

НЕФТЕГАЗОВЫЙ ИНЖИНИРИНГ

ДЖОН МИТЧЕЛЛ

БЕЗАВАРИЙНОЕ БУРЕНИЕ



Оглавление

От редакционного совета серии	xvii
Предисловие	xix
ГЛАВА 1. Прихваты и другие незапланированные события	1
Цепочка факторов, ведущая к незапланированному событию	1
Безрассудный риск	2
Передача информации «снизу»	2
Главные уроки	2
ГЛАВА 2. Экономия денег — источник всех бед	3
Источник всех бед	3
Экономия денег	4
Решения и здравый смысл	5
Примеры	5
Главные уроки	9
ГЛАВА 3. Общение и моральная атмосфера	11
Моральная атмосфера	11
Передача информации «снизу»	13
Грубые шутки и образ мышления «крабов в банке»	14
Главные уроки	15
ГЛАВА 4. Решение проблем	17
Научный подход	17
Научный метод	18
Процесс решения проблем	18
Пятиэтапный процесс решения проблем	19
Этап 1: определение проблемы	19
Этап 2: выявление причин	19
Этап 3: формулирование решения	20
Этап 4: реализация решения	20
Этап 5: оценка решения и процесса	20
Будьте готовы к сопротивлению	21
Главные уроки	21

ГЛАВА 5. Проектирование скважин	23
Вопросы обмена информацией	23
Основные принципы проектирования скважин	25
Траектория скважины	26
Конструкция скважины	29
Диаметр ствола	31
Долота	31
КНБК и бурильная колонна	32
Очистка ствола и гидравлика бурения	34
Буровой раствор	35
Регулирование содержания твердой фазы в буровом растворе	36
Заключение	36
ГЛАВА 6. Механизмы прихватов	39
Определение прихвата	39
Категории прихватов	39
Прихват шламом или обвалившейся породой	40
Дифференциальный прихват	40
Прихваты бурового инструмента на участках со сложной геометрией ствола	41
Другие типы прихватов	41
Таблица для определения типа прихвата	42
Начальные действия по освобождению прихваченной колонны	44
ГЛАВА 7. Очистка скважины	47
Качество очистки вертикальных скважин	48
Факторы, влияющие на качество очистки вертикальных скважин	49
Плотность бурового раствора (факторы, влияющие на качество очистки вертикальных скважин)	49
Скорость потока в кольцевом пространстве (факторы, влияющие на качество очистки вертикальных скважин)	52
Реологические свойства и режимы течения бурового раствора (факторы, влияющие на качество очистки вертикальных скважин)	54
Размер, форма и количество шлама (факторы, влияющие на качество очистки вертикальных скважин)	62
Скорость проходки (факторы, влияющие на качество очистки вертикальных скважин)	63
Вращение и эксцентричное расположение бурильной колонны в скважине (факторы, влияющие на качество очистки вертикальных скважин)	64

Время (факторы, влияющие на качество очистки вертикальных скважин)	65
Качество очистки наклонных скважин	65
Факторы, влияющие на качество очистки наклонных скважин	66
Зенитный угол (факторы, влияющие на качество очистки наклонных скважин)	67
Эффект Бойкотта	68
Механизмы транспортирования шлама	69
Характеристики бурового раствора (факторы, влияющие на качество очистки наклонных скважин)	72
Расход бурового раствора (факторы, влияющие на качество очистки наклонных скважин)	80
Шлам и отложения шлама (факторы, влияющие на качество очистки наклонных скважин)	83
Оценка толщины отложения шлама по его объему	87
Три области формирования слоев шлама	88
Скорость проходки (факторы, влияющие на качество очистки наклонных скважин)	94
Эксцентричное расположение бурильной колонны (факторы, влияющие на качество очистки наклонных скважин)	94
Вращение колонны бурильных труб (факторы, влияющие на качество очистки наклонных скважин)	96
Время (факторы, влияющие на качество очистки наклонных скважин)	103
Вязкие, утяжеленные пачки и пачки с волокнистым материалом (факторы, влияющие на качество очистки наклонных скважин)	104
Бурение с очисткой скважины воздухом и пеной	109
Сжимаемость	109
Забойное давление	110
Качество очистки ствола при бурении с продувкой воздухом	112
Толстая фильтрационная корка	115
Туман	116
Устойчивая пена	117
Приток пластовых флюидов	122
Пена с твердой фазой	122
Аэрированные буровые растворы	123
Краткое содержание главы	123
Когда следует ожидать осложнений, связанных с некачественной очисткой скважины	123
Предупредительные меры	124
Признаки некачественной очистки скважины	127

Освобождение колонны	130
Контрольные вопросы к главе 7	133
ГЛАВА 8. Неустойчивость стенок скважины	139
Неустойчивость глинистых пород	140
Терминология механики горных пород	146
Напряжение	147
Эффективное напряжение	147
Деформация	149
Хрупкость в сравнении с пластичностью	150
Коэффициент Пуассона	150
Трехосное напряженное состояние и главные напряжения	152
Компоненты напряжений	153
Напряжения в естественных условиях залегания	153
Напряжения на стенке скважины	154
Кольцевые напряжения	154
Силовые линии поля напряжений	158
Изолинии напряжений	159
Радиальные напряжения	162
Осевые напряжения	163
Круги напряжений (теория двойного угла)	165
Огибающая предельных кругов напряжений	167
Факторы, влияющие на устойчивость стенок скважины	168
Плотность бурового раствора (факторы, влияющие на устойчи- вость стенок скважины)	168
Прочностные свойства породы (факторы, влияющие на устойчи- вость стенок скважины)	172
Температура (факторы, влияющие на устойчивость стенок сква- жины)	173
Напряженные состояния в естественных условиях залегания и ани- зотропия напряжений (факторы, влияющие на устойчи- вость стенок скважины)	176
Плоскости напластования (факторы, влияющие на устойчивость стенок скважины)	182
Фильтрат бурового раствора (факторы, влияющие на устойчивость стенок скважины)	185
Вибрация буровой колонны (факторы, влияющие на устойчи- вость стенок скважины)	193
Геометрия ствола (факторы, влияющие на устойчивость стенок скважины)	196
Типы обрушения	196
Разрушение по причине чрезмерных напряжений	197

Ползучесть	199
Обрушение, оползание и отслаивание	201
Поглощения и временные поглощения бурового раствора	202
Определение напряжений	203
Набухание и диспергирование	203
Катионный обмен	203
Механизмы набухания	204
Краткое содержание главы	207
Когда следует ожидать осложнений, связанных с неустойчивостью стенки скважины	207
Предупредительные меры	209
Признаки начинающегося прихвата	212
Освобождение колонны	215
Другие проявления неустойчивости стенок скважины	217
Неконсолидированные породы и конгломераты	217
Пласты с наличием естественной трещиноватости или нарушений	221
Металл, упавший в скважину	222
Контрольные вопросы к главе 8	224
ГЛАВА 9. Дифференциальный прихват	229
Механизмы возникновения дифференциальных прихватов	230
Факторы, способствующие возникновению дифференциального прихвата	233
Проницаемые пласты (факторы, способствующие возникновению дифференциального прихвата)	233
Репрессия/перепад давления (факторы, способствующие возникновению дифференциального прихвата)	234
Фильтрационная корка (факторы, способствующие возникновению дифференциального прихвата)	235
Контакт колонны со стенкой скважины (факторы, способствующие возникновению дифференциального прихвата)	245
Неподвижное состояние буровой колонны (факторы, способствующие возникновению дифференциального прихвата)	248
Время (факторы, способствующие возникновению дифференциального прихвата)	249
Поперечные нагрузки (факторы, способствующие возникновению дифференциального прихвата)	250
Сила трения	251
Удерживающая сила, обусловленная липкостью фильтрационной корки	252
Краткое содержание главы	253
Когда следует ожидать дифференциального прихвата	253
Предупредительные меры	254

Признаки осложнений	257
Освобождение прихваченной колонны	258
Контрольные вопросы к главе 9	264
ГЛАВА 10. Прихваты инструмента на участках со сложной геометрией	267
Места резкого искривления ствола	268
Желобные выработки	268
Факторы, влияющие на образование желоба	269
Когда следует ожидать образования желобов	271
Признаки наличия желобов	271
Предупреждение прихватов в желобных выработках	273
Освобождение бурильной колонны, прихваченной в желобной вы-	
работке	274
Жесткая КНБК	275
Когда следует ожидать прихвата жесткой КНБК	276
Признаки прихвата жесткой КНБК	276
Предотвращение прихватов жесткой КНБК	277
Освобождение прихваченной жесткой КНБК	278
Мелкие искривления	279
Когда следует ожидать прихвата в мелких искривлениях	282
Признаки прихвата в мелких искривлениях	282
Предотвращение прихватов в мелких искривлениях	283
Освобождение колонны, прихваченной в мелких искривлениях	283
Уступы	284
Когда следует ожидать образования уступов	285
Признаки наличия уступов	285
Предотвращение осложнений, связанных с наличием уступов	285
Освобождение колонны, прихваченной в уступах	286
Породы, склонные к пластическому течению	286
Факторы, влияющие на деформацию или текучесть соли	288
Признаки прихвата бурильной колонны текучими породами	289
Предотвращение прихвата колонны текучими породами	290
Освобождение колонны, прихваченной в интервале текучих пород	291
Диаметр ствола меньше номинального	292
Когда следует ожидать сужения ствола до диаметра меньше номи-	
нального	292
Признаки сужения ствола до диаметра меньше номинального	293
Предотвращение прихвата колонны на участке ствола меньше но-	
минального	293
Освобождение колонны, прихваченной на участке ствола меньше	
номинального	293

ГЛАВА 11. Динамика параметров бурения и регистрирующие приборы	295
Тенденции	295
Сравнение диаграмм механических и электронных регистрирующих приборов	299
Центры дистанционной поддержки бурения	301
Анализ тенденций и распознавание графических образов	301
ГЛАВА 12. Осложнения, связанные с прихватами	303
Аспекты контроля над скважиной	303
Дифференциальный прихват и контроль над скважиной	305
Поглощение	306
Разрушение буровой колонны и оборудования	307
Травмы персонала	308
ГЛАВА 13. Практика спуско-подъемных операций	309
Планирование СПО	309
Подготовка к СПО	310
Контроль над скважиной	314
Планы СПО	314
Доливочные емкости	314
Вынужденная миграция газа в скважине	315
Предотвращение потерь и учет бурового раствора	316
Противовыбросовое оборудование	316
Очистка и проработка ствола	321
Неустойчивость стенок скважины	322
Дифференциальный прихват	323
Промывка после СПО	324
Заключение	325
Приложение А. Номограммы для определения параметров очистки скважины (для скважин, в которых возможно свободное вращение колонны)	327
Приложение В. Уравнения	330
Приложение С. Объем жидкости в горизонтальном резервуаре	333
Приложение D. Пересчетные коэффициенты	334
Предметный указатель	337