектрические модели

В системах геодинамического мониторинга и контроля, в отличие от электроразведочной аппаратуры, наиболее важен не сам геологический разрез, а его динамика. Для этих целей в системах геодинамического мониторинга в качестве геоэлектрических моделей целесообразнее использовать спектральные изображения приповерхностных неоднородностей. В этом случае структура геоэлектрического разреза может быть представлена горизонтальными комбинациями наборов сред. Каждую составляющую в наборе (тип грунта или неоднородности), согласно [6], можно

* Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ №МК-3485.2012.8

представить в виде передаточной функции:

$$H_i = \frac{R_i}{1 + j\omega R_i C_i},$$

где R_i – удельное электрическое сопротивление, C_i – емкость, ω – частота зондирования.

Параметр R_i и C_i с учетом изменяющихся со временем свойств каждого участка грунта, можно определить из следующих соотношений:

$$R_i = R_{0i} R_\psi(\psi, N)(1 + \alpha(t - t_0))d_i / S_i,$$

$$C_i = \varepsilon_i S_i C_T C_\psi(\psi, N) / d_i,$$

где R_{0i} – удельное электрическое сопротивление грунта при температуре $t_0 = 20^\circ\text{C}$, R_ψ – зависимость сопротивления грунта типа N от влажности ψ , α – температурный коэффициент сопротивления, t – температура грунта, ε_i – диэлектрическая проницаемость, S_i – эффективная площадь плоскости разреза, C_T – температурный коэффициент емкости, C_ψ – зависимость емкости от влажности, d_i – толщина слоя.

Основные типы элементарных геоэлектрических разрезов представлены на рис. 1.

Эффективность системы

геодинамического контроля

Оценка эффективности систем контроля может даваться по нескольким критериям: информационному, эффективности функционирования сложных систем, статистическому, игровому и стоимостному [7]. Поскольку от полученного в результате работы системы геодинамического контроля зависит качество мониторинга и прогнозирования в целом, то удобнее применять статистический критерий эффективности автоматизированных систем контроля.

В этом случае систему геодинамического контроля можно рассматривать как обнаружитель событий: появление динамики (изменение) геологического разреза (кажущегося удельного электрического сопротивления) и отсутствие динамики. Таким образом, величина ошибок обнаружения, а, следовательно, величина материальных потерь, зависят от алгоритма обнаружения.

На рис. 2 представлены характеристики обнаружения системы геодинамического кон-

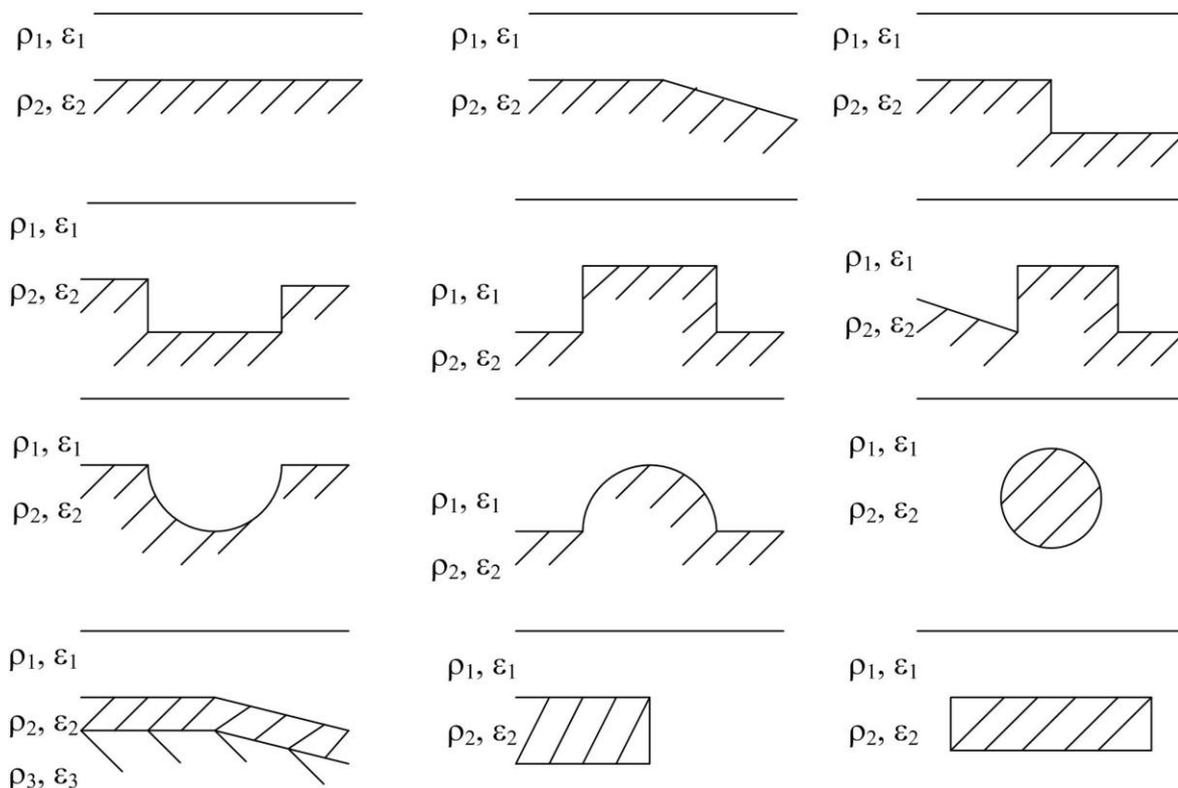


Рис. 1. Типы элементарных геоэлектрических моделей.

троля, построенные при постоянной вероятности ложной тревоги $F=10^{-3}$, без применения предлагаемых геоэлектрических моделей (кривая 2) и с ними (кривая 1).

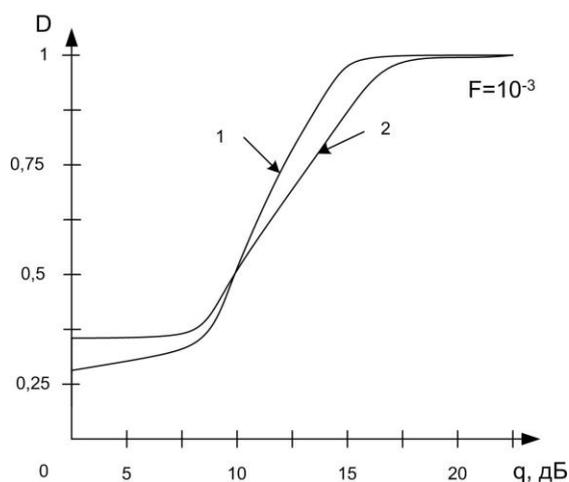


Рис. 2. Характеристики обнаружения.

Как видно из характеристик обнаружения, представленных на рис.2, применение предложенных моделей позволяет снизить вероятность ложного обнаружения динамики геоэлектрического разреза на 0,08, а вероятность правильного обнаружения приближается к 1 при отношении сигнал/помеха меньшим на 2,5 дБ.

Выводы

Таким образом, предлагаемые модели геоэлектрического разреза и приповерхностных неоднородностей учитывают влияние температуры и влажности на изменение проводимости грунта. Применение их в системе геоэлектрического контроля и мониторинга позволило снизить вероятность ложного обнаружения на 0,08 и повысить вероятность правильного обнаружения уже при отношении сигнал/шум 16,25 дБ. Тем самым, применение предлагаемых геоэлектрических моделей позволило повысить эффективность системы геоэлектрического контроля.

Литература

1. Орехов А.А., Дорофеев Н.В. Система для экологического мониторинга водных объек-

тов на базе метода геоэлектрического контроля // *Машиностроение и безопасность жизнедеятельности*, 2012, № 2. – С. 36-38.

2. Дорофеев Н.В., Орехов А.А. Построение географической информационно-аналитической системы для экологического мониторинга // *Алгоритмы, методы и системы обработки данных*, 2012, № 2(20).

3. Орехов А.А., Дорофеев Н.В. Организационная структура геоэкологического мониторинга геодинамических объектов // *Технологии техносферной безопасности*, 2012, №4(44).

4. Жданов М.С. Электроразведка: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1986.

5. Прутула В.В. Подземная коррозия трубопроводов и резервуаров: учебное пособие – М: Акела, 2003.

6. Кузичкин О.Р., Кулигин М.Н., Калинин Н.Е. Стационарная модель нижнего полупространства при геоэлектрическом мониторинге среды. // *Научные труды муромских ученых*. – Муром: 2001.

7. Касаткин А.С., Кузьмин И.В. Оценка эффективности автоматизированных систем контроля // *Библиотека по автоматике*. – М: 1967.

References

1. Orekhov A.A., Dorofeyev N.V. The system for ecological monitoring water objects based on the method of geoelectrical controls // *Engineering industry and life safety*, 2012, № 2. – P. 36-38.

2. Dorofeyev N.V., Orekhov A.A. Building geographic information-analytic systems for environmental monitoring // *Algorithms, methods and systems of data processing*, 2012, №. 2 (20).

3. Orekhov A.A., Dorofeyev N.V. The organizational structure of geo-environmental monitoring of geodynamic objects // *Technology Technosphere Safety*, 2012, № 4 (44).

4. Zhdanov M.S. Electromagnetic exploration. – М: Nedra, 1986.

5. *Pritula V.V.* Corrosion of underground pipelines and tanks – М: Akela, 2003.
6. *Kuzichkin O.R., Kuligin M.N., Kalinkina N.E.* Steady-state model of the lower half with geoelectric monitoring environment. // Proceedings of the Murom scientists. – Murom, 2001.
7. *Kasatkin A.S., Kuzmin I.V.* Evaluating the effectiveness of the automated control systems // Library automation. – М: 1967.

Статья поступила в редакцию 25 сентября 2012 г.

In this paper the method of increasing the efficiency of the geodynamic control by introducing new geoelectrical models. Geoelectrical model developed geoelectric section and surface irregularities into account the effect of temperature and humidity on the change in the conductivity of the soil. Criteria of evaluation of the effectiveness of automated controls. The choice of statistical test for evaluating the effectiveness of the geodynamic control. The evaluation of the effectiveness of the geodynamic control, developed on the basis of the proposed geoelectrical models. Shown that the use of new models in the geodynamic system control and monitoring to reduce the risk of false detection at 0.08 and increase the probability of correct detection even when the signal / noise ratio 16.25 dB. Thus, the application of the proposed geoelectrical models made it possible to increase the efficiency of the geodynamic control.

Keywords: geoelectric monitoring system, monitoring system, geo-ecology, geo-ecological monitoring, geoelectric model, efficiency, effectiveness.

Дорофеев Николай Викторович – кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Управление и контроль в технических системах» Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Орехов Александр Александрович – старший преподаватель кафедры «Управление и контроль в технических системах» Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»