

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «РОСГЕОЛОГИЯ»
(АО «РОСГЕО»)

ИНСТИТУТ НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ
ИМ. А. А. ТРОФИМУКА
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ УЭС
НА ОСНОВЕ СОВМЕСТНОЙ
МНОГОПЛАСТОВОЙ ИНВЕРСИИ
ДАННЫХ ЭЛЕКТРОКАРОТАЖА:
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ,
МЕТОДИКА И ЕЕ РЕАЛИЗАЦИЯ
В ТЕХНОЛОГИИ ПОИСКА И ОЦЕНКИ
УГЛЕВОДОРОДОНАСЫЩЕННЫХ
ИНТЕРВАЛОВ «GEOAUDIT»**

Методическое руководство

Новосибирск
2025

Научный редактор
академик РАН, д. т. н. М. И. Эпов

Авторы:

*д. т. н. К. В. Сухорукова, к. т. н. А. М. Петров,
к. т. н. К. Н. Даниловский, к. т. н. О. В. Нечаев,
Д. С. Лежнин, О. О. Асанов, А. А. Лапковская,
А. Р. Леоненко, С. А. Примаков*

062 **Определение УЭС на основе совместной многопластовой инверсии данных электрокаротажа: теоретические основы, методика и ее реализация в технологии поиска и оценки углеводородонасыщенных интервалов «GeoAudit»** : Методическое руководство / науч. ред. М. И. Эпов. – Новосибирск : Свиньин и сыновья, 2025. – 170 с. : ил.

ISBN 978-5-98502-298-8

В руководстве представлены методические рекомендации по использованию многопластового подхода при интерпретации практических данных электрокаротажа для получения надежных оценок УЭС флюидонасыщенных отложений. Детально показаны основные особенности этого подхода к анализу данных электрокаротажа. Приведены теоретико-методические основы и математические постановки прямой и обратной задач геоэлектромагнетизма; принципы модельного описания каротажного прибора и окружающей его среды; отдельные аспекты расчленения разреза, параметризации геоэлектрической модели, учета априорной геологической и иной информации, а также вопросы проверки кондиционности каротажных данных и возможности их коррекции. Рассмотрены условия применимости, алгоритмические и методические особенности проведения многопластовой инверсии, способы оценки достоверности полученных результатов, возможности повышения эффективности программных средств с использованием нейросетевых подходов. Описана технология поиска и оценки углеводородонасыщенных интервалов «GeoAudit», реализующая на практике рассматриваемую методику, с примерами ее использования при решении задач оценки углеводородосодержания коллекторов нефти и газа.

Предназначено для специалистов в области интерпретации данных геофизических исследований в скважинах.

© АО «Росгеология» (АО «Росгео»), 2025.

© Институт нефтегазовой геологии и геофизики
им. А. А. Трофимука СО РАН (ИНГГ СО РАН), 2025

СОДЕРЖАНИЕ

Принятые обозначения и сокращения	3
Введение	6
Глава 1. Теоретико-методические основы многопластового подхода к анализу данных электрокаротажа	12
1.1. Базовая модель среды	12
Учет анизотропии УЭС отложений	13
Учет диэлектрической проницаемости	14
1.2. Численное моделирование электрокаротажных диаграмм	16
Математическая модель измерительной аппаратуры	16
Математическая постановка прямой задачи геоэлектромагнетизма	17
1.3. Решение обратной геофизической задачи	20
Минимизация функционала невязки практических и синтетических данных	20
Совместная инверсия гальванических и индукционных измерений	21
Учет априорной информации и регуляризация решений	23
1.4. Область применимости многопластового подхода	25
Применение аксиально-симметричных моделей при анализе данных, измеренных в наклонных скважинах	26
Оценка вертикального УЭС отложений по данным электрокаротажа при отсутствии периодического переслаивания	27

1.5. Сопоставление оценок УЭС, получаемых в рамках многопластового и традиционного попластового подходов.....	32
Сопоставление оценок УЭС однородных пластов значительной толщины.....	34
Водонасыщенный пласт низкого УЭС	34
Пласт среднего УЭС (преимущественно углеводородное насыщение).....	35
Углеводородонасыщенный пласт высокого УЭС	36
Сопоставление оценок УЭС коллекторов малой толщины.....	37
1.6. Методические аспекты параметризации моделей пластов-коллекторов.....	40
1.7. Методические аспекты вертикального расчленения разреза	53
1.8. Методические аспекты сравнения каротажных диаграмм.....	57
Влияние неточностей определения УЭС блоков среды.....	59
Влияние несоответствия геометрического строения модели реальной среде.....	65
Влияние неучтенного в модели контрастного по УЭС пропластка.....	65
Влияние неточности позиционирования границ пластов и неувязки измеренных сигналов по глубине.....	66
Принципы сравнения каротажных данных.....	67
Глава 2. Методика интерпретации данных электрокаротажа с применением совместной многопластовой инверсии.....	71
2.1. Анализ кондиционности и коррекция электрокаротажного материала.....	73
Первичный анализ данных.....	74
Подготовка данных каротажа для процедуры инверсии	77
Углубленный анализ кондиционности на основе промежуточных результатов многопластовой инверсии	79
Особенности анализа кондиционности и способы коррекции данных конкретных методов электрокаротажа	80

Резистивиметрия и боковое каротажное зондирование.....	80
Индукционный каротаж (ИК/ИКЗ)	83
Электромагнитный каротаж (ЭМКЗ)	85
Боковой каротаж (БК)	87
2.2. Создание начального приближения геоэлектрической модели.....	88
Выбор параметризации геоэлектрической модели	88
Построение начального приближения многопластовой геоэлектрической модели по комплексу данных ГИС.....	92
Расчленение целевого интервала по комплексу ГИС с выделением квазиоднородных пластов и их классификацией на коллекторы и неколекторы	93
Разбиение радиально-неоднородных пластов-коллекторов на кольцевые блоки согласно выбранной параметризации	94
Задание стартовых значений электрофизических свойств блоков модели на основе данных электрокаротажа.....	95
Примеры	96
2.3. Оптимизация подбора параметров геоэлектрической модели.....	100
Подготовка к инверсии	101
Учет априорной информации и регуляризация решений.....	101
Выбор весовых коэффициентов сигналов зондов в невязке	102
Инверсия	105
2.4. Оценка качества результатов инверсии и анализ неопределенностей восстановленных значений параметров.....	107
Оценка качества результата инверсии	108
Оценка неопределенностей значений параметров модели среды.....	112
Оценка неопределенностей с использованием линейного приближения	112
Оценка неопределенностей с использованием стохастического подхода	113

Глава 3. Технология поиска и оценки углеводородонасыщенных интервалов «GeoAudit»	121
3.1. Нейросетевое экспресс-моделирование электрокаротажных диаграмм	122
3.2. Область применимости и необходимые входные данные	127
Область применимости технологии «GeoAudit»	127
Входные данные	130
3.3. Определение электрофизических свойств пластов-коллекторов	132
Настройка нейросетевых алгоритмов моделирования	132
Построение геоэлектрических моделей целевых отложений	136
3.4. Построение петрофизической модели отложений	136
Общие принципы оценки характера флюидонасыщенности	138
Учет глинистости как электропроводящего компонента	138
3.5. Апробация	141
Пример № 1. Построение геоэлектрической модели контрастного по УЭС газонасыщенного коллектора по данным БКЗ	141
Пример № 2. Выявление ОЗ в коллекторах малой толщины как признака подвижной нефти	144
Пример № 3. Уточнение УЭС и выделение новых потенциально продуктивных коллекторов в сложных геоэлектрических условиях	146
Пример № 4. Выделение и оценка потенциально продуктивных интервалов	148
Пример № 5. Согласование данных расширенного комплекса электрокаротажа на базе единой модели	150
Заключение	153
Список литературы	156