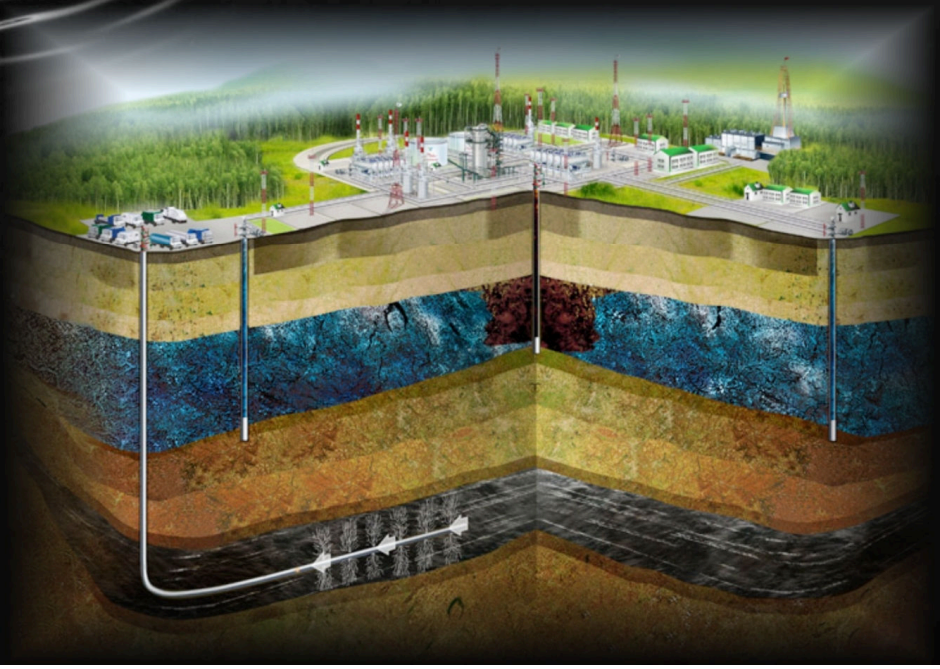
В.В. Климов
О.В. Савенок
Н.М. Лешкович

ОСНОВЫ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИН НА НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ



В.В. Климов, О.В. Савенок, Н.М. Лешкович

ОСНОВЫ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИН НА НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Учебное пособие

Краснодар
2016

УДК 550.3(075.8)
ББК 26.2я73
К49

Рецензенты:

***А.Т. Кошелев**, доктор технических наук, профессор,*
профессор кафедры Нефтегазового дела имени профессора Г.Т. Вартумяна
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»;
***А.Е. Нижник**, доктор технических наук, профессор,*
профессор кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»

К49 **Климов, Вячеслав Васильевич.**
Основы геофизических исследований при строительстве и эксплуатации скважин на нефтегазовых месторождениях : учебное пособие / В.В. Климов, О.В. Савенок, Н.М. Лешкович. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – 274 с.

ISBN 978-5-91718-461-6

Учебное пособие предназначено для студентов специалитета и бакалавриата, а также может быть полезно для магистрантов и аспирантов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Нефтегазовое дело» для изучения дисциплин «Геофизические исследования скважин», «Промысловая геофизика» и «Общая геофизика».

В нем приведены цели геофизических исследований и способы решения геологических и технологических задач нефтегазовой геологии и разработки месторождений; физические основы электрических, акустических, радиоактивных, термических, магнитных и других методов исследования скважин; сведения об аппаратуре и оборудовании; новые технологии проведения геофизических исследований скважин (ГИС).

Пособие снабжено необходимыми рисунками, схемами, таблицами. Материал изложен в доступной и сжатой форме на базе научного обобщения работ отечественных и зарубежных авторов, иноязычные термины использованы в минимальном количестве и кратко пояснены.

ББК 26.2я73
УДК 550.3(075.8)

ISBN 978-5-91718-461-6

© В.В. Климов, О.В. Савенок,
Н.М. Лешкович, 2016
© Оформление ООО «Издательский
Дом – Юг», 2016

СОДЕРЖАНИЕ

Сокращения и условные обозначения 8

Введение 10

Глава 1.
Геофизические методы исследования скважин 14
1.1 Классификация методов ГИС 14
1.2 Соотношение методов, основанных на исследовании керна, шлама и ГИС 14
1.3 Роль и место ГИС на стадиях горно-геологического процесса 15

Глава 2.
Скважина как объект геофизических исследований 19
2.1 Схемы и технологии проведения ГИС 21
2.2 Основные марки геофизических (каротажных) кабелей 27

Глава 3.
Геофизические методы исследований в открытом стволе скважин 31
3.1 Электрические методы исследования скважин 32
3.1.1 Электрические и электромагнитные свойства горных пород 32
3.1.2 Удельное электрическое сопротивление горных пород 35
3.1.3 Модификации электрического каротажа 38
3.1.4 Измерение кажущегося удельного сопротивления горных пород 38
3.1.5 Кривые кажущегося удельного сопротивления .. 41
3.1.6 Боковое каротажное зондирование (БКЗ) 44
3.1.7 Кажущееся удельное сопротивление пласта неограниченной мощности. Палетки БКЗ 45
3.1.8 Микрозондирование (микрокаротаж) 49
3.1.9 Боковой каротаж 52
3.1.10 Боковой микрокаротаж 54
3.1.11 Индукционный метод каротажа скважин 55
3.1.12 ВИКИЗ 57

3.1.13 Литологическое расчленение разреза 58
3.1.14 Выделение коллекторов и оценка типа насыщения 60
3.1.15 Метод потенциалов собственной поляризации .. 61
3.1.16 Диффузионно-адсорбционные потенциалы 62
3.1.17 Фильтрационные и окислительно-восстановительные потенциалы ПС 65
3.1.18 Измерение потенциалов ПС в скважинах и помехи при записи каротажных диаграмм 67
3.1.19 Обработка и интерпретация диаграмм ПС 70
3.1.20 Метод потенциалов вызванной поляризации 71
3.1.21 Метод потенциалов токового каротажа 72
3.1.22 Метод электродных потенциалов 74
3.2 Акустический каротаж 76
3.2.1 Акустические свойства горных пород 76
3.2.2 Методы акустического каротажа 79
3.2.3 Физические основы акустического метода 80
3.2.4 Акустический каротаж по скорости и затуханию 81
3.2.5 Измерительные установки акустического каротажа 87
3.2.6 Метод шумометрии 96
3.3 Методы радиоактивного каротажа 97
3.3.1 Основные сведения о радиоактивности 98
3.3.2 Единицы измерения радиоактивных излучений 107
3.3.3 Семейства радиоактивных элементов и радиоактивность горных пород 108
3.3.4 Взаимодействие ядерных излучений с веществом 110
3.3.5 Методы регистрации и детекторы радиоактивных излучений 114
3.3.6 Гамма-каротаж 117
3.3.7 Интерпретация результатов ГК 119
3.3.8 Гамма-гамма-каротаж (ГГК) 121
3.3.9 Нейтронный каротаж (стационарные нейтронные методы) 124
3.3.10 Нейтрон-нейтронный каротаж 131

3.3.11 Общие принципы построения аппаратуры радиоактивного каротажа 133
3.3.12 Импульсный нейтронный каротаж (ИНК) 134
3.3.13 Гамма-нейтронный каротаж 138
3.3.14 Нейтронно-активационный каротаж 138
3.3.15 Метод меченых атомов: применяемые модификации, физические основы, область применения 140
3.3.16 Метод наведённой активности: физические основы, методика проведения, область применения 142
3.3.17 Новый способ и технология каротажа с использованием меченых веществ 144
3.4 Метод термометрии 145
3.4.1 Метод естественного теплового поля 153
3.4.2 Метод искусственного теплового поля 154
3.5 Кавернометрия 155
3.6 Профилеметрия 157
3.7 Метод пластовой наклонометрии 160
3.7.1 Определения элементов залегания пластов пластовым наклономером 161
3.7.2 Пластовый наклономер НИД-1 164

Глава 4.
Геофизические методы контроля за разработкой нефтяных и газовых месторождений 168

Глава 5.
Приборное обеспечение и комплексы ГИС, применяемые за рубежом при строительстве и эксплуатации скважин 180

Глава 6.
Контроль технического состояния скважин. Решаемые задачи 185
6.1 Измерение искривления скважин (инклинометрия) 185
6.2 Основные задачи контроля технического состояния крепи скважин 189
6.3 Оценка качества цементирования скважин 190
6.3.1 Акустический контроль качества цементирования скважин 191

6.3.2 Метод гамма-гамма-каротажа 193
6.3.3 Метод радиоактивных изотопов 194
6.3.4 Применение метода термометрии при контроле цементирования скважин 196
6.4 Общие положения контроля технического состояния обсадных колонн 197
6.4.1 Основные задачи контроля технического состояния обсадных колонн 199
6.4.2 Основные виды дефектов и повреждений обсадных колонн 199
6.5 Методы контроля технического состояния обсадных колонн 202
6.6 Определение мест притока воды в скважину, зон поглощения и затрубного движения жидкости 219
6.6.1 Новая технология определения мест негерметичности в муфтовых соединениях обсадных колонн 220
6.6.2 Новая технология определения источников обводнения добываемой продукции и выявления интервалов негерметичности заколонного пространства скважин 223

Глава 7.
Схемы и технологии проведения ГИС в наклонно-горизонтальных скважинах 226
7.1 Горизонтальная скважина как объект геофизических исследований 226
7.2 Профили наклонно направленных и горизонтальных скважин 226
7.3 Технологии доставки геофизических приборов в горизонтальные скважины 228
7.4 Каналы связи, используемые при исследовании горизонтальных скважин 234
7.5 Технологии проведения ГИС в горизонтальных скважинах 235
7.5.1 Технологии проведения ГИС в горизонтальных скважинах за рубежом 235
7.5.2 Технологии проведения ГИС в горизонтальных скважинах в России 238

7.5.3 Аппаратурно-методические комплексы и приборное обеспечение для проведения ГИС при эксплуатации скважин 243

Глава 8.
Информативность и ограничения к применению геофизических методов в горизонтальных скважинах 249
8.1 Информативность геофизических методов в условиях горизонтальных скважин 249
8.2 Особенности геофизических исследований разведочных горизонтальных скважин 251
8.3 Особенности геофизических исследований эксплуатационных горизонтальных скважин 252

Глава 9.
Техника безопасности при проведении ГИС 257
9.1 Общие положения 257
9.2 Требования к геофизической аппаратуре, кабелю и оборудованию 258
9.3 Геофизические работы при строительстве скважин 259
9.4 Геофизические работы при эксплуатации скважин 261
9.5 Прострелочно-взрывные работы 263
9.6 Ликвидация аварий при геофизических работах 265
9.7 Основные технические требования к подготовке действующих скважин для проведения геофизических и гидродинамических исследований 266

Список использованной литературы 270

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бадалов Г.И. Контроль разработки нефтяных месторождений геофизическими методами : учебное пособие. – М. : МИНГ им. Губкина, 1991.

2. Бадалов Г.И. Определение источника обводнения горизонтальных скважин / Г.И. Бадалов, Р.Ш. Хайретдинов. – Альметьевск : АГНИ, 2006.

3. Бадалов Г.И. Геофизические методы определения характера обводнения скважин / Г.И. Бадалов, Р.Ш. Хайретдинов. – Альметьевск : АГНИ, 2007.

4. Бондаренко В.М. Общий курс геофизических методов разведки / В.М. Бондаренко, Г.В. Демура, А.М. Ларионов. – М. : Недра, 1986.

5. Вахитов Г.Г. Геофизические методы контроля за разработкой нефтяных месторождений / Г.Г. Вахитов, Ю.П. Гаттенбергер, В.А. Лучков. – М. : Недра, 1984.

6. Гейхман М.Г. Новые технические средства, технологии и методология геолого-геофизического контроля технического состояния крепи газовых и газоконденсатных скважин, в том числе и скважин с аномально-высокими пластовыми давлениями и температурой / М.Г. Гейхман, В.П. Колесниченко, В.В. Климов, Э.В. Аносов, И.Н. Кравцов, С.Н. Ретюнский. – Краснодар : Просвещение-Юг, 2011. – 265 с.

7. Гречухина В.В. Геофизические методы изучения геологии угольных месторождений. – М. : Недра, 1995.

8. Григорян Н.Г. Прострелеочные и взрывные работы в скважинах / Н.Г. Григорян, Д.Е. Пометун, Л.А. Горбенко, С.А. Ловля. – М. : Недра, 1980.

9. Горбачев Ю.И. Геофизические методы контроля за разработкой нефтегазовых месторождений / Ю.И. Горбачев, А.И. Ипатов. – М. : Гос. Акад. Нефти и Газа (ГАНГ), 1996.

10. Горбачев Ю.И. Геофизические исследования скважин. – М. : Недра, 2004.

11. Гизова И.Б. О новых геофизических исследованиях по контролю технического состояния скважин совместно с решением экологических задач. «Геофизик Татарии» / И.Б. Гизова, Р.Ш. Хайретдинов. – Бугульма, 2004.

12. Дахнов В.Н. Электрические и магнитные методы исследования скважин. – М. : Недра, 1981.

13. Дахнов В.Н. Интерпретация результатов геофизических исследований разрезов скважин. – М. : Недра, 1982. – 366 с.

14. Добрынин В.М. Интерпретация результатов геофизических исследований нефтяных и газовых скважин. – М. : Недра, 1988. – 461 с.

15. Добрынин В.М. Промысловая геофизика / В.М. Добрынин, Б.Ю. Вендельштейн, Р.А. Резванов, А.Н. Африкян. – М. : Недра, 1986.

16. Дьяконов Д.И. Общий курс геофизических исследований скважин : учебник для ВУЗов. – 2-е изд., перераб. / Д.И. Дьяконов, Е.И. Леонтьев, Г.С. Кузнецов.– М. : Недра, 2000. – 432 с.

17. Знаменский В.В. Геофизические методы разведки и исследования скважин : учебник для ВУЗов / В.В. Знаменский, М.С. Жданов, Л.П. Петров. – М. : Недра, 1999. – 320 с.

18. Знаменский В.В. Полевая геофизика. – М. : Недра, 2002.

19. Заворотько Ю.М. Геофизические методы исследования скважин. – М. : Недра, 1983. – 201 с.

20. Ишбулатова Р.Х. Некоторые вопросы контроля качества цементажа обсадных колонн / Р.Х. Ишбулатова, Р.Б. Булгаков // Геофизика. Спец. выпуск. – М., 2003. – С. 86–87.

21. Итенберг С.С. Геофизические исследования в скважинах / С.С. Итенберг, Т.Д. Дахкильгов. – М. : Недра, 1982. – 351 с.

22. Калинникова М.В. Учебное пособие по геофизическим исследованиям скважин / М.В. Калинникова, Б.А. Головин, К.Б. Головин. – Саратов, 2005.

23. Климов В.В. Научно-методические основы, аппаратура и технологии геофизического контроля технического состояния скважин на примерегазовых месторождений и подземных хранилищ газа. – М. : ООО «ИРЦГазпром», 2008. – 300 с.

24. Коноплев Ю.В. Геофизические методы контроля разработки нефтяных месторождений / Ю.В. Коноплев, Г.С. Кузнецов, Е.И. Леонтьев. – М. : Недра, 1986. – 217 с.

25. Латышова М.Г. Обработка и интерпретация материалов геофизических исследований скважин / М.Г. Латышова, Б.Ю. Вендельштейн, В.П. Тузов. – М. : Недра, 1990. – 305 с.

26. Латышова М.Г. Практическое руководство по интерпретации диаграмм геофизических исследований скважин. – М. : Недра, 2007.

27. Лукьянов Э.Е. Исследование скважин в процессе бурения. – М. : Недра, 1979.

28. Петров Л.П. практикум по общему курсу геофизических исследований скважин / Л.П. Петров, В.Н. Широков, А.Н. Африкян. – М. : Недра, 1987.

29. Померанц Л.И. Аппаратура и оборудование для геофизических методов исследования скважин / Л.И. Померанц, В.Т. Чукин. – М. : Недра, 2006.

30. Померанц Л.И. Геофизические методы исследования нефтяных и газовых скважин. – М. : Недра, 1981. – 323 с.

31. Резванов Р.А. Радиоактивные и другие неэлектрические методы исследования скважин. – М. : Недра, 1982.

32. Сковородников И.Г. Геофизические исследования скважин: курс лекций. – Екатеринбург : УПТА, 3003. – 209 с.

33. Токарев М.А. Комплексный геолого-промысловый контроль за текущей нефтеотдачей при вытеснении нефти водой. – М. : Недра, 1990. – 265 с.

34. Хмелевской В.К. Геофизические методы исследования земной коры. – Дубна : Изд-во ун-та Дубна, 1997.

35. Хмелевской В.К. Краткий курс разведочной геофизики. – М. : Изд-во МГУ, 1967, 1979.

36. Хуснуллин М.Х. Геофизические методы контроля разработки нефтяных пластов. – М. : Недра, 1989. – 185 с.

37. Шарма П. Геофизические методы в региональной геологии. – М. : Мир, 1986.

38. Широков В.Н. Скважинные геофизические информационно-измерительные системы / В.Н. Широков, Е.М. Митюшин, В.Д. Неретин. – М. : Недра, 2006.

39. Методические указания «Комплексирование и этапность выполнения геофизических, гидродинамических и геохимических исследований нефтяных и нефтегазовых месторождений». РД 153-39.0-109-01. – М., 2002. – 73 с.

40. Методические указания по проведению геофизических исследований поисково-разведочных нефтегазовых скважин в Западной Сибири и геологической интерпретации получаемых материалов. Калинин, 1986.

41. Технология исследования нефтегазовых скважин на основе ВИКИЗ : методическое руководство; под. ред. М.И. Эпов, Ю.Н. Антонов. – Новосибирск : НИЦ ОИГГМ СО РАН, изд. СО РАН, 2000. – 121 с.

42. Правила геофизических исследований и работ в нефтяных и газовых скважинах. – М., 1999.

43. РД 153-39.0-072-01 «Техническая инструкция по проведению геофизических исследований и работ приборами на кабеле в нефтяных и газовых скважинах». – М., 2002.

44. Геофизические методы исследования скважин: справочник геофизика / Под ред. В.М. Запорожца. – М. : Недра, 1983. – 591 с.

45. Геофизические методы исследований / Под ред. В.К. Хмелевского. – М. : Недра, 2008.

46. Интерпретация результатов геофизических исследований нефтяных и газовых скважин: справочник; под редакцией В.М. Добрынина. – М. : Недра, 1988.

47. Методическое руководство по компьютерной технологии контроля технического состояния и качества цементирования обсадных колонн нефтегазовых скважин / М.А. Сулейманов, В.Н. Служаев, Е.В. Семенов и др. – Уфа : НПФ «Геофизика», 1997. – 173 с.

48. Спутник нефтепромыслового геолога: справочник / Под ред. Н.П. Чоловского. – М. : Недра, 1989. – 376 с.

49. Молчанов А.А. Аппаратура и оборудование для геофизических исследований нефтяных и газовых скважин: справочник / А.А. Молчанов, В.В. Лаптев, В.Н. Моисеев, Р.С. Челокьян. – М. : Недра, 1987.

50. Широков В.Н. Скважинные геофизические информационно-измерительные системы / В.Н. Широков, Е.М. Митюшин, В.Д. Неретин, Э.Е. Лукьянов, Д.В. Белоконь. – М. : Недра, 1996.