КЛИМОВ В.В.

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СКВАЖИН НА НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ И ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩАХ ГАЗА

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КЛИМОВ ВЯЧЕСЛАВ ВАСИЛЬЕВИЧ

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СКВАЖИН НА НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ И ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩАХ ГАЗА

МОНОГРАФИЯ

Краснодар
2019

УДК 33.131+33.361.08
ББК 622.24+622.276+622.245+622.692.24
К49

Рецензенты:

Антониади Д.Г. – доктор технических наук, профессор, академик Российской Академии естественных наук

К49 Климов, Вячеслав Васильевич.
Научно-методические основы диагностики технического состояния скважин на нефтегазовых месторождениях и подземных хранилищах газа : монография / В.В. Климов; ФГБОУ ВО «КубГТУ». – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2019. – 296 с.

ISBN 978-5-91718-566-8

В монографии в систематизированном виде представлены промысловые и научно-технические сведения в области диагностики технического состояния обсадных колонн и цементного камня как вертикальных, так и наклонно-горизонтальных скважин на нефтегазовых месторождениях и подземных хранилищах газа (ПХГ). Она предназначена для широкого круга работников научно-исследовательских организаций, промыслово-геофизических служб, а также будет полезна студентам и аспирантам нефтегазовых вузов.

ББК 622.24+622.276+622.245+622.692.24
УДК 33.131+33.361.08

ISBN 978-5-91718-566-8

© В.В. Климов, 2019
© ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2019
© Оформление ООО «Издательский Дом – Юг», 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 9

ГЛАВА 1
Современное состояние проблемы диагностики
технического состояния обсадных колонн
и зацементированного заколонного пространства скважин
на нефтегазовых месторождениях и ПХГ 16

ГЛАВА 2
Условия возникновения дефектов крепи скважин,
формулирование задач диагностики их технического состояния
и критический анализ применяемых промысловых
и геолого-геофизических методов 26

2.1 Основные дефекты труб, возникающие в процессе
их производства на металлургических заводах 26
2.2 Условия возникновения повреждений обсадных колонн
при строительстве и эксплуатации скважин
на нефтегазовых месторождениях
и подземных хранилищах газа 27
2.3 Обсадная колонна
как объект геолого-геофизического контроля 38
2.3.1 Условия работы и характер нагрузок,
действующих на обсадные колонны 38
2.3.2 Определение минимальной протяженности трещин,
подлежащих выявлению в обсадных колоннах
по условиям снижения их прочностных характеристик 43
2.3.3 Физико-механические свойства сталей,
применяемых для изготовления обсадных труб 46
2.4 Дефекты цементного кольца и классификация перетоков флюидов
в заколонном пространстве скважин 49
2.4.1 Дефекты цементного кольца 49
2.4.2 Классификация перетоков флюидов
в заколонном пространстве скважин 51
2.5 Формулирование задач диагностики технического состояния
крепи скважин при разработке нефтегазовых месторождений
и эксплуатации подземных хранилищ газа 53
2.6 Критический анализ физических основ,
возможностей и ограничений к применению промысловых
и геофизических методов диагностики технического состояния
крепи скважин 55
2.6.1 Промысловые методы диагностики
технического состояния обсадных колонн 55

2.6.1.1 Метод опрессовки 55
2.6.1.2 Силовой метод контроля 56
2.6.1.3 Метод снятия оттисков 57
2.6.2 Геолого-геофизические методы диагностики технического состояния обсадных колонн и цементного камня в заколонном пространстве скважин 58
2.6.2.1 Метод термометрии 58
2.6.2.2 Метод рассеянного гамма-излучения 62
2.6.2.3 Метод меченых веществ (индикаторный метод) 64
2.6.2.4 Акустические методы 66
2.6.2.5 Магнитные методы контроля 81
2.6.2.6 Общая характеристика электромагнитных методов 85
2.6.2.7 Метод вихретоковой (токовихревой) дефектоскопии 91
2.6.2.8 Метод магнитоимпульсной дефектоскопии и толщинометрии 92
2.6.2.9 Метод электромагнитной трубной профилеметрии 98
2.6.2.10 Метод электромеханической трубной профилеметрии 99
2.6.2.11 Методы расходометрии и дебитометрии 100
2.6.2.12 Метод резистивиметрии 101
2.6.2.13 Оптический метод 102
2.6.3 Общая характеристика промысловых и геофизических методов диагностики технического состояния обсадных колонн 103
2.6.4 Область применения существующих методик интерпретации данных трубной профилеметрии в вертикальных и наклонно-горизонтальных скважинах 105
2.6.5 Установление периодичности контроля профиля внутренней поверхности и величины желобного износа обсадных колонн при бурении скважин 106

ГЛАВА 3
Концепция и научно-методические основы диагностики технического состояния крепи скважин на нефтегазовых месторождениях и ПХГ 113

3.1 Разработка концепции диагностики технического состояния крепи скважин 113
3.2 Установление области применения нормативных документов по диагностике технического состояния крепи скважин 129
3.2.1 Современное состояние нормативной базы 129
3.2.2 Комплексы ГИС для определения технического состояния обсадных колонн и оценки качества цементирования скважин 133

3.3 Разработка научно-методических основ
и аппаратурного комплекса для диагностики
технического состояния крепи скважин
на нефтегазовых месторождениях и ПХГ 138
3.3.1 Научно-аналитический обзор достигнутого уровня
развития средств диагностики технического состояния
крепи скважин в России и за рубежом 138
3.3.2 Аналитические исследования
и разработка методических основ компенсации
влияния дестабилизирующих факторов
на точность определения внутреннего диаметра,
износа обсадных колонн и их проходного сечения
электромагнитными методами 143
3.3.3 Экспериментальные исследования
по определению влияния дестабилизирующих факторов
на результаты измерений внутреннего диаметра
и величины износа обсадных колонн
с помощью электромагнитных профилографов 146
3.3.4 Разработка и испытание инновационного устройства
для определения внутреннего диаметра, желобного износа
и проходного сечения обсадных колонн 154
3.3.5 Разработка инновационного приборного обеспечения
для дефектоскопии обсадных колонн 161
3.3.5.1 Результаты сопоставительных испытаний
магнитоимпульсного дефектоскопа МИД-К
и индукционного дефектоскопа ИДК-105М 171
3.3.5.2 Направления совершенствования
магнитоимпульсных дефектоскопов типа МИД-К 175
3.4 Разработка локаторов муфт и повреждений обсадных колонн
с повышенным соотношением сигнал/помеха 180
3.4.1 Магнитный локатор с седлообразными катушками 182
3.4.2 Дифференциальный магнитный локатор
для выделения интервалов перфорации обсадных колонн
на месторождениях с АВПД и высокими температурами ... 185
3.4.3 Сканирующий магнитный локатор
для обнаружения перфорационных отверстий,
порезов резцами долот и износа обсадных колонн
каротажным кабелем 186
3.4.4 Активный локатор магнитных аномалий
для проведения ГИС по контролю
за разработкой нефтегазовых месторождений 188
3.4.5 Магнитоиндукционный дефектоскоп
обсадных колонн и НКТ 190
3.5 Электромагнитный локатор коррозионных повреждений
в обсадных колоннах и НКТ 192

3.6 Разработка термоакустического способа и инновационного приборного обеспечения для обнаружения перетоков флюидов в заколонном пространстве скважин, сквозных повреждений обсадных колонн и утечек в их муфтовых соединениях 194
3.6.1 Разработка термоакустического способа обнаружения межпластовых перетоков флюидов 194
3.6.2 Разработка инновационного приборного обеспечения для обнаружения межколонных перетоков флюидов, сквозных повреждений обсадных колонн и утечек в их муфтовых соединениях 197
3.6.2.1 Приборы механо-акустического каротажа СМАШ-42 197
3.6.2.2 Высокочувствительный малоинерционный скважинный термометр ВМСТ-1 199
3.7 Разработка способа, устройства и технологии определения мест негерметичности промежуточных обсадных колонн гидродинамическими методами 202
3.8 Разработка малоинерционного скважинного термоанемометрического датчика для определения мест негерметичности в эксплуатационных обсадных колоннах 206
3.9 Разработка малоинерционного термоанемометрического датчика для измерения скорости истечения, дебита и температуры флюидов 209
3.10 Разработка многофункционального скважинного датчика для измерения газогидродинамических и акустических параметров при контроле за разработкой нефтегазовых месторождений 213
3.11 Разработка новой методики интерпретации данных трубной профилеметрии для определения геометрических параметров обсадных колонн в вертикальных и наклонно-горизонтальных скважинах 215
3.11.1 Определение среднего внутреннего диаметра труб 221
3.11.2 Определение минимального и максимального диаметра труб 221
3.11.3 Определение овальности труб 221
3.11.4 Определение отклонений профиля внутренней поверхности труб от окружности с номинальным значением внутреннего радиуса 222
3.11.5 Определение соответствия проходного сечения обсадных труб проектным значениям 222
3.11.6 Определение зон и величины износа обсадных колонн 223

3.12 Разработка метрологического обеспечения ГИС для эталонировки геофизических приборов контроля технического состояния крепи скважин на нефтегазовых месторождениях и ПХГ 224
3.12.1 Стендовая метрологическая установка для идентификации характеристик излучателей акустической аппаратуры контроля качества цементирования скважин 225
3.12.2 Разработка стендовой установки для определения характеристик и идентификации приемников аппаратуры спектральной шумометрии 230
3.12.3 Разработка комплексной конструкции моделей скважин для контроля технического состояния обсадных колонн 232
3.13 Разработка рационального комплекса ГИС для определения технического состояния обсадных колонн в вертикальных, наклонно-направленных и горизонтальных скважинах 234
3.14 Разработка методических основ диагностики технического состояния обсадных колонн и зацементированного заколонного пространства скважин на нефтегазовых месторождениях и ПХГ 237

ГЛАВА 4
Новые технологии геолого-геофизических исследований по диагностике технического состояния крепи скважин при разработке нефтегазовых месторождений и эксплуатации ПХГ 240

4.1 Технология определения мест негерметичности обсадных колонн в наклонно-направленных и горизонтальных скважинах 240
4.2 Технологии определения негерметичных муфтовых соединений с малыми утечками 242
4.3 Технология комплексной дефектоскопии обсадных колонн электромагнитными методами 243
4.4 Технология выделения интервалов щелевой перфорации обсадных колонн и оценки качества вскрытия продуктивных пластов 247
4.5 Технология определения путей распространения ремонтных тампонажных составов для ликвидации перетоков флюидов за эксплуатационными обсадными колоннами 249
4.6 Технология обнаружения утечек в муфтовых соединениях обсадных колонн и перетоков флюидов в заколонном пространстве скважин 251

4.7 Технология определения источников обводнения добываемой углеводородной продукции выявления интервалов негерметичности заколонного пространства скважин 253
4.8 Новый способ комплексной оценки качества перфорации обсадных колонн в нефтегазовых скважинах 255

ГЛАВА 5
Методологические основы геолого-геофизического контроля технического состояния крепи скважин и снижения техногенной нагрузки на природную среду при разработке нефтегазовых месторождений и эксплуатации ПХГ 259

5.1 Геофизические исследования для изучения технического состояния обсадных колонн 260
5.2 Геофизические исследования для изучения состояния цементного камня в заколонном пространстве скважин 262
5.3 Методы и комплексы ГИС для изучения путей миграции газа и движения жидкости в заколонном пространстве скважин 263
5.4 Методы и комплексы ГИС для изучения путей распространения ремонтных тампонажных составов в заколонном пространстве скважин 263
5.5 Виды работ при диагностике технического состояния скважин и приборное обеспечение ГИС 263
5.6 Диагностика и мониторинг технического состояния крепи скважин на подземных хранилищах газа 264
5.7 Подготовка скважин к проведению исследований 264
5.8 Снижение техногенной нагрузки на природную среду при разработке нефтегазовых месторождений и эксплуатации подземных хранилищ газа 265
5.8.1 Новый способ снижения техногенного воздействия на окружающую среду при эксплуатации нефтегазовых месторождений и ПХГ 266
5.8.2 Новая рецептура ремонтного тампонажного состава для ликвидации перетоков флюидов за обсадными колоннами в нефтегазовых скважинах 270
5.8.3 Новая рецептура ремонтного тампонажного состава для ликвидации межпластовых перетоков газа за эксплуатационными обсадными колоннами 271

Заключение 273

Список литературы 277