

Оглавление

Введение	7
Часть 1. ОСНОВЫ ГЕОТЕРМОФЛЮИДОМЕХАНИКИ	15
<i>Глава 1</i>	
<i>Введение в многофазную многокомпонентную неизотермическую фильтрацию в трещинно-пористой среде</i>	<i>16</i>
1.1. Краткие сведения из теории однофазной изотермической геофильтрации	16
1.2. Управляющие уравнения неизотермической многофазной геофильтрации	19
1.3. Управляющие уравнения химического взаимодействия вода – порода (TOUGHREACT)	21
<i>Глава 2</i>	
<i>Принципы и технологии численного TOUGH2-моделирования</i>	<i>22</i>
2.1. Интегро-конечно-разностная аппроксимация управляющих уравнений ...	22
2.2. Модули состояния флюидов EOS	24
2.3. Определение граничных условий, источников и стоков	32
2.4. Начальные условия	35
2.5. Определение на модели фильтрационно-емкостных свойств	36
2.6. Инверсионное iTOUGH2-моделирование	38
<i>Глава 3</i>	
<i>Моделирование многофазной неизотермической геофильтрации с использованием программы PetraSim</i>	<i>43</i>
3.1. Алгоритм сборки численной модели, тестовые задачи	43
3.2. Определение геометрии модели и генерация вычислительных сеток	45
3.3. Краткий обзор тестовых задач для программы TOUGH2	46
<i>Глава 4</i>	
<i>Основы гидрогеомеханики</i>	<i>54</i>
4.1. Поле тектонических напряжений (стрессов), поровое давление и эффективное напряжение (стресс)	54
4.2. Тензор напряжений (стрессов) и его преобразование при вращении координат	61
4.3. Теория фрикционного равновесия и оценка геомеханического состояния	64
4.4. Активные (продуктивные) разломы, Frac-Digger. Гидромеханическое моделирование, CFRAC	66

Часть 2 ПРИЛОЖЕНИЯ ГЕОТЕРМОФЛЮИДОМЕХАНИКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ, ВУЛКАНИЧЕСКИХ И УГЛЕВОДОРОДНЫХ СИСТЕМ ... 79

Глава 5

Условия формирования и эксплуатации Мутновского геотермального месторождения 80

5.1. Мутновский геотермальный район как полигон для решения фундаментальной задачи геотермальной вулканологии и развития геотермальной энергетики 80

5.2. Геологическая стратификация и продуктивные зоны, магматическая активность и распределение температуры 83

5.3. Условия водного питания/разгрузки продуктивного резервуара по газогидрохимическим и изотопным данным 89

5.4. Характеристики Мутновского продуктивного резервуара, полученные с использованием TOUGH2-моделирования 94

5.5. Концептуальное 2D-термогидродинамическое моделирование Мутновского вулкана и прилегающей гидротермальной системы 100

5.6. Мутновский вулкан — инжектор воды и магмы, возможности расширения ГеоЭС 108

 Приложение 5-А. **Таблицы химического и изотопного состава флюидов** 109

 Приложение 5-Б. **Фотографии** 118

Глава 6

Механизм функционирования гейзеров 121

6.1. Где находятся гейзеры и почему они работают 121

6.2. Гидрогеологические условия и обвально-оползневые явления в Узон-Гейзерной кальдере 126

6.3. Цикличность гейзеров и гидрогеологические наблюдения в 2007–2019 гг. 133

6.4. TOUGH2-моделирование функционирования гейзера Великан 145

6.5. Обсуждение роли CO₂ в истории гейзера Великан 155

6.6. Гейзеры в окружении Подпрудных озер и в ожидании притока магматического CO₂ 157

 Приложение 6-А. **Локальные координаты гейзеров, таблицы химического и изотопного состава флюидов** 158

 Приложение 6-Б. **Фотографии** 164

Глава 7

Условия формирования нефтяных и водно-метановых залежей в вулканогенных и магматогенных резервуарах 169

7.1. Моделирование условий формирования Рогожниковского нефтяного вулканогенного резервуара (Западная Сибирь) 169

7.2. Моделирование условий формирования нефтяной залежи в гранитном массиве (Белый Тигр, Вьетнам) 187

7.3. Водно-метановые резервуары вулканогенных бассейнов 201

Глава 8

<i>Условия формирования углекислых CO₂-резервуаров в Корякско-Авачинском вулканогенном бассейне</i>	211
8.1. Может ли Авачинский вулкан помочь геотермальной энергетике?	211
8.2. Кракий обзор изученности питающих магматических систем вулканов... ..	214
8.3. Структурно-гидрогеологические условия и магматическая активность	217
8.4. Условия водного питания и разгрузки Корякско-Авачинского вулканогенного бассейна по газогидрохимическим и изотопным данным	230
8.5. Концептуальное термогидродинамическое моделирование формирования гидротермальной системы под Корякским вулканом	238
8.6. Термо-газо-гидрохимическая чувствительность термоминеральных источников на вулканическую активность и землетрясения	246
8.7. Гидродинамическое 3D-моделирование Корякско-Авачинского вулканогенного бассейна в целом	250
8.8. Тепловой и массовый баланс Корякского вулкана	253
8.9. Высокотемпературная гидротермальная система в северном секторе Корякского вулкана	254
Приложение 8-А. Фотографии	257

Глава 9

<i>Условия формирования и эксплуатации Паратунского геотермального месторождения</i>	261
9.1. Низкотемпературные геотермальные месторождения и прямое использование геотермальной энергии	261
9.2. Гидрогеологическая стратификация	264
9.3. 3D-Анализ распределения продуктивности в геотермальном резервуаре	265
9.4. 3D-Анализ распределения температуры и давления в геотермальном резервуаре	269
9.5. Условия водного питания продуктивного резервуара по газогидрохимическим и изотопным данным (δD , $\delta^{18}O$)	272
9.6. Термогидродинамическое химическое моделирование (TOUGH2-EOS1+tracer)	279
9.7. Структура термопроницаемости и условия водного питания/разгрузки, возможности использования Паратунского геотермального месторождения в режиме насосной эксплуатации	292
Приложение 9-А. Таблицы химического и изотопного состава флюидов	295

Глава 10

<i>Магматический фразинг в Йеллоустонской магмо-гидротермальной системе (США)</i>	298
10.1. Йеллоустонская магмо-гидротермальная система (Fournier, Pitt, 1985)... ..	298
10.2. Основные результаты изучения Йеллоустонской магмо-гидротермальной системы по состоянию на 2018 г. https://volcanoes.usgs.gov/volcanoes/yellowstone/monitoring_map.html	300
10.3. Йеллоустонская магмо-гидротермальная система как аналог разработки сланцевой нефти и газа	305

Глава 11

<i>Магматический фрактинг в Северной группе вулканов и моделирование глубинной гидротермальной циркуляции</i>	309
11.1. Вулканы без гидротермальных разгрузок	309
11.2. Анализ магматической деятельности перед извержением вулкана Плоский Толбачик в 2012 г.	310
11.3. Магматическая деятельность в районе Северной группы вулканов в 2000–2017 гг., по данным локальной сейсмичности	318
11.4. Геомеханические условия под вулканами Ключевской, Безымянный, Толбачик и Шивелуч	325
11.5. TOUGH2-моделирование глубинной гидротермальной циркуляции	326
11.6. Являются ли магматические очаги стационарными?	332
11.7. Подготовка резервуаров для заполнения геотермальными флюидами ...	333
Приложение 11-А. Фотографии	335

Глава 12

<i>Условия формирования и эксплуатации среднетемпературных геотермальных резервуаров</i>	337
12.1. Условия формирования и эксплуатации Паужетского геотермального месторождения	337
12.2. Моделирование условий формирования техногенных термоаномалий	370
12.3. Термогидродинамическое химическое моделирование условий формирования гейзеров в риолитовых туфах	380

Глава 13

<i>Геомеханическая интерпретация региональной сейсмичности на Камчатке и прилегающем Восточном шельфе</i>	387
---	-----

Глава 14

<i>Гидромеханическое моделирование магматического фрактинга</i>	394
14.1. Анализ магматической активности под Мутновским вулканом с использованием гидромеханического CFRAC-моделирования	394
14.2. Анализ магматической активности под Корякским вулканом с использованием гидромеханического CFRAC-моделирования	402
14.3. Сопоставление ориентации плоско-ориентированных кластеров и механизмов землетрясений	405
Заключение	408
Библиографический список	416