

УДК 551.34
ББК 26.361
Х20

Авторы:

Стьюарт А. Харрис

Географический факультет Университета Калгари, Альберта, Канада

Анатолий Брушков

Кафедра геоэкологии геологического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, Россия

Годун Чэн

*Научно-исследовательский институт проблем строительства
и окружающей среды холодных и сухих районов,
Китайская Академия Наук, Ланьчжоу, Китай*

Рецензенты:

*Мельников В. П. — академик РАН, профессор, доктор геолого-минералогических наук,
директор Института Криосферы Земли СО РАН,*

*Трофимов В. Т. — профессор, доктор геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой
инженерной и экологической геологии геологического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова*

Харрис, С. А.

Х20 Геоэкология. Характеристики и использование вечной мерзлоты. В 2 т.
Т. II / С. А. Харрис, А. В. Брушков, Г. Чэн ; под ред. А. В. Брушкова ; пер.
В. А. Сантаевой и А. В. Брушкова. — Москва ; Берлин : Директ-Медиа,
2020. — 362 с.

ISBN 978-5-4499-1576-4

Настоящая работа предназначена для того, чтобы быть обзором молодой науки геоэкологии, которая представляет собой исследование вечной мерзлоты, её характера, особенностей, процессов и распространения на Земле. Вечная мерзлота — результат особых климатических и геологических условий, в которых возникают мёрзлые горные породы и подземный лёд. Она оказывает огромное влияние на деятельность человека в холодных районах и окружающую среду в Арктике. Здесь встречается уникальная группа ландшафтных явлений и мерзлотных процессов, описанных в книге, которых нет в других местах. Человечество извлекает все больше ресурсов из этих регионов, и требуется знание геоэкологии, чтобы проводить здесь инженерные изыскания, проектирование, строительство и успешно реализовать экономические проекты. Эта книга написана тремя специалистами, представляющими три страны с обширными областями вечной мерзлоты. Вместе авторы имеют более 120-летний опыт исследований и участия в проектах на вечной мерзлоте во всем мире, и в этой работе они попытались обобщить свои знания. Книга предназначена для студентов геологических, географических, инженерных специальностей, ученых и инженеров, работающих в области распространения вечной мерзлоты.

УДК 551.34
ББК 26.361

ISBN 978-5-4499-1576-4

© Харрис С. А., Брушков А. В., Чэн Г., текст, 2020
© Издательство «Директ-Медиа», оформление, 2020

Оглавление

ЧАСТЬ III. ОСВОЕНИЕ КРИОЛИТОЗОНЫ.....	7
ВВЕДЕНИЕ	7
ГЛАВА 12. МЕХАНИКА МЁРЗЛЫХ ГРУНТОВ.....	10
12.1. ВВЕДЕНИЕ	10
12.2. НАПРЯЖЕНИЯ РАСТЯЖЕНИЯ И СЖАТИЯ В ПРОМЕРЗАЮЩИХ И ОТТАИВАЮЩИХ ГРУНТАХ, ПРИВОДЯЩИЕ К МОРОЗНОМУ ПУЧЕНИЮ	11
12.3. РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ	19
12.4. ПУЧИНИСТОСТЬ	28
ГЛАВА 13. ФУНДАМЕНТЫ В КРИОЛИТОЗОНЕ: НАДЁЖНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.....	32
13.1. ВВЕДЕНИЕ	32
13.2. ВОЗДЕЙСТВИЕ КОНСТРУКЦИЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ МНОГОЛЕТНЕМЁРЗЛЫХ ГРУНТОВ.....	35
13.3. ВЫБОР ПРИНЦИПА СТРОИТЕЛЬСТВА	37
13.4. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	38
13.5. ВРЕМЯ СТРОИТЕЛЬСТВА.....	40
13.6. ТИПЫ ФУНДАМЕНТОВ.....	41
13.6.1. Грунтовые насыпи	41
13.6.2. Плиты	42
13.6.3. Фундамент из балок	43
13.6.4. Столбчатый фундамент	43
13.6.5. Сваи.....	45
13.6.6. Термосифоны	51
13.6.7. Искусственное охлаждение	58
13.6.8. Вентиляционные каналы	58
13.6.9. Угол наклона боковых частей насыпи.....	60
13.6.10. Уборка снега	61
13.6.11. Температурная сдвигка.....	61
13.6.11.1. Затенение.....	66
13.6.12. Теплоизоляция	68
13.6.13. Использование геотекстиля и водонепроницаемого пластика	69

ГЛАВА 14. АВТОМОБИЛЬНЫЕ И ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ, АЭРОДРОМЫ	71
14.1. ВВЕДЕНИЕ	71
14.2. ПРОБЛЕМЫ ДОРОГ	71
14.3. ТИПЫ ДОРОГ	72
14.4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ НАСЫПИ	74
14.5. ЗИМНИЕ ДОРОГИ	75
14.6. ВЛИЯНИЕ ЗИМНИХ ДОРОГ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	77
14.7. ВЫСОТА НАСЫПИ	78
14.8. ГРУНТОВЫЕ НАСЫПИ ДОРОГ	80
14.9. ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОСТИ НАСЫПЕЙ	89
14.10. БЕТОННЫЕ И БАЛЛАСТНЫЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ПУТИ	96
14.11. ПОКРЫТИЕ ДОРОГ И АЭРОДРОМОВ	98
14.12. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕЛОЙ ОКРАСКИ	101
14.13. МОСТЫ	101
14.14. НАЛЕДИ	105
14.15. ПОДРЕЗАННЫЕ СКЛОНЫ	109
14.16. СТРОИТЕЛЬСТВО АЭРОДРОМОВ	110
ГЛАВА 15. НЕФТЕГАЗОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ	114
15.1. ВВЕДЕНИЕ	114
15.2. РАЗВЕДКА НЕФТИ И ГАЗА	115
15.3. БУРОВЫЕ УСТАНОВКИ	116
15.4. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СКВАЖИНЫ	118
15.5. ПРОБЛЕМА ОТСТОЙНИКОВ	119
15.6. ТРУБОПРОВОДЫ	121
15.6.1. Подземный тип	121
15.6.2. Трубопроводы на свайных фундаментах	131
15.6.2.1. Особенности конструкции	132
15.6.2.3. Методика строительства	135
15.6.2.4. Отказы в подземной части	135
15.7. МОНИТОРИНГ	136
15.8. КОМПРЕССОРНЫЕ СТАНЦИИ	137
15.9. ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ	139
15.10. ВЛИЯНИЕ АДВЕКТИВНОГО ПЕРЕНОСА ТЕПЛА ОТ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СКВАЖИН	141
15.11. ГАЗОВЫЕ ГИДРАТЫ В КРИОЛИТОЗОНЕ	142
ГЛАВА 16. ГОРНОЕ ДЕЛО В РАЙОНАХ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ	147
16.1. ВВЕДЕНИЕ	147

16.2. РОССЫПНАЯ ДОБЫЧА	147
16.3. ОТКРЫТАЯ ДОБЫЧА	151
16.3.1. Разведочные работы	152
16.3.2. Извлечение руды	153
16.4. ПОДЗЕМНАЯ ДОБЫЧА	158
16.4.1. Транспорт руды в шахте	160
16.4.2. Вспомогательные объекты	161
16.5. ОТХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ХВОСТОХРАНИЛИЩА	162
16.5.1. Токсичные отходы	165
ГЛАВА 17. КОММУНАЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО	169
17.1. ВВЕДЕНИЕ	169
17.2. ВОДОСНАБЖЕНИЕ	169
17.2.1. Источники воды	170
17.2.2. Плотины на вечной мерзлоте	173
17.2.3. Хранение воды	176
17.2.4. Очистка воды	177
17.2.5. Потребность в воде	179
17.2.6. Методы транспортировки воды	181
17.3. УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ	184
17.3.1. Очистка и утилизация сточных вод	184
17.3.1.1. Неразбавленные сточные воды	184
17.3.1.2. Умеренно разбавленные отходы	185
17.3.1.3. Сточные воды обычной концентрации	185
17.3.1.4. Сильно разбавленные сточные воды	186
17.3.2. Утилизация твердых отходов	186
17.4. ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ	188
17.4.1. Проблемы фундаментов линий передач в зоне вечной мерзлоты ...	188
17.4.2. Типы фундаментов опор	190
ГЛАВА 18. СЕЛЬСКОЕ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО	194
18.1. ВВЕДЕНИЕ	194
18.2. ЗОНАЛЬНОСТЬ РАСТИТЕЛЬНОСТИ СИБИРИ	198
18.3. ЗОНАЛЬНОСТЬ РАСТИТЕЛЬНОСТИ СЕВЕРНОЙ АМЕРИКИ	200
18.4. ЮЖНЫЙ И ВОСТОЧНЫЙ КАЗАХСТАН, МОНГОЛИЯ И ПЛАТО ЦИНХАЙ-ТИБЕТ	202
18.5. ЗОНЫ ЭЙХФЕЛЬДА	203
18.5.1. Зона Эйхфельда I	206
18.5.2. Зона Эйхфельда II	206

18.5.3. Зона Эйхфельда III.....	206
18.5.3.1. Северная Тайга.....	206
18.6. АЗИАТСКИЕ ТРАВЯНИСТЫЕ СТЕПИ И ПУСТЫНИ.....	209
18.7. РАЗВИТИЕ СОВРЕМЕННОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В КРИОЛИТОЗОНЕ	212
18.8. ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО	213
18.9. ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА	214
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	217
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	360