



В.Е. Лялин

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ
ИНФОРМАЦИОННО-
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ**

**ДЛЯ ИНТЕРПРЕТАЦИИ
ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
СКВАЖИН**



1080

1090

1100

1110

УДК 550.832+550.8.05+004.89+681.518.3
ББК 30.121
Л 97

Ответственный редактор
кандидат химических наук **А.В. Трубачев**

Рецензенты
член-корреспондент РАН, доктор технических наук,
профессор **В.И. Уткин**
доктор технических наук, профессор **Р.Я. Кучумов**

Л 97 **Лялин В.Е.**
Интеллектуальные информационно-измерительные техно-
логии и управляющие системы для интерпретации геофизических
исследований скважин / В.Е. Лялин. – Екатеринбург: РИО УрО
РАН, 2013. – 396 с.

ISBN 978-5-7691-2333-7

Предложены программно-аппаратные средства и управляющие системы для автоматизации комплексных геофизических исследований скважин (ГИС) и интеллектуальные информационно-измерительные технологии обработки и интерпретации ГИС, построенные на основе разработки гибридных алгоритмов, базирующихся на теории нечеткой логики, нейронных сетей и деревьев решений, внедрение которых имеет существенное значение для повышения надежности выявления нефтенасыщенных коллекторов и комплексной автоматизации обработки и интерпретации геолого-геофизической информации.

Книга может быть полезна студентам и аспирантам нефтегазовых вузов и факультетов, как учебно-методическое пособие при изучении дисциплин «Геофизика», «Геофизические исследования скважин», «Интерпретация каротажных данных и подсчет запасов углеводородных месторождений» и др., а также специалистам в области геофизики и поиска полезных ископаемых, и математической теории интеллектуальных систем для верификации ГИС.

УДК 550.832+550.8.05+004.89+681.518.3
ББК 30.121



ISBN 978-5-7691-2333-7

Лялин В.Е., 2013 г.
РИО УрО РАН, 2013 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава 1. Анализ аппаратных и программно-алгоритмических средств создания интеллектуальных технологий интерпретации ГИС	6
1.1. Автоматизация обработки результатов ГИС	6
1.2. Цифровая регистрация каротажных данных	9
1.2.1. Преимущества цифровой регистрации	9
1.2.2. Программно-управляемые каротажные комплексы	9
1.2.3. Управляющие и обрабатываемые каротажные комплексы	10
1.3. Преобразование КД в цифровую форму	11
1.3.1. Оцифровка диаграмм с помощью преобразователей	12
1.3.2. Интерпретация каротажных данных	13
1.4. Алгоритмы интерпретации геофизической информации	16
1.4.1. Статистические методы	16
1.4.2. Алгоритм с использованием диагностических кодов	19
1.4.3. Литологическое расчленение с оценкой вероятности	20
1.4.4. Метод нормализации	21
1.4.5. Методы классификации, основанные на петрофизических данных	22
1.5. Программные средства обработки геофизической информации	23
1.5.1. Программы для оцифровки каротажных диаграмм	23
1.5.2. Программы интерпретации каротажных диаграмм	24
1.6. Методы и алгоритмы обработки геофизической информации ..	27
1.6.1. Методы кластеризации	27
1.6.2. Деревья решений	31
1.6.3. Статистические подходы анализа данных	33
1.6.4. Метод ближайших соседей	37
1.6.5. Нейронные сети	38
1.6.6. Методы нечеткого логического вывода	40
1.7. Результаты и выводы	42
Глава 2. Разработка программно-аппаратного комплекса ИИТ ГИС	45
2.1. ПАК на базе ЦМР	46
2.1.1. Структура и назначение комплекса АЦЗПК	46
2.1.2. ЦМР	49

2.1.3. Блок управления и усиления АЦЗПК	51
2.1.4. Устройство для подготовки и ввода служебной информации	51
2.1.5. Блок синхронизации скорости записи ЦМР	53
2.1.6. Устройство вывода графической информации	54
2.1.7. Устройство распознавания кода глубины скважины	55
2.1.8. Блок измерения скорости подъема скважинного прибора .	56
2.1.9. Устройство сопряжения ЦМР с ЭВМ	57
2.2. Создание ПАК ГИС на базе персональных компьютеров	57
2.2.1. Структурная схема	57
2.2.2. Назначение и состав технических средств	59
2.2.3. Концептуальные основы структуры программного обеспечения	61
2.2.4. Принципы построения программного, лингвистического и информационного обеспечения	67
2.2.5. Состав системы «Каротаж»	71
2.3. Разработка и анализ принципов построения электростатического регистратора	74
2.3.1. Способ и устройство для регистрации аналоговой информации	74
2.3.2. Регистратор графической и буквенно-цифровой информации	76
2.4. Интеллектуальные технические средства для повышения точности привязки каротажных сигналов к глубине скважины . . .	77
2.4.1. Требования к привязке геофизических измерений по глубине	77
2.4.2. Устройство для селекции импульсов полезной информации и помехи	79
2.4.3. Устройство для восстановления полезного сигнала	80
2.4.4. Устройство для формирования корректирующих импульсов	81
2.4.5. Устройство для определения максимальных значений нескольких близких к нормальному распределений чисел . . .	82
2.4.6. Устройство для классификации кодов глубины скважины по двум параметрам	83
2.5. Результаты и выводы	84
Глава 3. Комплекс программ для сбора, хранения и обработки ГИС	87
3.1. Разработка алгоритмов оперативной предварительной обработки ГИС	87
3.1.1. Предварительная обработка информации	88
3.1.2. Ввод и контроль данных информационной таблицы записи .	89
3.1.3. Алгоритм раскодирования глубины с самокоррекцией интервалов кодов глубины	92
3.1.4. Алгоритм автоматического анализа качества СС	93
3.1.5. Восстановление сигнала по нескольким его реализациям с одновременным переходом к равномерному шагу по глубине	97

3.1.6. Алгоритм и программа последовательной обработки информации с использованием диалога	101
3.2. Комплекс программ ввода и предварительной обработки данных ГИС	106
3.2.1. Общее описание структуры комплекса	106
3.2.2. Входные данные комплекса	108
3.2.3. Выходные данные комплекса	109
3.2.4. Функционирование комплекса	109
3.2.5. Анализ временных затрат на ввод и предварительную обработку геофизической информации	114
3.2.6. Оценка качества информации в процессе предварительной обработки данных ГИС	115
3.3. Программно-аппаратные средства для построения компьютерных геологических и фильтрационных моделей пластов	116
3.3.1. Система управления геологическими, геофизическими и производственными данными	118
3.3.2. Использование загрузчиков	125
3.3.3. Построение разрезов	126
3.4. Результаты и выводы	127
Глава 4. Информационно-измерительные, программно-алгоритмические средства и математические критерии оценки точности оцифровки твердых копий КД на бумажном носителе	132
4.1. Программное обеспечение компьютеризированной системы оцифровки КД	133
4.1.1. Технологический процесс оцифровки КД	133
4.1.2. Структурно-технологическая схема информационно-измерительной и управляющей системы процесса поточной оцифровки КД	134
4.2. Аппаратно-программные средства ИИиУС для повышения динамической точности формирования скан-образов КД	135
4.2.1. Основные цели ИИиУС при устранении погрешностей оцифровки КД	135
4.2.2. Общая структура ИИиУС	136
4.2.3. Технические средства для повышения динамической точности движения ленточного носителя	137
4.2.4. Алгоритмы обработки скан-образов КД	141
4.3. Интеллектуальная информационно-интерпретирующая система оцифровки КД	150
4.4. Результаты и выводы	161
Глава 5. Интерпретация результатов ГИС на основе применения интеллектуальных алгоритмов нечеткой логики	165
5.1. Определение продуктивных коллекторов методом нечеткого логического вывода	165

5.2. Анализ информативности каротажных методов при интерпретации с применением системы нечеткого логического вывода . . .	173
5.2.1. Обучение на одном методе каротажа	173
5.2.2. Результаты интерпретации по одному методу каротажа . . .	176
5.2.3. Обучение на нескольких методах каротажа	180
5.2.4. Результаты интерпретации по нескольким методам каротажа	181
5.3. Получение визуальной оценки качества интерпретации ГИС с использованием кросс-плотов и гистограмм	198
5.3.1. Объект и цели экспериментальных исследований	198
5.3.2. Применение алгоритма нечеткой классификации	201
5.3.3. Применение алгоритма обучения нейронных сетей без учителя	216
5.3.4. Определение коэффициента пористости	218
5.4. Результаты и выводы	223
Глава 6. Разработка интерпретирующих систем с использованием нейросетевых методов	226
6.1. Основы нейросетевых методов	226
6.2. Алгоритм обратного распространения ошибки	228
6.3. Обучение нейронной сети с помощью гибридного алгоритма . . .	230
6.4. Радиальные нейронные сети	232
6.5. Нечеткая нейронная сеть TSK	235
6.6. Расчленение разреза на пласты нейросетевыми методами	239
6.7. Определение коэффициентов пористости коллекторов	242
6.8. Влияние представления данных на процесс интерпретации многослойной нейронной сетью	244
6.9. Повышение информативности моделей интерпретации данных ГИС	264
6.9.1. Модель поточечной интерпретации геофизических данных	264
6.9.2. Снижение размерности системы данных	270
6.9.3. Методы классификации пластов нефтяных скважин	275
6.10. Результаты и выводы	281
Глава 7. Применение нечетких деревьев решений для классификации и интерпретации ГИС	284
7.1. Решение задач классификации и аппроксимации с применением нечетких деревьев решений	284
7.1.1. Метод классификации, основанный на деревьях решений с вероятностным и возможным критериями разбиения	284
7.1.2. Метод построения нечетких деревьев решений	292
7.1.3. Результаты численного эксперимента тестирования метода нечетких деревьев решений	300
7.2. Методика экспресс-оценки запасов углеводородов по результатам ГИС	308
	393

7.2.1. Оценка начальных запасов нефти и газа на основе объемного метода	308
7.2.2. Применение дискретного вейвлет-преобразования для проведения геофизической интерпретации	310
7.2.3. Параметрическая настройка дерева решений для задачи литологического разделения	320
7.2.4. Методика оценки продуктивности скважины	329
7.3. Результаты и выводы	334
Глава 8. Развитие методов оптимизации, применяемых для обучения интеллектуальных систем	336
8.1. Полиэкстремальность целевых функций при обучении интеллектуальных систем	336
8.2. Генетический алгоритм вещественного кодирования для решения полиэкстремальных задач	338
8.3. Тестирование генетического алгоритма с вещественным кодированием и новыми операторами скрещивания	344
8.4. Дополнительное обучение нечеткой системы генетическим алгоритмом с вещественным кодированием	355
8.5. Результаты и выводы	356
Заключение	358
Список литературы	362
Сведения об авторе	389