

И. Г. Сивородников

**ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ
СКВАЖИН**

**Екатеринбург
2014**

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»



И. Г. Сковородников

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СКВАЖИН

Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов
Российской Федерации по образованию в области прикладной
геологии в качестве учебника для студентов высших учебных
заведений, обучающихся по дисциплине «Геофизические
исследования скважин» для специализаций «Геофизические
методы поиска и разведки месторождений полезных ископаемых»
и «Геофизические исследования скважин» специальности
21.05.03 «Технология геологической разведки» укрупненной группы
направления подготовки 21.00.00 «Прикладная геология, горное дело,
нефтегазовое дело и геодезия»
(решение № 18-14-УМО/3 от 18.02.15 г.)

4-е издание, переработанное и дополненное

Екатеринбург
2014

УДК 550.83

С 44

Рецензенты: *Уткин В. И.*, д-р техн. наук, член-корр. РАН (Институт геофизики УрО РАН);

Западно-Сибирская Корпорация "Тюменьпромгеофизика"

Печатается по решению Редакционно-издательского совета
Уральского государственного горного университета

Сквородников И. Г.

С 44 Геофизические исследования скважин: учебник для вузов. 4-е изд., переработ. и дополн. / И. Г. Сквородников; Урал. гос. горный ун-т. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. 456 с.

ISBN 978-5-8019-0315-6

Настоящее издание представляет собой учебник по общему курсу "Геофизические исследования скважин". Содержание учебника соответствует требованиям государственного образовательного стандарта для направления подготовки дипломированного специалиста 130200 "Технологии геологической разведки".

Основное внимание в пособии уделено физическим основам рассматриваемых методов. В конце каждой главы приведены контрольные вопросы для самопроверки.

По сравнению с предыдущими изданиями, настоящее дополнено описанием таких новых методов как ядерно-магнитный и углеродно-кислородный каротаж, добавлена глава по применению ГИС при контроле разработки нефтяных и газовых месторождений, существенно расширен раздел скважинной геофизики.

Как и в предыдущих изданиях, подчеркивается вклад, внесенный в развитие методов ГИС уральскими геофизиками.

Нумерация параграфов, рисунков и формул своя в каждой главе.

Рис. 324, табл. 14, библиогр. 120 наим.

УДК 550.83

© Уральская гос. горно-геолог.
академия, 2003

© Уральский гос. горный ун-т, 2005,
2009

© Сквородников И. Г., 2003, 2005,
2009

© Уральский гос. горный ун-т, 2014

© Сквородников И. Г., 2014

ISBN 978-5-8019-0315-6

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Классификация методов ГИС	3
Контрольные вопросы	9
ЧАСТЬ I. АППАРАТУРА И ОБОРУДОВАНИЕ ГИС	10
Глава 1. Способы измерений в ГИС	10
§ 1. Принципы телеметрии	10
§ 2. Измерение разности потенциалов и силы тока	12
§ 3. Измерение частоты тока	13
§ 4. Измерение временных интервалов	15
Контрольные вопросы	15
Глава 2. Каротажные станции	16
§ 1. Функциональная схема каротажной станции	16
§ 2. Регистрирующие приборы каротажных станций	18
§ 3. Компьютеризированные каротажные станции	26
Контрольные вопросы	27
Глава 3. Скважинные приборы, каротажные кабели, вспомогательное оборудование	27
§ 1. Скважинные приборы	27
§ 2. Каротажные кабели	31
§ 3. Вспомогательное оборудование каротажных станций	33
§ 4. Синхронизация перемещения носителя записи с движением кабеля и скважинного прибора	36
Контрольные вопросы	37
ЧАСТЬ II. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ КАРОТАЖ	38
Глава 4. Электрический каротаж нефокусированными зондами	38
§ 1. Электрическая характеристика объекта исследований	38
§ 2. Физические основы метода кажущихся сопротивлений	41
§ 3. Типы зондов КС	44
§ 4. Схема регистрации диаграмм КС	46
§ 5. Связь кажущегося сопротивления с плотностью тока	48
§ 6. Влияние контакта сред с различным сопротивлением на величину КС	49
§ 7. Кривые КС на контакте пород разного сопротивления для зондов различного типа	52
§ 8. Интерпретация диаграмм КС	54
§ 9. Резистивиметрия скважин	63
Контрольные вопросы	64
Глава 5. Метод боковых каротажных зондирований	65
§ 1. Аналогия методов БКЗ и ВЭЗ	65
§ 2. Методика и аппаратура БКЗ	66
§ 3. Типы кривых БКЗ	71
§ 4. Интерпретация кривых БКЗ	75

§ 5. Кривые зондирования	76
§ 6. Стандартные зонды КС	77
Контрольные вопросы	77
Глава 6. Метод микрозондов (микрокаротаж)	78
Контрольные вопросы	82
Глава 7. Боковой каротаж	83
§ 1. Метод бокового каротажа	83
§ 2. Микробоковой каротаж	88
Контрольные вопросы	90
Глава 8. Электромагнитные методы каротажа	91
§ 1. Индукционный каротаж	91
§ 2. Высокочастотные методы индукционного каротажа	98
§ 3. Метод ВИКИЗ	108
Контрольные вопросы	113
Глава 9. Метод токового каротажа	114
Контрольные вопросы	118
Глава 10. Методы электрохимической активности	118
§ 1. Метод потенциалов собственной поляризации. Общие сведения	118
§ 2. Диффузионно-адсорбционные потенциалы	119
§ 3. Фильтрационные потенциалы	124
§ 4. Окислительно-восстановительные потенциалы	126
§ 5. Схема записи диаграмм ПС	127
§ 6. Помехи при записи диаграмм ПС	128
§ 7. Интерпретация диаграмм ПС	132
§ 8. Метод электродных потенциалов	138
Контрольные вопросы	140
ЧАСТЬ III. РАДИОАКТИВНЫЙ КАРОТАЖ	142
Глава 11. Гамма-каротаж	142
§ 1. Физические основы метода	142
§ 2. Аппаратура и методика каротажа	142
§ 3. Интерпретация результатов	147
Контрольные вопросы	152
Глава 12. Гамма-гамма-каротаж	152
§ 1. Общие сведения о методе	152
§ 2. Процессы взаимодействия γ -излучения с веществом	153
§ 3. Плотностной гамма-гамма-каротаж	157
§ 4. Селективный гамма-гамма-каротаж	159
Контрольные вопросы	162
Глава 13. Рентгенорадиометрический каротаж	162
Контрольные вопросы	167
14. Методы нейтронного каротажа с использованием стационарных источников нейтронов	167
§ 1. Процессы взаимодействия нейтронов с веществом	168
§ 2. Нейтронный гамма-каротаж (НГК)	171
§ 3. Нейтрон-нейтронный каротаж по тепловым нейтронам	179

§ 4. Нейтрон-нейтронный каротаж по надтепловым нейтронам.....	181
Контрольные вопросы	182
Глава 15. Импульсный нейтронный каротаж (ИНК)	183
§ 1. Физические основы метода	183
§ 2. Применение импульсного нейтронного каротажа.....	185
§ 3. Углеродно-кислородный каротаж (С/О каротаж).....	188
Контрольные вопросы	193
Глава 16. Гамма-нейтронный каротаж	194
Контрольные вопросы	195
Глава 17. Нейтронно-активационный каротаж	196
§ 1. Физические основы метода	196
§ 2. Методика работ и интерпретация результатов	197
§ 3. Область применения метода	199
Контрольные вопросы	201
ЧАСТЬ IV. ПРОЧИЕ ВИДЫ КАРОТАЖА	202
Глава 18. Термометрия скважин	202
§ 1. Физические основы метода	203
§ 2. Вывод уравнения геотермограммы	205
§ 3. Техника измерений температуры в скважинах	208
§ 4. Применение термометрии скважин для решения геологических и технических задач	211
Контрольные вопросы	218
Глава 19. Акустический каротаж	218
§ 1. Общие сведения о методе.....	218
§ 2. Акустические волны в необсаженной скважине	220
§ 3. Методика и интерпретация АК.....	223
§ 4. Область применения метода и решаемые задачи	226
Контрольные вопросы	227
Глава 20. Магнитный каротаж	228
§ 1. Физические основы метода	228
§ 2. Интерпретация результатов КМВ	229
Контрольные вопросы	232
Глава 21. Ядерно-магнитный каротаж (ЯМК)	233
§ 1. Метод свободной прецессии ядер в магнитном поле Земли	233
§ 2. Метод спинового эха в поле сильных постоянных магнитов.....	242
Контрольные вопросы	249
Глава 22. Механический каротаж	250
Контрольные вопросы	251
Глава 23. Газовый или геохимический каротаж	252
§ 1. Физические основы метода	252
§ 2. Аппаратура и регистрируемые параметры	253
Контрольные вопросы	258

ЧАСТЬ V. ОПЕРАЦИИ В СКВАЖИНАХ	259
Глава 24. Кавернометрия и профилометрия	259
§ 1. Кавернометрия.....	259
§ 2. Профилометрия.....	261
Контрольные вопросы.....	263
Глава 25. Инклинометрия	263
Контрольные вопросы.....	268
Глава 26. Пластовая наклонметрия	269
Контрольные вопросы.....	271
Глава 27. Потометрия в скважинах	271
Контрольные вопросы.....	277
Глава 28. Цементметрия скважин	277
Контрольные вопросы.....	285
Глава 29. Дефектометрия обсадных колонн	286
Контрольные вопросы.....	292
Глава 30. Отбор проб пластовых флюидов	293
Контрольные вопросы.....	295
Глава 31. Прострелочно-взрывные работы в скважинах	296
§ 1. Отбор грунтов.....	296
§ 2. Перфорация обсадных колонн.....	298
§ 3. Торпедирование скважин.....	300
Контрольные вопросы.....	301
ЧАСТЬ VI. СКВАЖИННАЯ ГЕОФИЗИКА	302
Глава 32. Скважинный вариант метода естественного электрического поля (ЕП-С)	302
§ 1. Физические основы метода.....	302
§ 2. Методика наблюдений.....	304
§ 3. Обработка и интерпретация результатов.....	305
Контрольные вопросы.....	307
Глава 33. Метод заряженного тела	308
§ 1. Физические основы метода.....	308
§ 2. Методика наблюдений.....	308
§ 3. Интерпретация результатов наблюдений.....	310
Контрольные вопросы.....	319
Глава 34. Метод электрической корреляции	319
§ 1. Физические основы метода.....	320
§ 2. Интерпретация и изображение результатов.....	322
Контрольные вопросы.....	326
Глава 35. Радиоволновое просвечивание	327
§ 1. Физические основы метода.....	327
§ 2. Методика измерений в скважинах.....	329
§ 3. Интерпретация результатов.....	330
Контрольные вопросы.....	333
Глава 36. Вертикальное сейсмическое профилирование	334
§ 1. Общие сведения о методе.....	334

§ 2. Аппаратура ВСП	334
§ 3. Методика наблюдений и решения задач ВСП	336
Контрольные вопросы	339
Глава 37. Скважинная магниторазведка	339
§ 1. Физические основы метода	340
§ 2. Методика работ	341
§ 3. Интерпретация результатов	342
Контрольные вопросы	346
Глава 38. Скважинная гравиразведка	346
§ 1. Общие сведения о методе	346
§ 2. Принцип действия гравиметра струнного типа	347
§ 3. Скважинный гравиметр типа пружинных весов	349
§ 4. Методика работ	351
§ 5. Интерпретация и изображение результатов	351
Контрольные вопросы	355

ЧАСТЬ VII. КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ МЕТОДОВ ГИС ПРИ РАЗВЕДКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Глава 39. Комплексирование методов ГИС на месторождениях нефти и газа	357
§ 1. Задачи, решаемые ГИС на месторождениях нефти и газа	357
§ 2. Литологическое расчленение разрезов скважин	357
§ 3. Выделение коллекторов в разрезах скважин	363
§ 4. Определение пористости коллекторов	365
§ 5. Определение нефтегазонасыщенности коллекторов	372
§ 6. Определение проницаемости коллекторов	374
§ 7. Определение положения водонефтяного и газожидкостных контактов	377
§ 8. Геологические построения по данным каротажа на нефтяных и газовых месторождениях	379
Контрольные вопросы	384
Глава 40. Применение методов ГИС при контроле за разработкой месторождений нефти и газа	385
§ 1. Задачи, решаемые методами ГИС	385
§ 2. Выделение интервалов притока и приемистости пластов, определение их мощностей и дебита (расхода) отдельных пластов и пропластков	386
§ 3. Определение пластового давления и расчет коэффициента продуктивности	388
§ 4. Изучение состава и структуры потока флюидов в стволе скважины	392
§ 5. Изучение процессов вытеснения нефти водой	398
§ 6. Метод индикаторов	410
§ 7. Радиогидрохимический метод	411
§ 8. Тепловое поле эксплуатационных скважин	413
Контрольные вопросы	415

Глава 41. Комплексирование методов ГИС при разведке	
подземных вод	416
§ 1. Роль ГИС при разведке подземных вод	416
§ 2. Литолого-гидрогеологическая документация разреза	416
§ 3. Определение границ водоносных горизонтов	417
§ 4. Определение пористости водоносных горизонтов	420
§ 5. Определение коэффициента фильтрации	420
§ 6. Оценка минерализации подземных вод	420
§ 7. Определение элементов динамики подземных вод	421
Контрольные вопросы	423
Глава 42. Комплексирование методов ГИС на месторождениях	
ископаемых углей	424
§ 1. Физические свойства углей и вмещающих пород	424
§ 2. Задачи, решаемые ГИС в углеразведочных скважинах	
и методика работ	425
Контрольные вопросы	428
Глава 43. Комплексирование методов ГИС при разведке	
рудных месторождений	429
§ 1. Особенности физических свойств руд, решаемые задачи	
и методика работ	429
§ 2. Применение ГИС на месторождениях различных руд	430
Контрольные вопросы	443
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	444
Основная	444
Дополнительная	444