# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение . . . . . 6

Глава 1. **Геотермальная энергия**. . . . . 9

1.1. Источники тепла в недрах Земли и закономерности его передачи 9
1.1.1. Источники тепла (9). 1.1.2. Тепловые свойства горных пород (10). 1.1.3. Виды теплопередачи. Геотермический градиент (12).

1.2. Ресурсы геотермальной энергии . . . . . 15
1.2.1. Виды ресурсов и запасов геотермальной энергии (15). 1.2.2. Методы оценки ресурсов геотермальной энергии (20). 1.2.3. Теплоэнергетический потенциал ресурсов термальных вод (26). 1.2.4. Категории эксплуатационных запасов (28). 1.2.5. Факторы, влияющие на дебит геотермальной скважины (29).

1.3. Характеристика подземной гидросферы . . . . . 33
1.3.1. Происхождение подземных вод (33). 1.3.2. Условия залегания термальных подземных вод (35). 1.3.3. Зональность подземных вод (37). 1.3.4. Теплоэнергетические воды (38). 1.3.5. Месторождения теплоэнергетических вод (40).

1.4. Физико-химические свойства подземных вод . . . . . 42
1.4.1. Физические свойства подземных вод (42). 1.4.2. Химический состав подземных вод (44). 1.4.3. Формирование химического состава подземных вод (46). 1.4.4. Формы выражения химического состава вод (48). 1.4.5. Классификация вод по химическому составу (48). 1.4.6. Классификация термальных вод по газовому составу (49).

1.5. Ресурсы термальных вод по перспективным районам России . . . . . 51
1.5.1. Предкавказский артезианский бассейн (52). 1.5.2. Западно-Сибирский артезианский бассейн (55). 1.5.3. Камчатская и Курильская системы современного вулканизма (57).

1.6. Технологии добычи и использования геотермальной энергии . . . . . 58
1.6.1. Состояние и перспективы развития геотермальной энергетики (58). 1.6.2. Принципиальные схемы геотермального теплоснабжения (66). 1.6.3. Комплексные геотермальные системы теплоснабжения (73). 1.6.4. Коррозия и солеотложение в геотермальных системах (78). 1.6.5. Геотермальная скважина (87). 1.6.6. Горизонтальная скважина (89). 1.6.7. Геотермальная циркуляционная система (ГЦС) (92). 1.6.8. ГЦС с внутрискважинными теплообменниками (94). 1.6.9. Извлечение петрогеотермальной

энергии (96). 1.6.10. ГЦС с наклонно направленными скважинами (99).

1.7. Использование геотермальной энергии для выработки электроэнергии . . . . . 101
1.7.1. Развитие геотермальной электроэнергетики (101). 1.7.2. Технологические схемы ГеоЭС (105).

1.8. Геотермальные теплонасосные системы теплоснабжения . . . . . 113
1.8.1. Тепловые насосы (113). 1.8.2. Теплонасосные системы теплоснабжения с низкопотенциальными термальными водами (118). 1.8.3. Теплонасосные системы теплоснабжения (ТСТ) с грунтовыми теплообменниками в вертикальных скважинах (124). 1.8.4. Эколого-экономические аспекты использования тепловых насосов (130).

Глава 2. **Солнечная энергия** . . . . . 133

2.1. Системы солнечного теплоснабжения . . . . . 134
2.1.1. Классификация и основные элементы гелиосистем (134). 2.1.2. Концентрирующие гелиоприемники (140). 2.1.3. Плоские солнечные коллекторы (141). 2.1.4. Масштабы использования солнечных систем теплоснабжения (145). 2.1.5. Эффективное использование солнечной энергии (149). 2.1.6. Экономические характеристики солнечных коллекторов (150). 2.1.7. Солнечно-геотермальная система теплоснабжения (152).

2.2. Солнечные электростанции . . . . . 154
2.2.1. Солнечные электростанции с центральным приемником (154). 2.2.2. Солнечные фотоэлектрические преобразователи (156).

2.3. Солнечно-водородная энергетика . . . . . 160
2.3.1. Солнечно-водородное производство (162). 2.3.2. Хранение и использование водорода (166). 2.3.3. Топливные элементы (167). 2.3.4. Автономные водородные энергоустановки (171). 2.3.5. Повышение эффективности и безопасности водородных систем (172). 2.3.6. Состояние и проблемы развития водородной энергетики (174).

Глава 3. **Ветровая энергия** . . . . . 179

3.1. Развитие ветроэнергетики в мире . . . . . 179

3.2. Ветроэнергетические установки . . . . . 183

3.3. Ветроэнергетический кадастр . . . . . 190

Глава 4. **Малая гидроэнергетика** . . . . . 194

4.1. Достоинства и недостатки малой гидроэнергетики . . . . . 194

4.2. Гидроэнергетический потенциал России и его использование . . . . 195

4.3. Создание напора и основное оборудование ГЭС . . . . . 199

4.4. Энергия и мощность ГЭС . . . . . 204

4.5. Гидроаккумулирующие электростанции . . . . . 205

Глава 5. **Энергия биомассы** . . . . . 207
5.1. Современные биоэнергетические технологии. . . . . 210
5.2. Биохимическая переработка органических отходов . . . . . 211
5.3. Использование биомассы в России . . . . . 213
5.4. Автономные теплоэлектростанции на пиролизном топливе . . . . . 221

Глава 6. **Использование энергии океана** . . . . . 223
6.1. Океанические тепловые электрические станции (ОТЭС) . . . . . 223
6.2. Приливные электростанции . . . . . 227
6.3. Энергия течений и волн . . . . . 229

Глава 7. **Экологические аспекты использования возобновляемых источников энергии** . . . . . 233
7.1. Геотермальная энергетика . . . . . 233
7.2. Солнечные энергетические установки . . . . . 237
7.3. Ветроэнергетические установки . . . . . 239
7.4. Малая гидроэнергетика . . . . . 242
7.5. Энергия биомассы . . . . . 243
7.6. Энергия океана . . . . . 244

Заключение . . . . . 246

Список литературы . . . . . 248