

А.И. Булатов, О.В. Савенок

# КАПИТАЛЬНЫЙ ПОДЗЕМНЫЙ РЕМОНТ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН



**В ЧЕТЫРЕХ  
ТОМАХ**

**Том 3**



**А.И. Булатов, О.В. Савенок**

**КАПИТАЛЬНЫЙ ПОДЗЕМНЫЙ  
РЕМОНТ НЕФТЯНЫХ  
И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН**

**В ЧЕТЫРЕХ ТОМАХ**

**Том 3**

**Краснодар  
2014**

УДК 622.279.7

ББК 33.36

Б90

**Рецензенты:**

*Д.Г. Антониади, доктор технических наук, профессор,  
директор института Нефти, газа и энергетики КубГТУ,  
зав. кафедрой Нефтегазового дела имени профессора Г.Т. Вартумяна;  
академик РАН;*

*С.В. Долгов, доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры Нефтегазового дела  
имени профессора Г.Т. Вартумяна КубГТУ*

**Б90 Булатов, Анатолий Иванович.**

**Капитальный подземный ремонт нефтяных и газовых скважин** : в 4 т. : монография / А.И. Булатов, О.В. Савенок. – Краснодар : Издательский Дом – Юг.

Т. 3. – 2014. – 576 с.

ISBN 978-5-91718-303-9 (Т. 3)

ISBN 978-5-91718-159-2

Рассматриваются вопросы основных видов ремонта нефтяных и газовых скважин в различных геолого-физических условиях. Материал преподносится не в постулирующей, а в доказательной форме. Предпринята попытка раскрытия механизма явлений, приводящих к осложнениям.

Рекомендуется для использования студентами специальностей 130503 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», 130504 «Бурение нефтяных и газовых скважин» и 130602 «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов», а также студентами (бакалаврами и магистрами) по направлению 131000 «Нефтегазовое дело» и аспирантами нефтяных вузов и факультетов в качестве учебного пособия, так как монография составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования.

Монография рассчитана на широкий круг читателей и может быть полезна для научных и инженерно-технических работников нефтегазодобывающей промышленности.

Библиогр.: 113 назв.

ББК 33.36  
УДК 622.279.7

ISBN 978-5-91718-303-9 (Т. 3)

ISBN 978-5-91718-159-2

© А.И. Булатов, 2014

© О.В. Савенок, 2014

© ООО «Издательский Дом – Юг», 2014



### **Анатолий Иванович Булатов**

Доктор технических наук, профессор,  
Заслуженный деятель науки и техники РФ,  
Заслуженный изобретатель РФ,  
академик Международной и Российской  
инженерных академий,  
академик Научно-производственной  
Национальной академии нефти и газа,  
Почетный академик Украинской  
нефтегазовой академии,  
член Географического общества США,  
Лауреат премии Совета Министров СССР,  
дважды Лауреат премии имени академика  
И.М. Губкина,  
дважды Лауреат премии Администрации  
Краснодарского края,  
кавалер орденов Трудового Красного  
Знамени,  
награжден РАЕН медалью В.Н. Татищева  
«За пользу Отечеству»,  
медалью «Участник ликвидации  
последствий аварии на ЧАЭС» и др.  
Окончил Грозненский нефтяной институт.



### **Ольга Вадимовна Савенок**

Кандидат технических наук, доцент, доцент  
кафедры Нефтегазового дела имени про-  
фессора Г.Т. Вартумяна Кубанского госу-  
дарственного технологического универси-  
тета (КубГТУ).  
Окончила КубГТУ.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

## Том 3.

Сокращения .....	14
------------------	----

### Глава 10.

<b>ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ УДАЛЕНИЯ ЖИДКОСТИ ИЗ ГАЗОВЫХ И ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ СКВАЖИН .....</b>	<b>18</b>
--	-----------

10.1	Высокоэффективные способы удаления жидкости из газовых и газоконденсатных скважин .....	18
10.1.1	Удаление жидкости из газовых скважин. Влияние минерализации воды на пенообразующие свойства ПАВ .....	22
10.1.2	Растворы пенообразователей для низких (до – 30 °С) температур .....	24
10.1.3	Удаление жидкости из газоконденсатных скважин. Влияние конденсата на пенообразующие свойства ПАВ .....	25
10.1.4	Условия образования стойких эмульсий и способы их разрушения .....	25
10.2	Приготовление, технологические схемы и оборудование для доставки пенообразователей на забой скважин .....	27
10.2.1	Технология приготовления твердых пенообразователей и устройства для их получения и ввода в скважины .....	27
10.2.2	Способы ввода пенообразователей в скважины в виде растворов .....	29
10.2.3	Расчет оптимального количества вводимого в скважину пенообразователя .....	29
10.3	Технология и техника удаления жидкости из скважины с помощью пенообразующих веществ .....	34
10.4	Усовершенствование методов удаления жидкости из скважин с помощью композиций ПАВ .....	37
10.4.1	Создание и исследование новых пенообразователей для удаления жидкости из скважин .....	41
10.4.2	Разработка технологии удаления водоконденсатной смеси из скважины .....	46
10.5	Исследование и разработка технологии удаления из скважин высокоминерализованной жидкости с большим содержанием газового конденсата .....	50
10.6	Методы организации работ по обработке скважин растворами ПАВ .....	52

10.7	Усовершенствование способа удаления жидкости из скважин с помощью диспергирующих устройств реверсных насадков .....	55
10.7.1	Новая конструкция диспергатора .....	55
10.7.2	Методика определения параметров работы клапана-диспергатора .....	56
10.7.3	Определение расстояния между насадками .....	60
10.7.4	Результаты опытно-промышленного внедрения способа удаления жидкости из скважин с помощью метода П.П. Макаренко .....	62
10.8	Удаление жидкости из газовых скважин с использованием колтюбинговых технологий .....	63
10.9	Вызов притока флюида из пласта после проведения ремонтно-изоляционных работ (по Н.А. Сидорову) .....	68

## **Глава 11.**

### **АСФАЛЬТО-СМОЛО-ПАРАФИНОВЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ.**

<b>ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ И УДАЛЕНИЕ</b> .....	77
11.1 Асфальто-смоло-парафиновые отложения .....	79
11.2 Механизм формирования смоло-парафиновых и гидратных отложений .....	82
11.2.1 Влияние факторов на прилипание кристаллов к поверхностям .....	88
11.2.2 Вероятность формирования отложений парафина по схеме «стенка – кристалл» .....	90
11.2.3 Агрегативная устойчивость суспензии кристаллов парафина в нефти и вероятность формирования отложений по схеме «парафин по парафину» .....	94
11.2.4 Механизм парафинизации поверхности при движении двух- и трехфазных систем .....	96
11.2.5 Особенности механизма парафинизации поверхностей в четырехфазном потоке .....	100
11.2.6 Изменение фильтрационно-емкостной характеристики призабойной зоны пласта за счет парафинизации .....	102
11.3 Растворимость АСПО в нефти и других углеводородах .....	105
11.4 Классификация способов борьбы с АСПО .....	112
11.5 Предупреждение отложений парафина и выбор материалов для защитных покрытий .....	119
11.5.1 Применение защитных покрытий .....	135
11.5.2 Применение теплоизоляционных покрытий .....	139
11.6 Предупреждение образования АСПО физико-химическими методами .....	141
11.6.1 Расчет радиуса парафиновой кольматации призабойной зоны пласта .....	142
11.6.2 Выбор методов предупреждения и борьбы с АСПО ....	143

11.6.3	Подбор гидравлического режима для предупреждения отложений парафина .....	147
11.6.4	Применение магнитных полей в целях предупреждения образований АСПО .....	149
11.6.5	Предупреждение отложений АСПО методами вибрации .....	162
11.6.5.1	Использование ультразвука .....	162
11.6.5.2	Воздействие сложномодулированной последовательностью наносекундных импульсов .....	163
11.6.5.3	Вибрационный метод предупреждения отложений парафина в манифольдах нефтяных скважин .....	163
11.6.5.4	Разрушение кристаллической решетки парафинов .....	166
11.7	Химические способы предупреждения отложений парафинов .....	166
11.7.1	Гидрофобизация пород ПЗП в целях предупреждения парафинизации пород пласта .....	167
11.7.2	Депрессаторы .....	169
11.7.3	Модификаторы .....	173
11.7.4	Ингибиторы покрывающего (адгезионного) гидрофилизирующего действия .....	173
11.7.5	Ингибиторы парафиноотложений моющего действия .....	175
11.7.6	Доставка в скважины химических реагентов для предупреждения АСПО .....	176
11.7.7	Реагенты, применяемые для предупреждения АСПО .....	180
11.8	Методы борьбы с АСПО .....	182
11.8.1	Удаление АСПО термическими методами .....	!!!
11.8.1.1	Механизм депарафинизации скважин при их тепловой обработке .....	184
11.8.1.2	Обработка скважин теплоносителями на водной основе .....	188
11.8.1.3	Удаление АСПО с глубинно-насосного оборудования при помощи пара .....	190
11.8.1.4	Удаление АСПО с глубинно-насосного оборудования прокачкой горячей жидкости (на неводной основе) .....	191
11.8.1.5	Удаление АСПО путем электродепарафинизации глубинно-насосного оборудования .....	193
11.8.1.6	Использование глубинных электронагревателей .....	201

11.8.1.7	Удаление АСПО путем депарафинизации подъемных труб индукционными нагревателями .....	204
11.8.1.8	Получение тепла за счет взаимодействия химических реагентов .....	205
11.8.2	Физические и физико-химические методы удаления АСПО .....	207
11.8.2.1	Метод пульсации жидкости .....	208
11.8.2.2	Удаление отложений АСПО методами ударно-волнового, акустического и ультразвукового воздействий .....	209
11.8.2.3	Удаление АСПО и ГПО термогазохимическими, термохимическими и термомеханическими методами .....	217
11.8.2.4	Комплексные термобарохимические технологии обработки призабойной зоны скважин .....	221
11.8.2.5	Физические методы борьбы с отложениями парафина и асфальтенов в зарубежной практике .....	232
11.8.3	Химические способы удаления отложений парафинов и АСВ .....	235
11.8.3.1	Практика удаления АСПО химическими методами .....	236
11.8.3.2	Применение озона .....	260
11.8.3.3	Технологические схемы осуществления промывок .....	262
11.8.3.4	Технологические схемы удаления АСПО в нефтяных скважинах с применением углеводородных растворителей .....	266
11.8.4	Микробиологический метод борьбы с парафиновыми отложениями .....	273
11.8.5	Механические способы удаления АСПО из скважин .....	276
11.8.5.1	Скребки для фонтанно-компрессорных скважин и скважин с погружными электронасосами .....	276
11.8.5.2	Удаление АСПО с использованием скребков при глубинно-насосной эксплуатации .....	287
11.8.5.4	Очистка обсадных колонн скребками .....	295

## **Глава 12.**

<b>ГИДРАТООБРАЗОВАНИЕ И БОРЬБА С НИМ .....</b>	<b>297</b>
12.1 Понятия о гидратах .....	297



12.2	Состав гидратов .....	302
12.3	Устойчивость гидратов .....	304
12.4	Механизм процесса гидратообразования .....	306
	12.4.1 Экспериментальные методы исследования газовых гидратов .....	315
	12.4.2 Исследование кинетики гидратообразования и типы кристаллизации газовых гидратов .....	316
	12.4.3 Скорость образования и накопления гидратов .....	322
12.5	Упрощенные методы расчета условий образования гидратов .....	330
12.6	Методы предотвращения гидратообразования.....	333
	12.6.1 Термодинамические ингибиторы .....	333
	12.6.2 Термоизоляция .....	336
	12.6.3 Активный нагрев .....	337
	12.6.4 Операции при низком давлении .....	338
	12.6.5 Удаление воды .....	339
	12.6.6 Ингибиторы гидратообразования, применяемые в скважинах в малых дозах .....	339
12.7	Места образования гидратов в скважине и способы борьбы с ними .....	342
	12.7.1 Образование гидратов в призабойной зоне пласта .....	343
	12.7.2 Образование гидратов в стволе скважин газового месторождения .....	343
	12.7.3 Образование гидратов в системе обустройства газового месторождения .....	344
	12.7.4 Методы удаления гидратов .....	353
	12.7.5 Эффективность применения смешанных составов термодинамических и малодозированных ингибиторов гидратообразования .....	357
	12.7.6 Исследования и промысловые результаты применения антиагломерантных ингибиторов гидратообразования .....	361
12.8	Использование колтюбинговых технологий для удаления гидратных пробок и растепления скважин .....	365

### **Глава 13.**

#### **БОРЬБА С ОТЛОЖЕНИЯМИ МИНЕРАЛЬНЫХ СОЛЕЙ**

<b>В СКВАЖИНАХ</b> .....	372
13.1 Места и механизм ОМС .....	374
13.2 Предупреждение и ликвидация ОМС .....	389
13.3 Магнитные методы предупреждения ОМС .....	395
13.4 Применение покрытий для предотвращения ОМС на трубах .....	401
13.5 Химические методы удаления ОМС .....	402

## Глава 14.

### ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ПЕСКОПРОЯВЛЕНИЙ

<b>В СКВАЖИНАХ И БОРЬБА С НИМИ</b> .....	413
14.1 Анализ существующих методов борьбы с пескопроявлениями в скважинах .....	413
14.2 Условия выноса песка .....	421
14.3 Технологические методы снижения пескопроявлений в скважинах .....	422
14.4 Предупреждение пескопроявлений на этапе заканчивания скважин бурением .....	425
14.5 Применение гравийных фильтров .....	428
14.5.1 Факторы, влияющие на формирование и свойства гравийных фильтров .....	431
14.5.2 Фильтр-каркас гравийной набивки .....	432
14.5.3 Управляемая циркуляционная муфта .....	432
14.5.4 Устройство с узлом перекрестных потоков (кроссовер) .....	433
14.5.5 Гравийесмесительная установка .....	435
14.5.6 Фильтровальная установка .....	435
14.5.7 Установка фильтра-хвостовика в скважине и намыв гравия за фильтр .....	435
14.5.8 Технология сооружения гравийных фильтров в условиях аномально низких пластовых давлений .....	440
14.5.9 Установка гравийных фильтров с использованием колтюбинговых технологий .....	458
14.6 Методы крепления призабойной зоны скважин .....	461
14.6.1 Предпосылки создания проницаемого материала для крепления призабойной зоны скважин .....	461
14.6.2 «Контарен-2» .....	465
14.6.3 Исследования по выбору полимерного связующего материала .....	484
14.6.4 Оптимизация состава полимерного проницаемого материала .....	487
14.6.5 Микроструктура и тонкость фильтрации проницаемого материала .....	499
14.6.6 Изучение свойств полимерного раствора .....	503
14.6.7 Составление рецептур тампонажного материала для крепления призабойной зоны скважин .....	514
14.6.8 Изучение коррозионной стойкости тампонажного материала .....	518
14.6.9 Технология производства наполнителя марки ШРС-С .....	518
14.6.10 Проницаемые составы на полимерной основе .....	521
14.7 Крепление призабойной зоны скважин методом консолидации пластового песка .....	530

14.8	Цементно-карбонатная смесь .....	539
14.9	Применение цементно-соляно-керамзитовой смеси для крепления призабойной зоны пласта .....	543
14.10	Применение смолоспесчаных смесей для крепления призабойной зоны пласта .....	545
14.11	Крепление кавернозной призабойной зоны пласта вспененными смолами .....	547
14.12	Крепление призабойной зоны способом коксования нефти .....	548
14.13	Реагенты, применяемые для крепления призабойной зоны скважин и РИР .....	549
14.14	Расчеты при ликвидации пескопроявлений в скважинах .....	551
14.15	Удаление песчаных пробок из скважин .....	553
14.16	Использование колтюбинговых технологий при очистке от песка забоя скважины .....	560
14.17	Использование колтюбинговых технологий для удаления песчаных и парафиновых пробок .....	566
<b>Использованная и рекомендуемая литература .....</b>		<b>568</b>