

A nighttime photograph of an oil drilling rig. The rig is a tall, complex metal structure with a central vertical column and various platforms and ladders. It is illuminated by several bright yellow lights, creating a stark contrast against the dark night sky. The rig is situated on a flat, sandy or dirt ground. In the background, there are some industrial buildings or containers, also partially lit.

А.И. Булатов
С.В. Долгов

**БУРЕНИЕ
НЕФТЯНЫХ И
ГАЗОВЫХ
СКВАЖИН**

А.И. Булатов, С.В. Долгов

БУРЕНИЕ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН

Учебно-методическое пособие

Допущено
Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации
по нефтегазовому образованию в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки
магистратуры «Нефтегазовое дело»

Краснодар
2015

УДК 622.24(075)

ББК 33.13

Б27

Рецензенты:

Д.Г. Антониади, доктор технических наук, профессор;

В.И. Крылов, доктор технических наук, профессор

Б27 Булатов, Анатолий Иванович.

Бурение нефтяных и газовых скважин : учебно-методическое пособие / А.И. Булатов, С.В. Долгов. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2015. – 674 с.

ISBN 978-5-91718-395-4

Представлены физико-геологические условия бурения нефтяных и газовых скважин, элементы механики разрушения горных пород и режимы бурения. Приведены конструкции бурового инструмента (долот, бурильных труб, забойных двигателей, устройств для ориентации долота на забое скважины). Рассмотрены буровые растворы, их химическая обработка и очистка, гидравлическая программа промывки ствола скважин, обеспечение устойчивости ствола скважины. Представлены материалы по наклонно-направленному, в том числе горизонтальному бурению. Особо рассмотрены вопросы заканчивания скважин, в том числе вскрытия продуктивных пластов, их крепления и цементирования, предупреждения загрязнения продуктивных горизонтов. Приведены методы определения качества крепления и цементирования скважин.

Глава «Промывка скважин. Буровые растворы» написана А.И. Булатовым, В.М. Миненковым (НПК ЭКСБУР-К) и В.И. Мищенко («Техномехсервис»). Представлен разработанный компанией «Техномехсервис» (В.И. Мищенко) новый комплекс оборудования для цементирования скважин.

ББК 33.13

УДК 622.24(075)

ISBN 978-5-91718-395-4

© А.И. Булатов, С.В. Долгов, 2015

© ООО «Издательский Дом – Юг», 2015

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----|
| Предисловие | 8 |
| Глава 1. | |
| Общие понятия о строительстве скважин | 10 |
| Глава 2. | |
| Горно-геологические условия нефтяных и газовых скважин | 37 |
| Глава 3. | |
| Породоразрушающие инструменты | 57 |
| 3.1. Шарошечные долота | 57 |
| 3.2. Лопастные долота | 67 |
| 3.3. Фрезерные долота | 73 |
| 3.4. Долота ИСМ | 73 |
| 3.5. Алмазные долота | 78 |
| 3.6. Шарошечные бурильные головки | 81 |
| 3.7. Лопастные, фрезерные и твердосплавные бурильные головки | 86 |
| 3.8. Алмазные бурильные головки и бурильные головки ИСМ | 87 |
| 3.9. Керноприемный инструмент | 88 |
| 3.10. Расширители | 91 |
| 3.11. Калибрующе-центрирующий инструмент | 93 |
| Глава 4. | |
| Забойные двигатели | 95 |
| 4.1. Забойные гидравлические двигатели | 95 |
| 4.1.1. Турбинное бурение. Турбобуры | 96 |
| 4.1.2. Винтовые забойные двигатели | 115 |
| Глава 5. | |
| Бурильная колонна | 133 |
| 5.1. Трубы бурильные ведущие | 134 |
| 5.2. Трубы бурильные с высаженными концами и муфты к ним | 140 |
| Глава 6. | |
| Разрушение горных пород | 146 |
| 6.1. Общие положения | 146 |
| 6.2. Механические и абразивные свойства горных пород | 148 |
| 6.3. Влияние всестороннего давления, температуры и водонасыщения на некоторые свойства горных пород | 161 |
| 6.4. Основные закономерности разрушения горных пород | 163 |
| 6.5. Влияние показателей свойств и типов буровых растворов на скорость бурения | 166 |
| 6.6. Влияние режима промывки на скорость бурения | 171 |
| 6.7. Режимы бурения | 177 |

Глава 7.

| | |
|--|------------|
| Промывка скважин. Буровые растворы | 191 |
| 7.1. Функции процесса промывки скважин | 197 |
| 7.2. Реагенты и добавки для регулирования свойств буровых промывочных растворов | 200 |
| 7.3. Буровые промывочные растворы | 220 |
| 7.3.1. Буровые растворы на водной основе | 222 |
| 7.3.2. Ингибирующие растворы | 225 |
| 7.4. Приготовление буровых растворов | 240 |
| 7.5. Оборудование для очистки буровых растворов | 167 |
| 7.6. Гидроциклонная очистка | 274 |

Глава 8.

| | |
|--|------------|
| Осложнения в процессе углубления скважины | 304 |
| 8.1. Поглощение жидкостей в скважинах | 304 |
| 8.1.1. Причины возникновения поглощений | 305 |
| 8.1.2. Методы изучения поглощающих горизонтов | 306 |
| 8.1.3. Предупреждение и профилактика поглощений буровых и тампонажных растворов | 314 |

Глава 9.

| | |
|--|------------|
| Основы гидравлических расчетов в бурении | 325 |
| 9.1. Гидромеханические свойства и реологические модели жидкостей | 325 |
| 9.2. Очистка бурящейся скважины от шлама | 328 |
| 9.2.1. Транспортирование шлама на поверхность | 328 |
| 9.2.2. Определение скорости осаждения частиц выбуренной породы в буровых растворах | 329 |
| 9.3. Местные гидродинамические потери в циркуляционной системе | 336 |
| 9.4. Гидравлический расчет циркуляционной системы при бурении с промывкой несжимаемыми жидкостями | 338 |
| 9.5. Расчет потерь давления в элементах циркуляционной системы | 341 |
| 9.6. Определение потерь давления в долоте. Выбор гидромониторных насадок | 344 |

Глава 10.

| | |
|--|------------|
| Обзор современных видов телесистем, применяемых при проводке горизонтальных и наклонно-направленных скважин | 347 |
| 10.1. Обзор отечественных и зарубежных забойных телесистем | 347 |
| 10.2. Акустический канал связи | 347 |
| 10.3. Телесистемы с гидравлическим каналом связи | 348 |
| 10.4. Электромагнитный (беспроводный) канал связи | 352 |
| 10.5. Проводной канал связи | 353 |
| 10.6. Комбинированный канал связи | 355 |

Глава 11.

Опробование перспективных горизонтов

| | |
|---|-----|
| в период проходки ствола скважины | 358 |
| 11.1. Испытатели пластов на бурильных трубах | 358 |
| 11.2. Многоцикловые испытатели пластов | 365 |
| 11.3. Комплекс оборудования КИОД-110 | 368 |
| 11.4. Приспособление для селективного испытания пластов УСПД-146-168 | 369 |
| 11.5. Основные узлы испытателя пластов | 370 |
| 11.5.1. Гидравлический испытатель пласта (ИПП) | 370 |
| 11.5.2. Запорно-поворотные клапаны | 372 |
| 11.5.3. Гидравлические яссы | 373 |
| 11.5.4. Пакеры механического действия для испытателей пластов | 375 |
| 11.5.5. Опорные якоря | 376 |
| 11.5.6. Механический пакер пм | 379 |
| 11.5.7. Пакеры резиново-металлического перекрытия прмп | 381 |
| 11.5.8. Уравнительный клапан пакера | 383 |
| 11.5.9. Безопасные замки | 383 |
| 11.6. Устьевое оборудование | 385 |
| 11.7. Испытатели пластов на кабеле | 386 |
| 11.8. Испытатели пластов на базе струйных аппаратов | 392 |

Глава 12.

| | |
|--|-----|
| Первичное вскрытие продуктивных пластов | 395 |
| 12.1. Разбуривание (вскрытие) продуктивного пласта | 395 |
| 12.2. Технологические факторы, обеспечивающие вскрытие продуктивного пласта | 396 |
| 12.2.1. Изменение гидродинамического давления в скважине при вскрытии пласта | 397 |
| 12.3. Изменение проницаемости призабойной зоны пласта, буровые растворы для вскрытия продуктивного пласта | 399 |
| 12.4. Особенности заканчивания скважин на газовых и газоконденсатных месторождениях | 405 |
| 12.5. Заканчивание горизонтальных скважин | 411 |
| 12.6. Выбор типа бурового раствора для вскрытия продуктивных пластов | 414 |

Глава 13.

| | |
|--|-----|
| Крепление скважин | 415 |
| 13.1. Условия работы обсадных колонн | 415 |
| 13.2. Обсадные трубы | 417 |
| 13.3. Принципы проектирования конструкции скважины | 427 |
| 13.3.1. Методы проектирования конструкций скважин | 433 |
| 13.4. Расчет эксплуатационных колонн | 437 |
| 13.5. Типы конструкций забоев скважин | 445 |
| 13.6. Технология крепления скважин обсадными колоннами | 448 |

Глава 14.

| | |
|--|-----|
| Цементирование скважин | 469 |
| 14.1. Первичные способы цементирования | 474 |
| 14.2. Повторные (исправительные) способы цементирования скважин | 481 |
| 14.3. Материалы и химические реагенты для тампонажных растворов | 482 |
| 14.3.1. Тампонажный портландцемент | 483 |
| 14.3.2. Специальные тампонажные цементы | 486 |
| 14.4. Основные свойства цементного раствора и камня | 490 |
| 14.5. Общие положения технологии цементирования скважин | 494 |
| 14.6. Основы расчета первичного цементирования обсадных колонн | 507 |
| 14.7. Заключительные работы после цементирования | 513 |
| 14.8. Основы технологии установки цементных мостов | 515 |

Глава 15.

| | |
|--|-----|
| Освоение и испытание скважин | 520 |
| 15.1. Техничко-технологическая характеристика условий проведения перфорации | 521 |
| 15.2. Влияние условий в скважине на эффективность вскрытия пластов перфорацией | 526 |
| 15.3. Выбор плотности перфорации и типоразмера перфоратора | 530 |
| 15.4. Влияние типа буровых растворов и специальных жидкостей на качество вторичного вскрытия продуктивных пластов | 535 |
| 15.5. Вызов притока нефти и газа из продуктивного пласта | 538 |
| 15.5.1. Технология освоения скважин с использованием азотных газификационных установок типа АГУ-8К | 549 |
| 15.5.2. Технология вызова притока из пласта пенами с использованием эжекторов | 550 |
| 15.5.3. Свабирование (поршневание) | 556 |
| 15.6. Исследование скважины в процессе освоения | 557 |

Глава 16.

| | |
|--|-----|
| Буровое и цементировочное оборудование | 558 |
| 16.1. Буровые установки и оборудование | 558 |
| 16.1.1. Буровые установки ОАО «Уралмаш» | 561 |
| 16.1.2. Буровые установки ОАО «Волгоградский завод буровой техники» | 588 |
| 16.1.3. Циркуляционная система | 596 |
| 16.2. Параметры и комплектность циркуляционных систем | 597 |
| 16.2.1. Блоки циркуляционных систем производства АООТ «Волгоградский завод буровой техники» | 603 |
| 16.3. Оборудование для цементирования скважин | 605 |
| 16.3.1. Установки смесительные | 606 |

| | |
|---|-----|
| 16.3.2. Установки насосные и цементируемые агрегаты | 617 |
| 16.3.3. Станция контроля цементирования | 621 |

Приложение

| | |
|--|-----|
| Геолого-технический словарь терминов бурения и заканчивания скважин | 629 |
| Список литературы | 673 |