

**В.А. Казарян**

# **ПОДЗЕМНОЕ ХРАНЕНИЕ ГАЗОВ И ЖИДКОСТЕЙ**

Допущено Министерством образования и науки  
Российской Федерации в качестве учебного пособия  
для студентов высших учебных заведений, обучающихся  
по направлению «Нефтегазовое дело»



Москва ♦ Ижевск

2006

**Казарян, В. А.** Подземное хранение газов и жидкостей : учебное пособие для вузов / В. А. Казарян. — Москва : Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2006. — 428 с. : ил. — (Современные нефтегазовые технологии). — Библиография : с. 427—428.

УДК [622.691.24 + 622.692.24](075.8)

ББК 33

**Ч/З №1 — 5 экз.**

Приводятся физические и термодинамические свойства хранимых газов и жидкостей, а также горных пород, вмещающих подземные хранилища.

Представлены современные методы строительства и эксплуатации подземных хранилищ газов и жидкостей. Приводятся основные положения подземного хранения неуглеводородных компонентов природного газа (гелия и углекислого газа) и аккумуляирования альтернативных видов топлив, в частности водорода. Даны основы использования подземных резервуаров, созданных в отложениях каменной соли в качестве технологических аппаратов для промысловой подготовки газа и нефти.

Для студентов, обучающихся по специализации «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» и «Разработка и эксплуатация газовых и газоконденсатных месторождений», а также может быть использована инженерно-техническими работниками нефтяной и газовой промышленности.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	8
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ХРАНИМЫХ ПРОДУКТОВ И ГОРНЫХ ПОРОД, ВМЕЩАЮЩИХ ПОДЗЕМНЫЕ ХРАНИЛИЩА ГАЗОВ И ЖИДКОСТЕЙ.....	9
1.1. Основные законы газового состояния.....	9
1.2. Нормальные и стандартные условия .....	22
1.3. Критические и приведенные параметры газа.....	23
1.4. Уравнение состояния реальных газов.....	26
1.5. Физические свойства газообразных и жидких углеводородов.....	31
1.6. Упругость паров углеводородов.....	66
1.7. Влагосодержание газов.....	75
1.8. Кристаллогидраты углеводородов .....	79
1.9. Теплота превращения .....	81
1.10. Диффузия и растворимость газа в жидких углеводородах.....	87
1.11. Поверхностное натяжение.....	91
1.12. Физические свойства горных пород.....	93
1.13. Теплофизические свойства горных пород, вмещающих подземные хранилища .....	101
1.14. Пластовое давление .....	104
2. НЕРАВНОМЕРНОСТЬ ПОТРЕБЛЕНИЯ ГАЗА И ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ.....	110

3.	КЛАССИФИКАЦИЯ ХРАНИЛИЩ ГАЗОВ И ЖИДКОСТЕЙ.	121
4.	НАЗЕМНЫЕ ХРАНИЛИЩА ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ.	126
4.1.	Вертикальные цилиндрические резервуары.....	127
4.2.	Горизонтальные цилиндрические резервуары.....	131
4.3.	Шаровые резервуары.....	131
4.4.	Каплевидные резервуары.....	133
4.5.	Железобетонные резервуары.....	136
5.	НАЗЕМНЫЕ ХРАНИЛИЩА ГАЗООБРАЗНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ.....	138
5.1.	Газгольдеры низкого давления.....	139
5.2.	Газгольдеры высокого давления.....	142
5.3.	Хранение газа в трубах.....	144
5.4.	Аккумулирующая способность магистрального газо- провода.....	145
6.	ПОДЗЕМНЫЕ ХРАНИЛИЩА ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРО- ДОВ.....	147
6.1.	Хранилища в непроницаемых горных породах.....	148
6.2.	Подземные хранилища в отложениях каменной соли.....	149
6.3.	Подземные хранилища в многолетнемерзлых породах, создаваемые методом внутрипластового оттаивания.....	180
6.4.	Подземные хранилища шахтного типа в непроницае- мых устойчивых породах.....	188
6.5.	Подземные хранилища шахтного типа в многолетне- мерзлых породах.....	193
6.6.	Подземные хранилища в многолетнемерзлых породах с ледопородными резервуарами траншейного типа.....	196
6.7.	Подземные хранилища в непроницаемых неустойчивых породах.....	200
6.8.	Подземные хранилища в трещиноватых породах.....	202

6.9. Подземные хранилища в проницаемых породах .....	207
6.10. Низкотемпературные ледопородные подземные резервуары .....	209
6.11. Подземные хранилища в отложениях льда .....	221
<b>7. ПОДЗЕМНЫЕ ХРАНИЛИЩА ГАЗООБРАЗНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ .....</b>	<b>225</b>
7.1. Подземные хранилища газа в пористых и проницаемых горных породах .....	225
7.2. Подземные хранилища в истощенных газовых и газоконденсатных месторождениях .....	251
7.3. Подземные хранилища в выработанных нефтяных месторождениях .....	257
7.4. Подземные хранилища в водонасыщенных коллекторах .....	260
7.5. Подземные хранилища, создаваемые в отложениях каменной соли .....	266
7.6. Наземное оборудование хранилища по подготовке газа к транспорту .....	286
<b>8. ПОДЗЕМНЫЕ ХРАНИЛИЩА ГАЗООБРАЗНЫХ И ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ СТРАНЫ.....</b>	<b>317</b>
<b>9. ПРИМЕНЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ, СОЗДАНЫХ В ОТЛОЖЕНИЯХ КАМЕННОЙ СОЛИ, В КАЧЕСТВЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АППАРАТОВ .....</b>	<b>322</b>
9.1. Подземный резервуар для продувки газонефтяных скважин .....	323
9.2. Гидрокомпрессор непрерывного действия для утилизации низконапорных газов .....	328
9.3. Установка по промысловой подготовке газа .....	334
9.4. Установка по промысловой подготовке нефти .....	338

10. ПОДЗЕМНЫЕ ХРАНИЛИЩА ГАЗА И ЖИДКОСТЕЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ СТАБИЛЬНУЮ РАБОТУ ГАЗО- И НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ЗАВОДОВ .....	352
10.1. Подземные хранилища товарных продуктов газо- и нефтеперерабатывающих заводов .....	353
10.2. Подземное хранилище этилена .....	373
10.3. Подземное хранилище нестабильного газового конденсата .....	378
10.4. Подземное хранилище нефти .....	383
10.5. Подземное хранилище мазута .....	386
11. СРОКИ ПОДЗЕМНОГО ХРАНЕНИЯ ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПОДЗЕМНЫХ РЕЗЕРВУАРАХ, СОЗДАНЫХ В ОТЛОЖЕНИЯХ КАМЕННОЙ СОЛИ .....	391
12. ХРАНЕНИЕ НЕУГЛЕВОДОРОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ, ВХОДЯЩИХ В СОСТАВ ПРИРОДНОГО ГАЗА .....	396
12.1. Подземное хранилище гелия .....	397
12.2. Подземное хранилище углекислого газа .....	400
13. ПОДЗЕМНОЕ ХРАНИЛИЩЕ ВОДОРОДА .....	405
14. ПОДЗЕМНОЕ ХРАНИЛИЩЕ ВОЗДУХА .....	413
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	427