

А.Б.Алхасов

Возобновляемые источники энергии



А.Б.Алхасов

Возобновляемые источники энергии

Второе издание, стереотипное

Допущено Учебно-методическим объединением
вузов России по образованию в области энергетики
и электротехники в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальности 140202 —
«Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии»
направления подготовки 140200 — «Электроэнергетика»



Москва
Издательский дом МЭИ
2022

УДК 620.92(075.8)
ББК 31я73
А 541

Рецензенты:

директор Прикаспийского института биологических ресурсов ДНЦ РАН,
член-корреспондент РАН, профессор **М.-Р. Д. Магомедов**;
доктор техн. наук, профессор Национального исследовательского университета
«МЭИ» **М. Г. Тягунов**;
заведующий кафедрой гидротехнических сооружений
Дагестанского государственного технического университета,
доктор техн. наук, профессор **И. А.-Г. Сулейманов**

Алхасов А.Б.

А 541 **Возобновляемые источники энергии: учебное пособие /**
А.Б. Алхасов. — 2-е изд., стер. — М.: Издательский дом МЭИ,
2022. — 272 с.: ил.

ISBN 978-5-383-01518-6

Рассмотрены современное состояние и перспективы использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), их энергетические, экономические и экологические характеристики. Приведены технологические схемы энергетических установок, принципы их работы и основы тепловых и гидродинамических расчетов.

Первое издание учебного пособия выпущено в Издательском доме МЭИ в 2011 году.

Для студентов вузов, обучающихся по специальности 140202 — «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» направления подготовки 140200 — «Электроэнергетика».

УДК 620.92(075.8)
ББК 31я73

ISBN 978-5-383-01518-6

© Алхасов А.Б., 2022
© АО «Издательский дом МЭИ», 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	6
Глава первая. Геотермальная энергия	9
1.1. Источники тепла в недрах Земли и закономерности его передачи. . .	9
1.1.1. Источники тепла	9
1.1.2. Термические свойства горных пород	10
1.1.3. Виды теплопередачи. Геотермический градиент.	13
1.2. Ресурсы геотермальной энергии	16
1.2.1. Виды ресурсов и запасов геотермальной энергии.	16
1.2.2. Методы оценки ресурсов геотермальной энергии.	22
1.2.3. Теплоэнергетический потенциал ресурсов термальных вод	29
1.2.4. Категории эксплуатационных запасов	31
1.2.5. Факторы, влияющие на дебит геотермальной скважины	32
1.3. Характеристика подземной гидросферы	37
1.3.1. Происхождение подземных вод	37
1.3.2. Условия залегания термальных подземных вод	39
1.3.3. Зональность подземных вод	40
1.3.4. Теплоэнергетические воды	41
1.3.5. Месторождения теплоэнергетических вод	44
1.4. Физико-химические свойства подземных вод	46
1.4.1. Физические свойства подземных вод.	46
1.4.2. Химический состав подземных вод	48
1.4.3. Формирование химического состава подземных вод	50
1.4.4. Формы выражения химического состава вод	52
1.4.5. Классификация вод по химическому составу	53
1.4.6. Классификация термальных вод по газовому составу	54
1.5. Ресурсы термальных вод	56
1.5.1. Предкавказский артезианский бассейн	56
1.5.2. Западно-Сибирский артезианский бассейн	60
1.5.3. Камчатская и Курильская системы современного вулканизма	62
1.6. Технологии добычи и использования геотермальной энергии	63
1.6.1. Состояние и перспективы развития геотермальной энергетики.	63
1.6.2. Принципиальные схемы геотермального теплоснабжения . . .	71
1.6.3. Комплексные геотермальные системы теплоснабжения	78
1.6.4. Коррозия и солеотложение в геотермальных системах.	84
1.6.5. Теплообменные аппараты	93
1.6.6. Геотермальная скважина	98
1.6.7. Горизонтальная скважина	101

1.6.8. Геотермальная циркуляционная система	102
1.6.9. Геотермальные циркуляционные системы с теплообменными сепараторами в скважинах	105
1.6.10. Извлечение петрогеотермальной энергии	107
1.6.11. Геотермальные циркуляционные системы с наклонно направленными скважинами	110
1.7. Использование геотермальной энергии для выработки электроэнергии	112
1.7.1. Развитие геотермальной электроэнергетики	112
1.7.2. Технологические схемы геотермальных электростанций.	116
Контрольные вопросы.	124
Глава вторая. Теплонасосные системы теплоснабжения	126
2.1. Тепловые насосы	126
2.2. Теплонасосные системы теплоснабжения с низкопотенциальными термальными водами	131
2.3. Системы теплонасосного теплоснабжения с грунтовыми теплообменниками в вертикальных скважинах	137
2.4. Эколого-экономические аспекты использования тепловых насосов	143
Контрольные вопросы.	145
Глава третья. Солнечная энергия	146
3.1. Системы солнечного теплоснабжения	146
3.1.1. Классификация и основные элементы гелиосистем	147
3.1.2. Концентрирующие гелиоприемники	152
3.1.3. Плоские солнечные коллекторы	153
3.1.4. Использование солнечных систем теплоснабжения	158
3.1.5. Эффективное использование солнечной энергии	163
3.1.6. Экономические характеристики солнечных коллекторов.	164
3.2. Солнечные электростанции	166
3.2.1. Солнечные электростанции с центральным приемником.	166
3.2.2. Солнечные фотоэлектрические преобразователи	168
3.3. Солнечно-водородная энергетика	172
3.3.1. Солнечно-водородное производство	172
3.3.2. Хранение и использование водорода	177
3.3.3. Топливные элементы	180
3.3.4. Автономные водородные энергоустановки	182
3.3.5. Повышение эффективности и безопасности водородных систем	184
3.3.6. Состояние и проблемы развития водородной энергетики	186
Контрольные вопросы.	189
Глава четвертая. Ветровая энергия	190
4.1. Развитие ветроэнергетики в мире	190
4.2. Ветроэнергетические установки	194
4.3. Ветроэнергетический кадастр.	201
Контрольные вопросы.	205

Глава пятая. Малая гидроэнергетика	206
5.1. Достоинства и недостатки малой гидроэнергетики	206
5.2. Гидроэнергетический потенциал России и его использование	207
5.3. Создание напора и основное оборудование ГЭС	211
5.4. Энергия и мощность ГЭС	216
5.5. Гидроаккумулирующие электростанции	217
Контрольные вопросы	218
Глава шестая. Энергия биомассы	219
6.1. Общие сведения	219
6.2. Современные биоэнергетические технологии	222
6.3. Биохимическая переработка органических отходов	223
6.4. Использование биомассы в России	225
6.5. Автономные теплоэлектростанции на пиролизном топливе	231
Контрольные вопросы	233
Глава седьмая. Использование энергии океана	234
7.1. Океанические тепловые электрические станции	234
7.2. Приливные электростанции	237
7.3. Энергия течений и волн	240
Контрольные вопросы	243
Глава восьмая. Экологические аспекты использования возобновляемых источников энергии	244
8.1. Геотермальная энергетика	244
8.2. Солнечные энергетические установки	248
8.3. Ветроэнергетические установки	250
8.4. Малая гидроэнергетика	253
8.5. Энергия биомассы	254
8.6. Энергия океана	255
Контрольные вопросы	256
Заключение	257
Список литературы	259
Приложение	268