

РЕЗУЛЬТАТЫ ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ МЕТОДАМИ СРЕДИННОГО ГРАДИЕНТА И ВЕРТИКАЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

А. А. Бакумцев, В. Н. Груздев, Н. И. Рассказчикова

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 13 сентября 2017 г.

Аннотация: для изучения трехмерных неоднородных анизотропных сред создана установка физического моделирования. Основной задачей которой является совместное использование аналитических методов и физического моделирования при изучении особенностей реализации электротомографии для анизотропных сред. Проведено физическое моделирование электрических параметров от трехмерных объектов методами срединного градиента и вертикального электрического зондирования. По полученным результатам построены карты кажущегося удельного электрического сопротивления, определено положение высокоомного объекта.

Ключевые слова: электроразведка, физическое моделирование, срединный градиент, вертикальное электрическое зондирование кажущееся удельное электрическое сопротивление.

RESULTS OF PHYSICAL SIMULATION OF ELECTRICAL INVESTIGATION BY MEDIAN GRADIENT AND VERTICAL ELECTRIC SOUNDING METHODS

Abstract: for the study of three-dimensional inhomogeneous anisotropic media, a physical simulation setup was created. The main task of which is the joint use of analytical methods and physical modeling in studying the features of the realization of electro tomography for anisotropic media. Physical modeling of electrical parameters from three-dimensional objects by the methods of the middle gradient and vertical electric sounding is carried out. Based on the results obtained, maps of apparent resistivity are constructed, and the position of the high-resistance object is determined.

Keywords: electric prospecting, physical modeling, the median gradient, the apparent electrical resistivity, vertical electric sounding, apparent electrical resistivity.

Развитые в настоящее время аналитические методы решения задач электроразведки используют аппроксимацию среды некоторыми каноническими элементами, что существенно упрощают исследуемые объекты и не позволяют однозначно и с высокой точностью решать реальные геологические и инженерные задачи. Поэтому и до сих пор актуальной задачей является развитие методов физического моделирования, которые в совокупности с аналитическими методами позволяют сложные реалистичные модели геологических сред. Одной из важных задач такого комплексного моделирования является развитие методов изучения трехмерных неоднородных анизотропных объектов, на которые обращено внимание в работах П. Н. Александрова [1, 2 и др.]. Для исследования таких сред необходим выбор системы наблюдения, позволяющей проводить измерения с высокой точностью для конкретных моделей изотропных сред, и развитие методов интерпретации, корректно решающих обратные задачи электроразведки в тензорной постановке.

Именно эти два аспекта и послужили основанием

для создания установки физического моделирования задач электроразведки в сложных средах на кафедре геофизики ВГУ. Основной задачей такой установки является совместное использование аналитических методов и физического моделирования при изучении особенностей реализации электротомографии для анизотропных сред. На первом этапе созданная установка физического моделирования тестировалась на классических задачах изучения разреза с достаточно простыми моделями.

С целью исследования высокоомного объекта в низкоомной среде, было проведено физическое моделирование результатов электроразведки методами срединного градиента (СГ) и вертикального электрического зондирования (ВЭЗ).

Для проведения физического моделирования была разработана установка, которая позволяет изучать трёхмерные объекты, располагающиеся в однородной среде. В качестве электродов использовались латунные штыри диаметром 1,5 мм. Вся система электродов связана проводниками с дублирующим планшетом, находящимся на рабочем столе наблюдателя. Установка

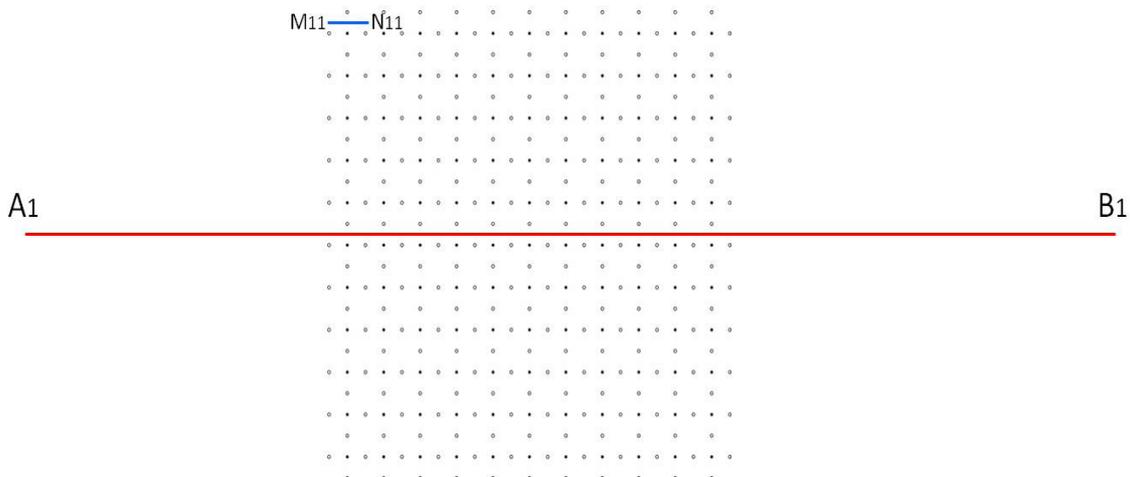


Рис. 1. Схема исследований методом СГ: линии от А к В - направление питающих линий, от М к N – измерительные линии, А и В – положение питающих электродов, М и N – положение измерительных электродов.

подробно описана в работе [3].

В качестве модели исследования использовалось органическое стекло размером 16×2×5 см, которое находилось во вмещающей среде (воде). Глубина положения верхней кромки модели составляла 7 см.

Метод срединного градиента применяется при электропрофилеировании на участках со сложным геоэлектрическим разрезом (например в областях развития карста, в пределах сложно построенных рудных полей), где условия заземления питающих электродов могут оказать существенное влияние на форму графика ρ_k и сильно исказить его [4].

При моделировании методом СГ задавались следующие параметры установки: расстояния между питающими электродами АВ – 72 см, между приемными электродами MN – 1 см. Сеть наблюдений 26 x 26 см (рис. 1). Профиля располагались вкрест простирания объекта.

Для проведения работ методом срединного градиента использовался комплекс аппаратуры АИЭ-2 с генератором ВП-60 [5]. Стабилизированный ток равнялся 10 мА, время импульса – 1 с.

По результатам проведения электропрофилеирования методом СГ получена карта аномалий кажущегося удельного электрического сопротивления (рис. 2).

Для определения глубины залегания трехмерного ограниченного объекта при моделировании использовался метод ВЭЗ с двухсторонней трехэлектродной установкой [4].

Расстояние между приемными электродами MN составляло 2 см. Питающий электрод С отнесен в бесконечность, а питающие электроды А и В перемещались относительно центра расстояния между приемными электродами с разносами от 3 до 16 см с шагом 1 см.

Измерения методом ВЭЗ над трехмерным объектом были выполнены в 4 точках.

ВЭЗ 1 располагался точно над центром объекта, ВЭЗ 2 и ВЭЗ 0 были отнесены на 6 см от центра

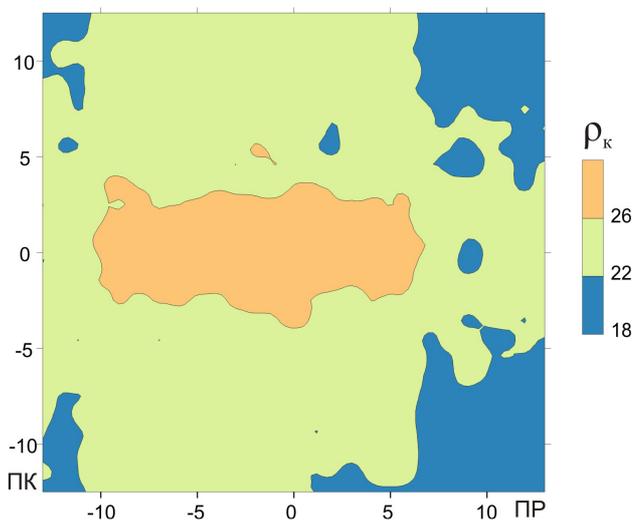


Рис. 2. Карта аномалий кажущегося удельного электрического сопротивления по методу СГ.

объекта в обе стороны, а ВЭЗ 3 был вынесен за пределы объекта на расстоянии 10 см от центра объекта.

Для измерений методом вертикального электрического зондирования использовался регистратор электроразведочный многоканальный из комплекса Рутил-1 со встроенным генератором тока, который обеспечивает режим стабилизации (ограничения) и регистрации фактического значения выходного постоянного тока в следующих диапазонах: от 4 мА до 500 мА, и от 1 мА до 3,99 мА. Выходное напряжение встроенного генератора тока в зависимости от выбранной величины стабилизации тока и сопротивления нагрузки (грунта) варьирует от 0,1 В до 40 В. Измерения проводились в режиме автоматического подбора тока, который изменялся от 3,66 до 8,87 мА.

Расположение точек ВЭЗ и полученные карты кажущихся удельных электрических сопротивлений представлены на рисунках 3 и 4.

На каждой точке ВЭЗ были получены 3 графика

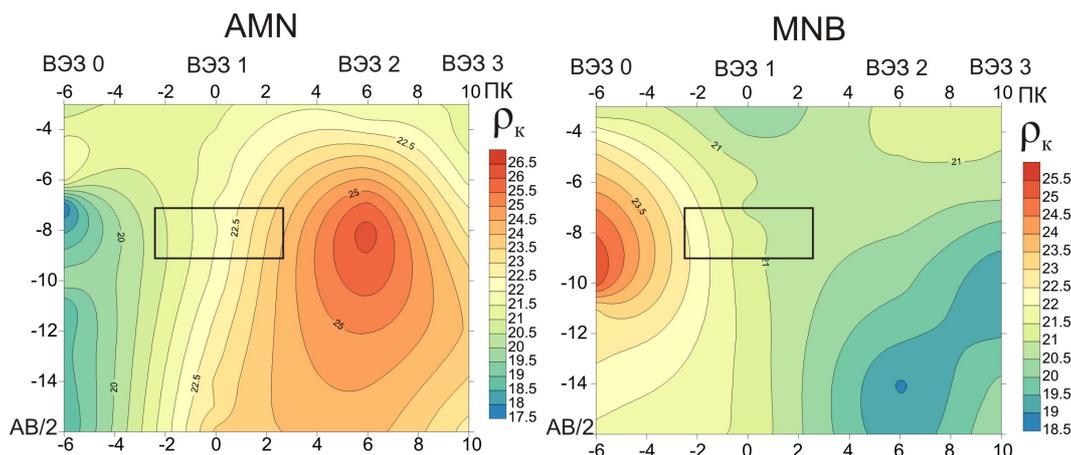


Рис. 3. Карты кажущихся электрических сопротивлений для трёхэлектродных установок AMN и MNB.

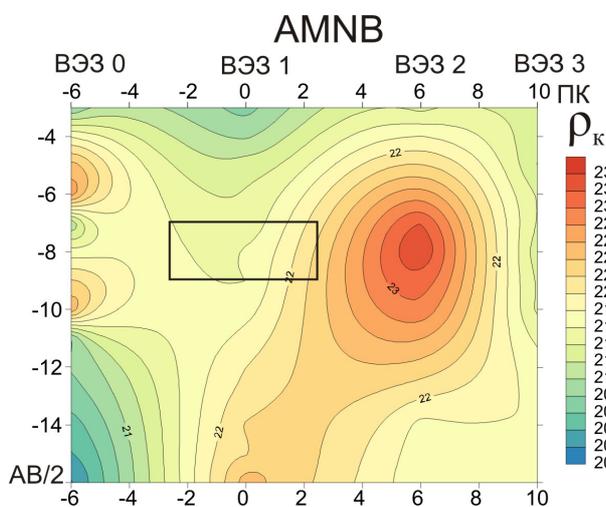


Рис. 4. Карта кажущегося электрического сопротивления для четырёхэлектродной установки AMNB.

кажущегося удельного электрического сопротивления: при измерениях установками AMN, MNB, и по среднему арифметическому этих значений, что соответствует результатам наблюдений четырёхэлектродной установкой AMNB (рис. 5).

Из-за небольших амплитуд значений кажущегося сопротивления для построения графиков использовался линейный масштаб.

На графиках кажущегося электрического сопротивления достаточно хорошо проявляется объект только в точках наблюдения ВЭЗ 2 и ВЭЗ 3.

Над центром объекта исследования были выполнены также два перпендикулярных крестовых четырёхэлектродных ВЭЗ. На графике кажущегося сопротивления, полученном при измерениях вдоль простирания объекта, тело выделяется достаточно чётко, а при измерениях вкрест простирания объекта, оно практически не заметно (рис. 6).

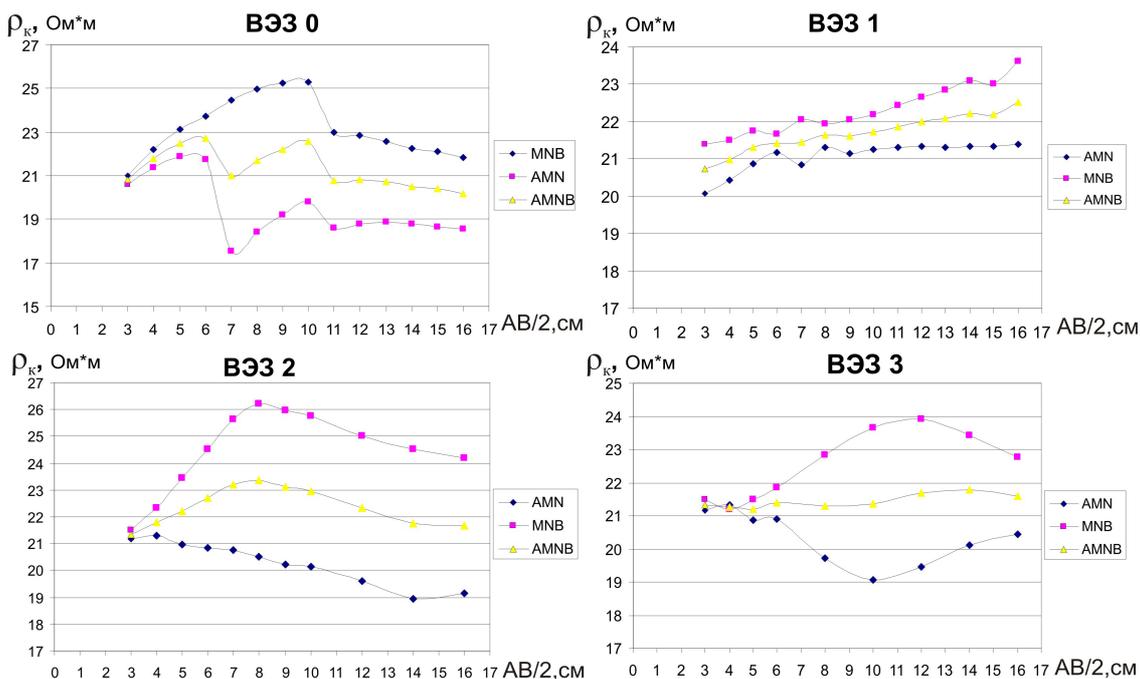


Рис. 5. Графики кажущегося электрического сопротивления для точек ВЭЗ 0 ВЭЗ 1, ВЭЗ 2, ВЭЗ 3.

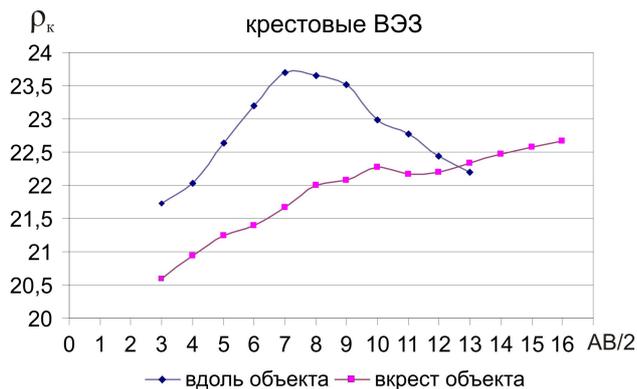


Рис. 6. Графики кажущегося электрического сопротивления двух крестовых ВЭЗ.

Таким образом, ВЭЗ, выполненный над объектом, не дал положительных результатов. А на точках ВЭЗ, отнесённых в сторону от объекта, при прохождении питающего электрода над телом, фиксируется высокоомная аномалия кажущегося сопротивления. Обнаружение изучаемого объекта с мощностью равной длине MN и глубине залегания, в три раза превышающей ее мощность, является сложной задачей, которая решается только комплексом геофизических методов.

Выполненные результаты физического моделирования позволяют сделать вывод, что в примененной методике наблюдения метод СГ позволил достаточно хорошо оконтурить объект, а метод ВЭЗ примерно

определить глубину залегания высокоомного объекта.

Стоит отметить, что данные измерения проходили в тестовом режиме. В дальнейшем, созданная установка позволит проводить физическое моделирование реально существующих трехмерных анизотропных по сопротивлению объектов и решать конкретные геофизические задачи.

Работа выполнена по гранту РФФИ 16-05-00975а

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров, П. Н. Вывод уравнения эйконала для анизотропных неоднородных сред / П. Н. Александров / Десятая Юбилейная к 90-летию Е.И. Гальперина международная Ежегодная Конференция «Гальперинские чтения-2010», Москва. – 2010. – с. 53–59.
2. Модин, И. Н. Возможности электротомографических станций при выполнении мониторинговых наблюдений / И. Н. Модин, Д. В. Макаров, П. Н. Александров // Инженерные изыскания. – 2014. – № 9-10. – С. 22-31
3. Бакумцев, А. А. Оптимизация методики электроразведки методом срединного градиента при изучении археологических объектов / А. А. Бакумцев // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. : Геология. – 2017. – № 1. – С.115–118.
4. Якубовский, Ю. В. Электроразведка / Ю. В. Якубовский, И. В. Ренард. – Москва : Изд-во Недра, 1991. – 358 с.
5. Аппаратурный комплекс импульсной электроразведки АИЭ-2 / Л. И. Бытенский [и др.] // Приборы и системы разведочной геофизики, 2006. – № 1. – С. 41–43.

Воронежский государственный университет

Груздев В. Н., доцент кафедры геофизики, кандидат физико-математических наук
Тел.: 8(4732) 754-895
E-mail: grumerr@rambler.ru

Бакумцев А. А., ассистент кафедры геофизики
E-mail: abakumtsev@gmail.com
Тел.: 8 920-219-39-12

Рассказчикова Н. И., магистр 1 курса
E-mail: rozochkiay@mail.ru
Тел.: 8 950-774-54-40

Voronezh State University

Gruzdev V. N., Professor assistant of Geophysical Department, candidate of Physical and Mathematical Sciences
Tel.: 8(4732) 754-895
E-mail: grumerr@rambler.ru

Bakumtsev A. A., assistant of Geophysical Department,
E-mail: abakumtsev@gmail.com
Tel.: 8 920-219-39-12

Rasskazchikova N. I., master of 1-st course
E-mail: rozochkiay@mail.ru
Tel.: 8 950-774-54-40