

А.И. Булатов, О.В. Савенок

# КАПИТАЛЬНЫЙ ПОДЗЕМНЫЙ РЕМОНТ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН



**В ЧЕТЫРЕХ  
ТОМАХ**

**Том 1**



*«Я не люблю возвратные  
глаголы – открылось.  
Не открылось – вложен  
колоссальный труд,  
и открыли»*

*С.Э. Шноль (При чтении лекции  
в рубрике «Academia»  
Канал «Культура», 21.09.2010 г.)*

*«Ищи свет, и тьма отступит»  
Индийская мудрость*

*«... постижение есть радость,  
а знание – залог выживания»  
Карл Саган*

**Посвящается выдающемуся ученому-нефтянику  
Виктору Ивановичу КРЫЛОВУ**

**А.И. Булатов, О.В. Савенок**

**КАПИТАЛЬНЫЙ ПОДЗЕМНЫЙ  
РЕМОНТ  
НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ  
СКВАЖИН**

**В ЧЕТЫРЕХ ТОМАХ**

**Том 1**

**Краснодар  
2012**

УДК 622.279.7

ББК 33.36

Б90

**Рецензенты:**

*Д.Г. Антониади, доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой нефтегазового промысла КубГТУ,  
академик РАН;*

*С.В. Долгов, доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры нефтегазового промысла 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. 1. – 2012. – 540 с.

ISBN 978-5-91718-160-8 (Т. 1)

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.: 111 назв.

ББК 33.36

УДК 622.279.7

ISBN 978-5-91718-160-8 (Т. 1)

ISBN 978-5-91718-159-2

© А.И. Булатов, 2012

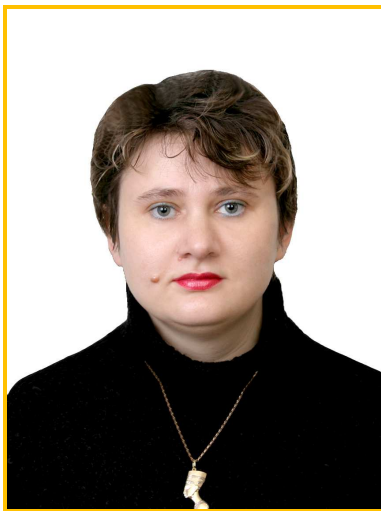
© О.В. Савенок, 2012

© ООО «Издательский Дом – Юг», 2012



## **Анатолий Иванович Булатов**

Доктор технических наук, профессор,  
Заслуженный деятель науки и техники РФ,  
Заслуженный изобретатель РФ,  
академик Международной и Российской  
инженерных академий,  
академик национальной нефтегазовой  
академии,  
Почетный академик украинской  
нефтегазовой академии,  
Лауреат Премии Совета Министров СССР,  
дважды Лауреат премии администрации  
Краснодарского края,  
дважды Лауреат премии имени академика  
И.М. Губкина,  
награжден орденом РАЕН «За пользу  
Отечеству» имени В.Н. Татищева».  
Окончил Грозненский нефтяной институт.



## **Ольга Вадимовна Савенок**

Кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры нефтегазового промысла  
Кубанского государственного  
технологического университета (КубГТУ).  
Окончила КубГТУ.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

## Том 1.

<b>Сокращения</b> .....	<b>12</b>
-------------------------	-----------

<b>Вместо введения</b> .....	<b>15</b>
------------------------------	-----------

### Глава 1.

<b>КОНСТРУКЦИИ СКВАЖИН И ПРИЗАБОЙНЫХ ЗОН</b> .....	<b>21</b>
--	-----------

1.1 Конструкции скважин .....	21
-------------------------------	----

1.2 Конструкции скважин в различных нефтегазодобывающих районах .....	30
---	----

1.2.1 Северный Кавказ .....	30
-----------------------------	----

1.2.2 Азербайджан .....	52
-------------------------	----

1.2.3 Казахстан и Средняя Азия .....	55
--------------------------------------	----

1.2.4 Восточная Украина .....	58
-------------------------------	----

1.2.5 Западная Сибирь .....	60
-----------------------------	----

1.2.6 Особенности конструкций скважин в условиях большой толщины многолетнемерзлых пород .....	62
--	----

1.2.7 США. Мексиканский залив .....	65
-------------------------------------	----

1.2.8 Иран. Персидский залив .....	70
------------------------------------	----

1.2.9 Франция. Акватория Северного моря .....	71
---	----

1.2.10 Арктические зоны Аляски и Канады .....	73
---	----

1.2.11 Возможные конструкции скважин глубиной до 10000 м ...	78
--	----

1.2.12 Общие представления о конструкции газовых и газоконденсатных скважин .....	82
---	----

1.2.13 Герметичность обсадной колонны .....	83
---	----

1.2.14 Нарушение целостности эксплуатационных колонн при перфорации .....	87
---	----

1.3 Конструкции забоев скважин .....	88
--------------------------------------	----

1.3.1 Обоснование выбора конструкции забоя смешанного вида .	98
--	----

1.3.2 Обоснование выбора конструкции закрытого забоя скважин .....	99
--	----

1.3.3 Обоснование выбора конструкции забоя для предотвращения выноса песка .....	99
--	----

1.4 Испытание обсадных колонн на герметичность .....	101
--	-----

1.5 Цементирование обсадных колонн .....	106
--	-----

### Глава 2.

<b>ОБОРУДОВАНИЕ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН</b> .....	<b>123</b>
--	------------

2.1 Оборудование устья скважин .....	130
--------------------------------------	-----

2.2 Внутрискважинное оборудование .....	148
---	-----

2.3 Внутрискважинное оборудование в горизонтальных скважинах .....	160
--	-----

2.4	Оборудование скважин, эксплуатирующихся штанговыми насосами .....	165
2.4.1	Оборудование устья штанговой насосной скважины .....	165
2.4.2	Оборудование устья скважин с погружными центробежными электронасосами .....	177

### **Глава 3.**

<b>ЭКСПЛУАТАЦИЯ НАСОСНО-КОМПРЕССОРНЫХ ТРУБ .....</b>		<b>183</b>
3.1	Расчет колонны насосно-компрессорных труб на прочность .....	194
3.2	Особенности расчета колонны НКТ на прочность в условиях действия изгибающих усилий .....	202
3.3	Решение задач и примеров .....	206
3.4	Насосно-компрессорные трубы с защитными покрытиями .....	217
3.4.1	Пример расчета глубины спуска остеклованных НКТ при фонтанной эксплуатации нефтяных скважин ...	218
3.5	Штанги для насосных скважин .....	219
3.5.1	Расчет прочности колонны штанг .....	221
3.5.2	Пример выбора и расчета на прочность одноступенчатой колонны штанг .....	224

### **Глава 4.**

<b>ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ ПЕРЕД ПОДЗЕМНЫМ РЕМОНТОМ СКВАЖИН .....</b>		<b>227</b>
4.1	Жидкости для промывки и глушения скважин .....	229
4.2	Разработка составов и технологии глушения скважин, предотвращающих засорение призабойных зон пласта, испытание и обеспечение внедрения .....	236
4.2.1	Жидкости глушения, содержащие твердую фазу .....	247
4.2.2	Жидкости глушения на основе минеральных солей .....	250
4.2.3	Жидкости глушения на углеводородной основе .....	260
4.2.4	Пены .....	261
4.3	Разработка технологии глушения скважин пенами применительно к геолого-физическим условиям месторождений Краснодарского края и совершенствование технологии и техники ремонтных работ .....	275
4.3.1	Общие свойства пен .....	276
4.3.2	Упругие свойства пен при циркуляции в скважине .....	277
4.3.3	Влияние пены на проницаемость пористой среды .....	278
4.3.4	Методы определения гидростатического давления, создаваемого трехфазной пеной в стволе скважины .....	279
4.3.5	Технология глушения скважин трехфазной пеной .....	285
4.4	Глушение нефтегазовых скважин .....	294
4.4.1	Расчет глушения нефтегазовых скважин .....	295
4.4.2	Глушение и освоение скважин с применением концентрированных меловых суспензий .....	298

4.5	Особенности глушения скважин с предварительным блокированием пласта .....	299
4.5.1	Деблокирование пласта и технология освоения скважин ...	303
4.5.2	Номограмма для определения основных параметров блокирования и освоения скважин .....	305
4.6	Гравитационное замещение флюида на раствор при задавке скважины перед ее ремонтом .....	306
4.7	Предупреждение газонефтеводопроявлений (ГНВП) .....	308
4.8	Оборудование устья скважин при проведении капитального ремонта .....	310
4.8.1	Плашечные превенторы с гидравлическим управлением .	313
4.8.2	ГУП-100БР .....	314
4.8.3	Гидравлическое управление превенторами СН 6У-76 (Румынского производства) .....	316
4.8.4	Превентор плашечный гидравлический ППГ-156×320 ...	322
4.8.5	Превентор универсальный гидравлический (ПУГ) .....	325
4.8.6	Превентор малогабаритный для ремонта скважин .....	327
4.8.7	Герметизирующее устройство устья скважины (ГУУС) ...	328
4.8.8	Предупреждение и ликвидация нефтегазопроявлений в глубоких скважинах и при бурении в условиях моря ...	330

## **Глава 5.**

### **ФОРМИРОВАНИЕ КАНАЛОВ В ЗАЦЕМЕНТИРОВАННОМ ЗАКОЛОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ И ВИДЫ**

#### **РЕМОНТНО-ИЗОЛЯЦИОННЫХ РАБОТ .....**

5.1	Природа негерметичности зацементированного заколонного пространства .....	341
5.1.1	Отделение избыточной воды затворения цемента. Проницаемость цементного раствора .....	343
5.1.2	Водоотделение и водоотдача цементного раствора .....	348
5.1.3	Изменение давления столба цементного раствора при его загустевании и твердении .....	351
5.1.4	О контакте и сцеплении цементного раствора-камня со стенками обсадной колонны и скважины .....	355
5.1.5	Радиальная деформация обсадной колонны при формировании цементного камня .....	356
5.1.6	Проницаемость камня из тампонажного цемента .....	359
5.1.7	Усадка и образование трещин в цементном камне и влияние их на возможность газопроявлений .....	362
5.2	Контракция цементного раствора-камня при их твердении .....	362
5.3	Виды и технология РИР .....	376
5.3.1	Причины, вызывающие необходимость проведения повторного цементирования .....	378



5.3.2	Краткий обзор и анализ методов ограничения водопритоков .....	382
5.4	Виды ремонтов нефтяных и газовых скважин .....	385
5.4.1	Капитальный ремонт скважин .....	386
5.4.2	Текущий ремонт скважин .....	386
5.4.3	Последовательность выполнения работ при текущем ремонте скважин. Подготовительный комплекс работ ....	392
5.4.4	Последовательность выполнения работ при капитальном ремонте скважин .....	393
5.4.5	Совершенствование технологии установки цементных мостов .....	397
5.4.5.1	Назначение цементных мостов .....	397
5.4.5.2	Требования, предъявляемые к цементным мостам .....	397
5.4.5.3	Оценка весомости факторов, влияющих на исход работ по установке цементных мостов, при помощи последовательной диагностической процедуры .....	406
5.4.5.4	Особенности выбора рецептуры и приготовления цементного раствора для установки мостов в глубоких скважинах .....	412
5.4.5.5	Физико-механические свойства тампонажных материалов, используемых для установки цементных мостов в глубоких высокотемпературных скважинах .....	414
5.4.5.6	Повышение надежности доставки цементного раствора в скважину по заливочной колонне .....	422
5.4.5.7	Повышение эффективности вытеснения бурового раствора цементным .....	441
5.4.5.8	Предупреждение повышения гидравлических сопротивлений и прихвата колонны труб .....	453
5.4.5.9	Влияние поршневого эффекта, возникающего при подъеме труб, на качество мостов .....	455
5.4.5.10	Планирование работ по установке цементных мостов .....	456
5.4.5.11	Устройства, применяемые при установке цементных мостов .....	459
5.4.5.12	Методика расчета операций при установке цементных мостов .....	466
5.4.5.13	Расчеты при установке разделительных цементных мостов по методике б. ВНИИКРнефти .....	470
5.5	Ликвидация негерметичностей тампонируванием под давлением.....	474

5.5.1	Расчет времени процесса тампонирования под давлением .....	482
5.5.2	Определение объема тампонирующей смеси .....	484
5.5.3	Расчет давлений при вымыве тампонирующей смеси из скважины .....	485
5.5.4	Расчет процесса тампонирования под давлением через НКТ, установленные над зоной ввода тампонирующей смеси за колонну, в незаполняющейся скважине .....	488
5.5.5	Расчет допустимой глубины опорожнения обсадной колонны при тампонировании .....	489
5.6	Техническая характеристика пакеров и якорей к ним .....	489
5.7	Разобшение обсадной колонны .....	499
5.8	Технология процессов установки тампонажных мостов других видов .....	500
5.9	Наращивание цементного кольца за колонной (КР1-4) .....	505
5.10	РИР при ликвидации заколонных перетоков пластовых флюидов .....	507
5.11	Изоляция посторонних вод (газа) .....	510
5.12	Устранение негерметичности обсадных колонн .....	511
5.12.1	Тампонирование негерметичных резьбовых соединений обсадных колонн .....	512
5.12.2	Проведение РИР при закачке тампонирующего состава в колонну, опорожненную до нижней границы негерметичности .....	513
5.12.3	Проведение РИР при закачке тампонирующего состава в колонну, заполненную буровым раствором .....	515
5.12.4	Цементирование «без давления» .....	515
5.12.5	Проведение РИР при неустановленном интервале негерметичности колонны .....	516
5.12.6	Проведение РИР в перфорированной неосвоенной скважине .....	517
5.12.7	Проведение РИР в перфорированной фонтанирующей скважине .....	517
5.13	Разобшение пластов при эксплуатации одной скважиной нескольких горизонтов .....	518
5.14	Ликвидация негерметичности в стыковочных устройствах и муфтах ступенчатого цементирования. Изоляция сквозных дефектов обсадных колонн .....	519
5.15	Возврат скважины на вышележащий горизонт .....	520
5.16	Возврат скважины на нижележащий горизонт .....	520
5.17	Общие правила при РИР в скважинах .....	521
5.18	Зарубежный опыт проведения РИР .....	524

<b>Использованная и рекомендуемая литература .....</b>	<b>532</b>
--	------------

## СОКРАЩЕНИЯ

- АВПД** – аномально высокое пластовое давление
- АзИНМАШ** – Азербайджанский научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт нефтяного машиностроения (Баку)
- АзНИПИнефть** – Азербайджанский государственный научно-исследовательский и проектный институт нефтяной промышленности (Баку)
- АКЦ** – акустический цементомер
- АНИ** – Американский нефтяной институт
- АНПД** – аномально низкое пластовое давление
- АП** – аппарат перфорации
- АРНК** – аммонизированный раствор нитрата кальция
- АСПО** – асфальто-смоло-парафиновые отложения
- ВНИИКРнефть** – Всероссийский научно-исследовательский и проектный институт по креплению скважин и буровым растворам (Краснодар)
- ВНИИБТ** – Всероссийский научно-исследовательский институт буровой техники (Москва)
- ВНИИГАЗ** – Всероссийский научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий (Москва)
- ВНК** – водонефтяной контакт
- ВП** – взрывной пакер
- ВПШ** – взрывной пакер шлипсовый
- ВУС** – вязкоупругий состав
- ГК** – гамма-каротаж
- ГКК** – головка колонная клиновая
- ГКО** – глино-кислотная обработка
- ГМФН** – гексаметафосфат натрия
- ГНВП** – газонефтеводопроявление
- ГНК** – газонефтяной контакт
- ГОСТ** – государственный стандарт
- ГПП** – гидропескоструйная перфорация
- ГрозНИИ** – Грозненский нефтяной научно-исследовательский институт (Грозный)
- ГРП** – гидравлический разрыв пласта
- ГУУС** – герметизирующее устройство устья скважин
- ДК** – диагностический коэффициент
- ДТ** – дизельное топливо
- ЖГ** – жидкость глушения
- ЗИД** – заколонный измеритель давления
- ИТР** – инженерно-технические работники
- ИЦК** – инструмент циркуляционного клапана
- КГТ** – колонна гибких труб
- КМЦ** – карбоксиметилцеллюлоза
- КРБК** – кабель резиновый бронированный круглый

**КРС** – капитальный ремонт скважин  
**КРП** – комплекс разделительных пробок  
**КССБ** – конденсированная сульфит-спиртовая барда  
**КЦ** – клапан циркуляционный  
**КШВ** – кран шаровой верхний  
**КШН** – кран шаровой нижний  
**МСЦ** – многоступенчатое цементирование  
**НГК** – нейтронный гамма-каротаж  
**НИИ** – научно-исследовательский институт  
**НКТ** – насосно-компрессорные трубы  
**НРС** – невзрывчатое разрушающее средство  
**НТФ** – нитрилотриметилфосфоновая кислота  
**ОЗЦ** – ожидание затвердевания цемента  
**ОКК** – оборудование колонн клиновое  
**ОМС** – отложения минеральных солей  
**ООК** – оборудование обсадных колонн  
**ОПЗ** – обработка призабойной зоны  
**ОРЭ** – одновременно-раздельная эксплуатация  
**ОЦГ** – облегченный цемент для горячих скважин  
**ОЭДФ** – оксиэтилидендифосфоновая кислота  
**ПАА** – полиакриламид  
**ПАВ** – поверхностно-активные вещества  
**ПВС-ТР** – поливиниловый спирт для тампонажных растворов  
**ПЗП** – призабойная зона пласта  
**ПОЖ** – пенообразующая жидкость глушения  
**ПП** – продуктивный пласт  
**ППГ** – превентор плащечный гидравлический  
**ПТ** – продуктивная толща  
**ПТМ** – полимерные тампонажные материалы  
**ПУГ** – превентор универсальный гидравлический  
**ПХГ** – подземное хранилище газа  
**ПЦГ** – портландцемент для горячих скважин  
**ПЦХ** – портландцемент для холодных скважин  
**ПШ** – пакер шлипсовый  
**ПЭД** – погружной электродвигатель  
**ПЭПА** – полиэтиленполиамин  
**РИР** – ремонтно-изоляционные работы  
**РД** – руководящий документ  
**РНКНА** – раствор нитрата кальция, нейтрализованный аммиаком  
**РНО** – раствор на нефтяной (углеводородной) основе  
**РОГ** – резьбовой отверждаемый герметик  
**СК** – станок-качалка  
**СКО** – соляно-кислотная обработка  
**СНС** – статическое напряжение сдвига

**СПО** – спускоподъемная операция  
**ССБ** – сульфидспиртовая барда  
**СТС** – стреляющий тампонажный снаряд  
**ТВЧ** – ток высокой частоты  
**ТГХВ** – термогазохимическое воздействие  
**ТРС** – текущий ремонт скважин  
**ТСЦ** – термосолестойкий цемент  
**ТУ** – технические условия  
**ТЭГ** – триэтиленгликоль  
**УБТ** – утяжеленные бурильные трубы  
**УКЗЦ** – устройство для контролируемого забойного цементирования  
**УкрНИИПНД** – Государственный научно-исследовательский и проектный институт нефтедобывающей промышленности (Киев)  
**УЦГ** – утяжеленный цемент для горячих скважин  
**УШЦ** – утяжеленный шлакопесочный цемент  
**ФУМ** – фторопластовый уплотнительный материал  
**ЦА** – цементируемый агрегат  
**ЦКОД** – цементируемый клапан обратный дроссельный  
**ШГН** – штанговый глубинный насос  
**ШПЦС** – шлакопесчаный цементный состав  
**ШСНУ** – штанговая скважинная насосная установка  
**ШФЛУ** – широкая фракция легких углеводородов  
**ЭВН** – электровинтовой насос  
**ЭЦН** – электроцентробежный насос