

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	16
ВВЕДЕНИЕ	21
ЧАСТЬ 1. НЕОБХОДИМОСТЬ СОЗДАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ ГАЗОВ И ЖИДКОСТЕЙ	27
Глава 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	29
Глава 2. ПОДЗЕМНЫЕ ХРАНИЛИЩА ГАЗООБРАЗНЫХ И ЖИДКИХ ПРОДУКТОВ — НЕОБХОДИМЫЙ ЭЛЕМЕНТ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА СТРАНЫ	67
2.1. Подземные хранилища — необходимый элемент функционирования единой системы газоснабжения страны	68
2.2. Подземные хранилища — необходимый элемент системы снабжения нефтью и нефтепродуктами страны.....	74
2.3. Подземные хранилища - - необходимый элемент функционирования системы электро- и теплоснабжения.....	76
2.4. Вопросы для самостоятельной подготовки.....	79
Глава 3. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ ГАЗООБРАЗНЫХ И ЖИДКИХ ПРОДУКТОВ	81
3.1. Подземные хранилища жидких продуктов.....	83
3.1.1. Хранилища в непроницаемых горных породах.....	84
3.1.2. Подземные хранилища в отложениях каменной соли.....	85
3.1.3. Подземные хранилища в многолетнемерзлых породах, созданные методом внутрипластового оттаивания.....	89
3.1.4. Подземные хранилища шахтного типа в непроницаемых устойчивых породах.....	92
3.1.5. Подземные хранилища шахтного типа в многолетнемерзлых породах.....	96

3.1.6.	Подземные хранилища в многолетнемерзлых породах с ледопородными резервуарами траншейного типа	99
3.1.7.	Подземные хранилища в непроницаемых неустойчивых горных породах	102
3.1.8.	Подземные хранилища в трещиноватых горных породах	103
3.1.9.	Подземные хранилища в проницаемых горных породах	106
3.1.10.	Низкотемпературные ледопородные подземные резервуары в горных породах с положительной температурой	109
3.1.11.	Подземные хранилища в отложениях льда	111
3.2.	Подземные хранилища газообразных продуктов	113
3.2.1.	Подземные хранилища газа в пористых и проницаемых горных породах	114
3.2.2.	Подземные хранилища газа в истощенных газовых и газоконденсатных месторождениях	120
3.2.3.	Подземные хранилища газа в выработанных нефтяных месторождениях	121
3.2.4.	Подземные хранилища газа в водонасыщенных коллекторах	123
3.2.5.	Подземные хранилища газа, создаваемые в каменной соли	124
3.3.	Вопросы для самостоятельной подготовки	125

ЧАСТЬ 2. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ ГАЗОВ И ЖИДКОСТЕЙ

129

Глава 4. МЕТОДОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ ГАЗОВ И ЖИДКОСТЕЙ

131

4.1.	Особенности проектирования подземных хранилищ	131
4.2.	Инвестиционный замысел	137
4.3.	Ходатайство (декларация) о намерениях	140
4.4.	Обоснование инвестиций	143

- 4.5. Бизнес-план 150
- 4.6. Вопросы для самостоятельной подготовки 153

**Глава 5. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ ГАЗОВ И ЖИДКОСТЕЙ 156**

- 5.1. Технологический проект 157
- 5.2. Технический проект 161
 - 5.2.1. Пояснительная записка 162
 - 5.2.2. Схема планировочной организации земельного участка 163
 - 5.2.3. Архитектурные решения 165
 - 5.2.4. Конструктивные и объемно-планировочные решения 165
 - 5.2.5. Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений 166
 - 5.2.6. Технологические решения 167
 - 5.2.7. Проект организации строительства 167
 - 5.2.8. Перечень мероприятий по охране окружающей среды 169
- 5.3. Разработка и согласование рабочей документации 171
- 5.4. Вопросы для самостоятельной подготовки 172

**Глава 6. ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРО-
ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ
СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ
В ОТЛОЖЕНИЯХ КАМЕННОЙ СОЛИ 175**

- 6.1. Требования, определяющие пригодность отложений каменной соли для размещения подземных хранилищ 177
- 6.2. Требования к источникам технического водоснабжения для строительства подземных хранилищ 180
- 6.3. Гидрогеологические критерии оценки условий подземного захоронения рассолов, образованных в процессе строительства подземных хранилищ 183
- 6.4. Вопросы для самостоятельной подготовки 187

Глава 7. СОЛЕНОСНЫЕ БАССЕЙНЫ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПРИГОДНЫЕ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ.....	189
7.1. Калининградский соленосный бассейн	189
7.2. Подмосковский соленосный бассейн.....	193
7.3. Двинско-Ветлужский соленосный бассейн.....	197
7.4. Серёговский соляной купол.....	199
7.5. Печоро-Камский соленосный бассейн.....	201
7.6. Прикаспийский соленосный бассейн.....	203
7.7. Волго-Уральский соленосный бассейн	208
7.8. Северо-Кавказский соленосный бассейн.....	213
7.9. Тувинский соленосный бассейн.....	216
7.10. Северо-Сибирский соленосный бассейн	219
7.11. Восточно-Сибирский соленосный бассейн	223
7.12. Кемпендяйский соленосный бассейн	225
7.13. Вопросы для самостоятельной подготовки.....	228
Глава 8. ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ В ОТЛОЖЕНИЯХ КАМЕННОЙ СОЛИ.....	230
8.1. Региональное изучение недр на оцениваемой территории для проектирования строительства подземного хранилища	232
8.2. Геологическое изучение недр: поиски и оценка перспективных площадей строительства подземного хранилища	234
8.2.1. Площадные исследования на поисково-оценочном этапе.....	235
8.2.2. Геофизические исследования в поисково- оценочных скважинах	236
8.2.3. Лабораторные исследования	239
8.2.4. Обобщение результатов геолого-разведочных работ по этапу II	240
8.3. Комплекс геолого-разведочных работ на этапе разведки площадки строительства подземного хранилища	242

8.3.1.	Опытно-фильтрационные наблюдения на стадии опытной эксплуатации водозабора	245
8.3.2.	Опытно-фильтрационные наблюдения на стадии опытной эксплуатации полигона подземного захоронения.....	245
8.3.3.	Обобщение результатов работ	247
8.4.	Вопросы для самостоятельной подготовки.....	248

Глава 9. ОЦЕНКА ДЛИТЕЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ВЫРАБОТОК-ЕМКОСТЕЙ ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ ГАЗОВ И ЖИДКОСТЕЙ, СОЗДАНЫХ В ОТЛОЖЕНИЯХ КАМЕННОЙ СОЛИ.....250

9.1.	Расчет основных эксплуатационных параметров выработки-емкости.....	251
9.2.	Расчет величины максимально допустимого пролета выработки-емкости.....	253
9.3.	Изменение уровня поверхности земли при строительстве и эксплуатации подземного резервуара.....	257
9.4.	Вопросы для самостоятельной подготовки.....	258

Глава 10. ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАССОЛОХРАНИЛИЩ.....260

10.1.	Инженерно-геологические и гидрогеологические условия строительства наземных рассолохранилищ	261
10.2.	Определение объема (вместимости) рассолохранилища	268
10.2.1.	Вместимость рассолохранилища подземного хранилища нефтепродуктов регионального назначения.....	270
10.2.2.	Вместимость рассолохранилища подземного хранилища нефтепродуктов в составе нефтеперерабатывающего завода	272
10.2.3.	Вместимость рассолохранилища подземного хранилища нефтепродуктов в системе государственного резерва	275
10.2.4.	Вероятность совпадения независимых событий	275
10.3.	Вопросы для самостоятельной подготовки.....	277

ЧАСТЬ 3. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА СОЗДАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК-ЕМКОСТЕЙ В КАМЕННОЙ СОЛИ	279
Глава 11. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ХРАНИМЫХ ПРОДУКТОВ И ГОРНЫХ ПОРОД, ВМЕЩАЮЩИХ ПОДЗЕМНЫЕ ХРАНИЛИЩА ГАЗОВ И ЖИДКОСТЕЙ	281
11.1. Основные законы газового состояния	281
11.2. Нормальные и стандартные условия.....	292
11.3. Критические и приведенные параметры газа.....	293
11.4. Уравнение состояния реальных газов.....	296
11.5. Физические свойства газообразных и жидких углеводородов	299
11.6. Упругость паров углеводородов	331
11.7. Влажесодержание газов	338
11.8. Кристаллогидраты углеводородов	342
11.9. Теплота превращения	344
11.10. Диффузия и растворимость газа в жидких углеводородах.....	349
11.11. Поверхностное натяжение	352
11.12. Физические свойства горных пород	355
11.13. Теплофизические свойства горных пород, вмещающих подземные хранилища.....	363
11.14. Вопросы для самостоятельной подготовки.....	366
Глава 12. РАСТВОРЕНИЕ КАМЕННОЙ СОЛИ В ОГРАНИЧЕННОМ ПРОСТРАНСТВЕ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК-ЕМКОСТЕЙ	369
12.1. Молекулярно-диффузионное растворение каменной соли	370
12.2. Растворение каменной соли в режиме свободной конвекции	372
12.3. Растворение каменной соли в режиме вынужденной конвекции	376
12.4. Вопросы для самостоятельной подготовки.....	381

Глава 13. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ СООРУЖЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК-ЕМКОСТЕЙ В КАМЕННОЙ СОЛИ	382
13.1. Определение концентрации рассола в процессе сооружения выработки-емкости.....	383
13.2. Определение технологических параметров выработки-емкости в процессе ее сооружения	386
13.3. Пример расчета основных технологических параметров строительства выработки-емкости.....	388
13.4. Вопросы для самостоятельной подготовки.....	393
ЧАСТЬ 4. СТРОИТЕЛЬСТВО ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ ГАЗОВ И ЖИДКОСТЕЙ В ОТЛОЖЕНИЯХ КАМЕННОЙ СОЛИ.....	395
Глава 14. ТЕХНОЛОГИЯ ПОДЗЕМНОГО РАСТВОРЕНИЯ КАМЕННОЙ СОЛИ ДЛЯ ЕЕ ДОБЫЧИ	397
14.1. Способы подземного растворения каменной соли с применением различных режимов подачи растворителя.....	398
14.1.1. Способ подземного растворения каменной соли с применением прямого режима подачи растворителя.....	400
14.1.2. Способ подземного растворения каменной соли с применением противоточного режима подачи растворителя.....	406
14.2. Способы создания гидровруба	415
14.2.1. Технологическая схема создания гидровруба с применением жидкого нерастворителя.....	416
14.2.2. Технологическая схема создания гидровруба с применением газообразного нерастворителя....	419
14.2.3. Сравнение технологических схем создания гидровруба.....	421
14.2.4. Определение геометрических размеров гидровруба.....	423

14.2.5.	Способ растворения каменной соли с применением гидровруба	434
14.3.	Послойный способ растворения каменной соли в направлении снизу вверх	437
14.4.	Способ растворения каменной соли с применением заглубленной водоподдачи	442
14.5.	Вопросы для самостоятельной подготовки	445
Глава 15. ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК-ЕМКОСТЕЙ В ОТЛОЖЕНИЯХ КАМЕННОЙ СОЛИ.....		
15.1.	Технология создания гидровруба.....	451
15.1.1.	Технология создания гидровруба с применением прямоточного режима подачи растворителя.....	453
15.1.2.	Технология создания гидровруба с применением противоточного режима подачи растворителя	456
15.1.3.	Выбор проектной высоты гидровруба	458
15.2.	Технология создания выработки-емкости ступенями по направлению снизу-вверх	466
15.2.1.	Технологическая схема создания выработки-емкости ступенями снизу вверх с перемещением подвесных колонн на каждой ступени.....	467
15.2.2.	Технологическая схема создания выработки-емкости ступенями снизу вверх с перемещением внешней подвесной колонны на каждой ступени.	479
15.2.3.	Технологическая схема создания выработки-емкости ступенями снизу вверх без перемещения подвесных колонн.....	497
15.3.	Технология создания выработки-емкости ступенями по направлению сверху вниз	510
15.3.1.	Технологическая схема создания выработки-емкости ступенями сверху вниз без перемещения подвесных колонн.....	512
15.3.2.	Технологическая схема создания выработки-емкости ступенями сверху вниз с перемещением внешней подвесной колонны на каждой ступени	521

- 15.4. Комбинированная технология создания выработки-емкости.....532
- 15.5. Технология создания выработки-емкости без применения нерастворителя.....544
- 15.6. Вопросы для самостоятельной подготовки.....554

Глава 16. ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОДЗЕМНОГО РАСТВОРЕНИЯ КАМЕННОЙ СОЛИ И ФОРМИРОВАНИЯ ВЫРАБОТКИ-ЕМКОСТИ.....560

- 16.1. Экспериментальное исследование процесса массообмена на образцах каменной соли при наличии центробежных сил560
- 16.2. Результаты численного моделирования процесса массообмена в условиях вращения растворителя.....567
- 16.3. Экспериментальное моделирование процесса растворения каменной соли при принудительном вращении растворителя.....573
- 16.4. Струйные установки для интенсификации процесса создания выработок-емкостей576
- 16.5. Вопросы для самостоятельной подготовки.....579

Глава 17. ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА СКВАЖИН ПОДЗЕМНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ В ОТЛОЖЕНИЯХ КАМЕННОЙ СОЛИ.....581

- 17.1. Геотехнологические требования к скважинам.....582
- 17.2. Конструкция скважины.....582
- 17.3. Бурение технологических скважин.....584
- 17.4. Буровые растворы.....586
- 17.5. Крепление скважин588
- 17.6. Тампонажные материалы, тампонажные растворы и буферные жидкости.....590
- 17.7. Геофизические исследования скважин.....592
- 17.8. Испытание скважин на герметичность594
- 17.9. Обустройство скважин для создания выработки-емкости.601
- 17.10. Вопросы для самостоятельной подготовки.....602

Глава 18. КОМПЛЕКС РАБОТ ПО МОНИТОРИНГУ ЗОНЫ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ ПРИ ИХ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	605
18.1. Система мониторинга геологической среды при строительстве подземных хранилищ в каменной соли	606
18.1.1. Методы мониторинга геологической среды	607
18.1.2. Гидродинамический контроль геологической среды.....	608
18.1.3. Гидрохимический контроль геологической среды.....	608
18.1.4. Геодинамический контроль геологической среды.....	609
18.1.5. Геофизический контроль геологической среды...612	
18.2. Размещение наблюдательной сети пунктов контроля за геологической средой	612
18.3. Частота замеров основных параметров, характеризующих мониторинг геологической среды.....	616
18.4. Вопросы для самостоятельной подготовки.....	620

ЧАСТЬ 5. СООРУЖЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ ГАЗОВ И ЖИДКОСТЕЙ С НЕТРАДИЦИОННОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМОЙ ВЫРАБОТОК-ЕМКОСТЕЙ

621

Глава 19. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ ТОННЕЛЬНОГО ТИПА.....	623
19.1. Технология строительства односкважинных резервуаров	624
19.1.1. Технология строительства односкважинных резервуаров при неизменном положении центральной колонны.....	626
19.1.2. Технология строительства односкважинных резервуаров при периодическом перемещении центральной колонны.....	630
19.2. Технология строительства двухскважинных резервуаров.....	633

19.2.1.	Технология строительства резервуаров с вертикально-горизонтальной и вертикальной скважинами	633
19.2.2.	Технология строительства резервуаров с двумя вертикальными скважинами	638
19.3.	Вопросы для самостоятельной подготовки	655
Глава 20. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ ДВУХЪЯРУСНОГО ТИПА		
657		
20.1.	Массообмен через перфорированную стенку	661
20.2.	Методика расчета регламента создания подземных резервуаров двухъярусного типа.....	666
20.3.	Применение разработанной технологии при строительстве подземных резервуаров двухъярусного типа.....	669
20.4.	Интенсификация процесса создания подземных резервуаров двухъярусного типа.....	673
20.5.	Вопросы для самостоятельной подготовки	674
 ЧАСТЬ 6. СТРОИТЕЛЬСТВО ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ СООРУЖЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ ГАЗОВ И ЖИДКОСТЕЙ В КАМЕННОЙ СОЛИ		
677		
Глава 21. КОМПЛЕКС СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ВЫРАБОТОК-ЕМКОСТЕЙ ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ В КАМЕННОЙ СОЛИ		
679		
21.1.	Водорассольный комплекс	679
21.1.1.	Техническое водоснабжение	682
21.1.2.	Комплексе по подготовке рассола	686
21.1.3.	Удаление рассола с площадки строительства	688
21.2.	Технологический комплекс по обеспечению нерастворителем строительства выработок-емкостей	692
21.3.	Вопросы для самостоятельной подготовки	695
 Глава 22. РАССОЛОХРАНИЛИЩЕ		
698		
22.1.	Строительство наземных рассолохранилищ	698

22.2.	Строительство подземных рассолохранилищ.....	702
22.3.	Испытание рассолохранилищ на герметичность.....	704
22.3.1.	Испытание на герметичность наземного рассолохранилища.....	705
22.3.2.	Испытание на герметичность подземного рассолохранилища.....	712
22.4.	Вопросы для самостоятельной подготовки.....	712

ЧАСТЬ 7. ТЕХНОЛОГИЯ СООРУЖЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ ГАЗОВ И ЖИДКОСТЕЙ В ПОРОДАХ, НЕТРАДИЦИОННЫХ ДЛЯ ИХ СТРОИТЕЛЬСТВА.....715

Глава 23. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ В МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОДАХ717

23.1.	Технология строительства подземных резервуаров через буровые скважины в многолетнемерзлых породах.....	718
23.2.	Исследование процесса оттаивания мерзлых осадочных пород.....	726
23.3.	Моделирование процесса сооружения подземных выработок-емкостей в многолетнемерзлых породах.....	728
23.4.	Методика расчета основных параметров процесса создания подземных выработок-емкостей в многолетнемерзлых породах.....	732
23.5.	Реализация технологии строительства подземных резервуаров в многолетнемерзлых породах.....	738
23.6.	Вопросы для самостоятельной подготовки.....	743

Глава 24. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ В ОТЛОЖЕНИЯХ ПОДЗЕМНОГО ЛЬДА.....746

24.1.	Технология строительства подземных резервуаров.....	747
24.2.	Методика расчета основных параметров процесса строительства подземных выработок-емкостей в отложениях подземного льда.....	753
24.3.	Реализация строительства подземных резервуаров в отложениях льда.....	757
24.4.	Вопросы для самостоятельной подготовки.....	764

ОГЛАВЛЕНИЕ	15
ПРИЛОЖЕНИЯ	765
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПХГ В КАМЕННОЙ СОЛИ В ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАНАХ	767
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА СОЗДАНИЯ ВЫРАБОТКИ-ЕМКОСТИ В ОТЛОЖЕНИЯХ КАМЕННОЙ СОЛИ	775
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА СОЗДАНИЯ ВЫРАБОТКИ-ЕМКОСТИ В ОТЛОЖЕНИЯХ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД	822
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА СОЗДАНИЯ ВЫРАБОТКИ-ЕМКОСТИ В ОТЛОЖЕНИЯХ ЛЬДА	832
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. ТРЕХМЕРНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК-ЕМКОСТЕЙ, СОЗДАВАЕМЫХ В ОТЛОЖЕНИЯХ КАМЕННОЙ СОЛИ, НАХОДЯЩИХСЯ НА ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ИЛИ ОКОНЧАТЕЛЬНЫХ ЭТАПАХ ИХ СТРОИТЕЛЬСТВА	836
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	840