МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ

И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное

 учреждение высшего образования

«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**В. П. Колесников**

**Интерпретация электрических зондирований**

**с использованием системы программ «ЗОНД»**

Пермь 2016

УДК 550.837

ББК 26.21

 К60

**Колесников В.П.**

К60 Интерпретация электрических зондирований

с использованием системы программ «ЗОНД» / В.П.Колесников; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2016. – 231 с.

ISBN 978-589-176-41-63

Рассмотрены методологические принципы и способы компьютерной интерпретации электрических зондирований, реализованные с помощью системы программ ЗОНД. Особое внимание уделено повышению однозначности, оперативности и геологической содержательности получаемых результатов с учетом современных аппаратурно-методических возможностей метода сопротивлений. Приведены примеры применения разработанных способов и технологий при решении различного рода задач.

Для специалистов и студентов вузов, занимающихся вопросами интерпретации электроразведочных материалов.

 **УДК 550.837**

**ББК 26.21**

Печатается по постановлению редакционно-издательского совета Пермского государственного национального исследовательского университета

*Рецензенты*: \*\*\*

ISBN 978-589-176-41-63 © Колесников В.П., 2016

 © Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение …………………………………………………………. 5

1. ОСНОВЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗОНДИРОВАНИЙ ………………………………………………………. 9

 1.1. Некорректность решения обратных задач и способы

регуляризации …………………………………………………. 11

 1.2. О формировании интерпретационной модели среды …. 20

 1.3. Способы интерпретации электрических зондирований .. 29

 1.4. Виды помех и способы их снижения ………………….. 48

1.5. О методологии интерпретации электрических

 зондирований …………………………………………………. 67

 1.6. Геологическое истолкование физических решений …. 71

 1.7. Об использовании логнормального закона в электроразведке ………………………………………………………. 85

2. КОМПЬЮТЕРНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ С ПОМОЩЬЮ

 СИСТЕМЫ ПРОГРАММ «ЗОНД» .……………………….. 90

2.1. Технологическая схема и функциональные возможности интерпретационного процесса ……………………………….. 90

 2.1.1. Обработка и анализ первичного материала ……… 94

 2.1.2. Качественная интерпретация ……………………… 96

 2.1.3. Анализ параметрических зондирований …………... 98

 2.1.4. Количественная интерпретация ……………………. 101

 2.1.5. Интерпретация мониторинговых наблюдений …… 113

 2.2. Процесс выполнения компьютерной обработки и интерпретации электрических зондирований …………………… 117

 2.3. Оценка информативности результатов интерпретации на основе численного моделирования ………………………… 149

3. АДАПТАЦИЯ СИСТЕМЫ «ЗОНД» К РАЗВИВАЕМЫМ АППАРАТУРНО-МЕТОДИЧЕСКИМ ТЕХНОЛОГИЯМ.156

3.1. Электрическое зондирование с использованием аппаратурно-программного комплекса «АМС-ЗОНД» … 156

3.2. Конвертация результатов съемки методом 2D-электротомографии в систему «ЗОНД» ………… 162

3.3. Многоэлектродные электрические зондирования с использованием инверсионной установки …………… 166

4. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ…. 181

 4.1. Изучение строения и физического состояния геологической среды ……………………………………………. 182

 4.2. Инженерно-геологические изыскания ………… 192

 4.3. Решение экологических задач ..……………… 205

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ……………………………………………… 219

ЛИТЕРАТУРА ………………………………………………. 223

**Введение**

Повышение эффективности ведения геофизических работ неразрывно связано с созданием и внедрением в производство современных компьютерных технологий.

Практическая реализация этого связана с решением весьма непростых задач, включая формирование физико-геологической модели среды адекватной конкретным геоэлектрическим условиям с созданием соответствующих способов расчета электрических полей, учет некорректности восстановления физико-геологической модели по результатам геофизических наблюдений, требующей разработки методов повышения однозначности и достоверности получаемых результатов, снижение влияния различного рода помех, повышение технологичности интерпретационного процесса и др.

Разработка приемов автоматизации процесса интерпретации электрических зондирований берет свое начало с момента появления первых ЭВМ (Юкна,1958). Наиболее интенсивное развитие этого направления относится к 80-м годам прошлого века. Основные усилия на данном этапе были направлены на создание численных методов решения прямых и обратных задач для различных моделей сред, разработку различных способов и программ физического и геологического истолкования электрических зондирований, повышение технологичности обработки и интерпретации полевых материалов, что отображено в материалах многих научных работ [4, 12, 14, 30, 33, 40, 44, 50, 53, 56, 66-70, 81, 85, 92 и др.).

К настоящему времени достигнуты определенные успехи в этом направлении. Создан ряд программ для интерпретации различных модификаций электрического зондирования [22, 48, 86], используемых при решении поисковых, инженерно-геологических, экологических и других задач.

В данной работе рассмотрен один из подходов к автоматизации процесса интерпретации электрических зондирований, реализованный в виде системы программ ЗОНД, приведены физико-математические основы, теоретические и методологические наработки, использованные в этой системе, рассмотрена технология и примеры практического ее применения с учетом современного аппаратурно-программного обеспечения ведения полевых работ. В своей основе она является результатом развития классического направления в области интерпретации электрических зондирований, реализуемого на базе новых теоретических наработок и потенциальных возможностей современных ЭВМ.

Начальный период создания системы ЗОНД относится к восьмидесятым годам прошлого века [25-30 и др.]. Исследования были направлены на разработку и апробирование различных способов и подходов к решению обратной задачи электрического зондирования с использованием ЭВМ. Работы проводились на кафедре геофизики Пермского государственного университета при поддержке профессора Б.К.Матвеева, в тесном сотрудничестве с вычислительным центром и рядом производственных организаций, главным образом, с ТГО "Уралгеология" (г. Свердловск).

Первая рабочая версия программы была создана автором в 1977 г. и в последующие годы использовалась в качестве основного рабочего инструмента при решении различного рода задач в рамках сотрудничества с трестом “Пермнефтегеофизика”, ТГО "Уралгеология", ОАО "ПермНИПИнефть", предприятиями ОАО «Уралкалий», ОАО «Сильвинит», ОАО «Лукойл» и др. В ходе выполнения этих работ осуществлялась доводка, тестирование, поиск и реализация способов повышения достоверности и геологической содержательности получаемых материалов, обеспечения технологичности интерпретационного процесса. В 90-е годы были реализованы программы визуализации, в наглядной форме отображающих строение и физические свойства исследуемых объектов. Отдельные из результатов таких исследований приведены в работах [31, 33, 38, 39, 48]. Процесс развития системы продолжался с учетом новых научных наработок и прогрессом развития компьютерных средств. В общей сложности под руководством и непосредственном участии автора было выполнено более 70 научно-исследовательских и производственных работ.

В программной реализации разрабатываемых способов и алгоритмов интерпретации в разные годы принимали участие инженер-программист Л.П.Соснина; научный сотрудник В.А.Кутин, оказавший большую помощь в совершенствовании численных методов моделирования и решении обратной задачи, создании программ 1D-3D визуализации наблюденных параметров электрического поля; к.физ-мат.н. Н.Н.Серебренникова, совместно с которой были исследованы возможности регуляризации наблюденных кривых зондирования; к.т.н. А.М.Пригара, реализовавший вариант 3D-визуализации результатов наблюдений; огромную помощь в развитии системы программ ЗОНД оказал ведущий инженер-программист С.В.Мокроносов, выполнивший адаптацию ее под компьютерную систему Windows, принимавший участие в программной реализации алгоритмов визуализации и технологии интерпретационного процесса, в поддержании системы ЗОНД на уровне, отвечающем современному развитию компьютерных средств. За все это, выполненное на хорошем профессиональном уровне с увлеченностью и энтузиазмом, автор выражает искреннюю признательность. Автор очень благодарен также своим коллегам С.В.Колесникову, Д.А.Артемьеву и Т.А.Ласкиной за помощь, оказанную в подготовке работы к печати.

Данная публикация является развитием результатов исследований, рассмотренных автором в работах [30, 33]. Она предназначена для студентов геофизической специальности, а также специалистов, занимающихся интерпретацией электроразведочных материалов.