

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ИЗУЧЕНИЕ АНИЗОТРОПИИ В МЕТОДЕ СОПРОТИВЛЕНИЙ

Учебное пособие по курсу
**ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА НЕОДНОРОДНЫХ
И АНИЗОТРОПНЫХ СРЕД**
под редакцией В.А. Шевнина

Москва
2012

Рецензенты:

доктор физ.-мат. наук, профессор кафедры геофизики РГГРУ–МГРИ А.Д. Каринский,
канд. геол.-мин. наук, вед. науч. сотр. института ВСЕГИНГЕО А.А. Рыжов

Авторы: Бобачев А.А., Большаков Д.К., Модин И.Н., Мусатов А.А.,
Перваго Е.В., Шевнин В.А., Акуленко С.А., Ерохин С.А.,
Павлова А.М.

Изучение анизотропии в методе сопротивлений

Под ред. проф. В.А. Шевнина

Учебное пособие. – М.: МГУ, 2012. – 248 с.

В пособии в сжатой форме изложены основы теории метода сопротивлений для анизотропных, слоисто-анизотропных и анизотропно-неоднородных сред, методика изучения анизотропии и особенности интерпретации данных электроразведки в анизотропных средах.

Пособие предназначено для магистрантов, обучающихся по направлению «малоглубинная геофизика», аспирантов и специалистов, применяющих электроразведку, и может быть полезно студентам-геофизикам, занимающимся изучением анизотропии сопротивления.

Печатается по решению Ученого совета
геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова
от 22 марта 2012 г.

Допущено УМО по классическому университетскому образованию
в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся
по направлению подготовки 020700 Геология

ISBN 978-5-904807-14-6

© Бобачев А.А., Большаков Д.К., Модин И.Н.,
Мусатов А.А., Перваго Е.В., Шевнин В.А.,
Акуленко С.А. Ерохин С.А., Павлова А.М.,
2012
© Издательство Полипресс, 2012

Оглавление

Предисловие	5
1. Краткая история изучения анизотропии в электроразведке (Большаков Д.К., Перваго Е.В., Шевнин В.А.).....	6
2. Анизотропия электрического сопротивления горных пород (Шевнин В.А.)	23
3. Основы теории метода сопротивлений для анизотропных сред. Часть 1	28
3.1. Тензор электропроводности (Бобачев А.А.)	28
3.2. Анизотропное полупространство (Бобачев А.А., Модин И.Н., Перваго Е.В., Шевнин В.А.)	30
3. Основы теории метода сопротивлений для анизотропных сред. Часть 2 (Бобачев А.А., Модин И.Н., Перваго Е.В., Шевнин В.А.).....	39
3.3. Электрические зондирования над анизотропной средой, перекрытой слоем наносов (Большаков Д.К., Перваго Е.В., Модин И.Н., Шевнин В.А.).....	39
3.4. Вертикальный контакт двух анизотропных сред (Модин И.Н., Перваго Е.В., Акуленко С.А.)	45
3.5. Решение прямой задачи метода сопротивлений для двухслойной среды с произвольной ориентацией анизотропии в каждом слое (Большаков Д.К., Модин И.Н., Перваго Е.В., Шевнин В.А.)	52
3.6. Аналитическое решение для электрического потенциала в произвольной анизотропной горизонтально-слоистой среде с помощью трансформаций Ханкеля целого порядка (Мусатов А.А., Перваго Е.В., Шевнин В.А.)	73
4. Методика изучения анизотропии негоризонтальных напластований (Большаков Д.К., Мусатов А.А., Перваго Е.В., Шевнин В.А.).....	89
4.1. Симметричное и несимметричное вращение установок (Большаков Д.К., Перваго Е.В., Шевнин В.А.).....	92
4.2. Анизотропия на фоне неоднородности в виде наклонного контакта. Часть 1 (Мусатов А.А., Перваго Е.В., Шевнин В.А.).....	95
4.3. Анизотропия на фоне неоднородности в виде наклонного контакта. Часть 2 Тензорные измерения (Мусатов А.А., Перваго Е.В., Шевнин В.А.)	98
4.4. Азимутальные наблюдения с погруженным источником (Шевнин В.А., Перваго Е.В.).....	103
5. Интерпретация данных азимутальных наблюдений	108
5.1. Анизотропное полупространство (Большаков Д.К., Модин И.Н., Перваго Е.В., Шевнин В.А.).....	108

5.2. Интерпретация азимутальных наблюдений на основе расчета их спектров (Перваго Е.В.)	111
5.3. Интерпретация азимутальных зондирований для двухслойных сред (Перваго Е.В.)	117
6. Влияние псевдоанизотропии горизонтально-слоистого разреза (Бобачев А.А., Шевнин В.А.)	118
7. Примеры практических измерений анизотропии	126
7.1. Применение азимутального ЭП на учебной практике в Крыму (Большаков Д.К., Модин И.Н., Шевнин В.А.)	126
7.2. Результаты работ на участке Краснооктябрьский в Донецке (Модин И.Н., Большаков Д.К., Шевнин В.А.)	128
7.3. Оценка направления трещиноватости и коэффициента фильтрации в районе реки Сан-Хуан (Мексика) (Шевнин В.А.)	129
7.4. Пример массовых азимутальных измерений для определения простирания коренных пород на плато Патиль (Крым) (Большаков Д.К., Перваго Е.В., Шевнин В.А.)	130
7.5. Исследование анизотропии рыхлых пород в Александровке (Калужская область) (Бобачев А.А., Большаков Д.К., Модин И.Н., Шевнин В.А.)	134
Приложение 1. Программы пакета «Анизпак» (Большаков Д.К., Модин И.Н., Перваго Е.В., Шевнин В.А.)	140
Приложение 2. Анизотропия в методе ЕП (Шевнин В.А., Ерохин С.А., Павлова А.М.)	150
Список литературы	156

Предисловие

Исследование анизотропии электрического сопротивления на кафедре геофизики геологического факультета МГУ проводилось многие годы, но особенно активно – в период 1991–1999 годов. В это время в лаборатории электроразведки сложилась группа специалистов, заинтересованных в изучении анизотропии, в теоретических и методических исследованиях ее проявления. Большое количество полевых работ в районах, где анизотропия достаточно заметно проявлена (Крым, Донецкая область, Чукотка), давало возможность постоянно проверять новые наработки и применять их в полевых условиях. Особое место в наших работах занимала территория Крымской учебной практики в Бахчисарайском районе Крыма, где распространены породы флишевой толщи (т. н. таврическая серия) с негоризонтальным залеганием и повышенными коэффициентами анизотропии. Задача изучения анизотропии много лет была частью учебной практики, и силами студентов был собран обильный полевой материал по этой теме.

К сожалению, распад СССР и появление независимых государств неизбежно привели к появлению государственных границ, таможи и сильных затруднений в транспортировке аппаратуры для проведения практики и возврата в МГУ. Стало понятно, что продолжение учебной практики в Крыму ложится слишком тяжелой нагрузкой на кафедру. В это время появилась база для учебных практик по электроразведке в д. Александровка Калужской области, куда и была перемещена электроразведка. Наиболее сильно от такого переноса пострадало изучение анизотропии. За годы работы по теме было опубликовано большое количество статей, защищены две кандидатские диссертации (Д.К. Большаков и Е.В. Перваго) и одна докторская (В.А. Шевнин), в которых много внимания уделялось анизотропии. Изучение анизотропии на теоретическом уровне было продолжено в Мексике (А.А. Мусатов, Е.В. Перваго и В.А. Шевнин).

Анизотропия сопротивления изучается в общем курсе электроразведки для геофизиков и в специальном курсе для магистров «Электроразведка неоднородных и анизотропных сред». В 2010 году было решено собрать основные результаты по анизотропии в виде учебного пособия, которое и представляется читателю. Учитывая, что многие тексты были взяты из разных рукописных и опубликованных работ с разным составом авторов, список авторов глав и их разделов указан в оглавлении.

По электроразведке неоднородных сред будет подготовлено отдельное учебное пособие.

Коллектив авторов выражает свою признательность специалистам-геофизикам, с которыми мы обсуждали разные аспекты применения электроразведки для изучения анизотропии, среди которых А.Д. Каринский, С.З. Козак, А.А. Рыжов, А.А. Редозубов, С.С. Сысков, M.J.S. Matias, S.K. Sandberg, W.A. Sauck, L.D. Slater, K.A. Watson, D.N. Wishart, A.A.R. Zohdy.

*В.А. Шевнин
профессор, научный редактор*