

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ .....                                                                                           | 10 |
| Часть 1. ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ<br>НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ .....               | 14 |
| Глава 1. Нефтегазоносный осадочный бассейн как геологическая<br>структура .....                          | 14 |
| 1.1. Осадочные нефтегазоносные бассейны и проблемы их классификации .....                                | 14 |
| 1.2. Осадочные бассейны этапа континентального рифтогенеза .....                                         | 15 |
| 1.3. Осадочные бассейны пассивных окраин .....                                                           | 20 |
| 1.4. Бассейны стадии субдукции .....                                                                     | 25 |
| 1.5. Бассейны предорогеной, раннеорогеной и посторогеной стадий<br>эволюции литосферы .....              | 26 |
| 1.6. Многоэтапность истории развития осадочных бассейнов .....                                           | 29 |
| Глава 2. Утонение коры – важный механизм погружения осадочных<br>бассейнов .....                         | 30 |
| 2.1. Растяжение литосферы как причина погружения рифтогенных осадочных<br>бассейнов .....                | 30 |
| 2.2. Фазовые переходы пород нижней коры – возможный фактор погружения<br>бассейна .....                  | 33 |
| 2.3. Термо-механические аспекты формирования рифтогенных бассейнов .....                                 | 40 |
| Часть 2. СИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ БАССЕЙНОВ: АЛГОРИТМЫ И<br>АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ .....                          | 49 |
| Глава 3. Общая схема моделирования бассейнов .....                                                       | 49 |
| 3.1. Процессы, определяющие формирование и эволюцию нефтегазоносных<br>осадочных бассейнов .....         | 49 |
| 3.2. Основные компоненты систем моделирования бассейнов .....                                            | 52 |
| Глава 4. Реконструкция истории погружения осадочного бассейна .....                                      | 58 |
| 4.1. Уплотнение и пористость осадочных пород .....                                                       | 59 |
| 4.2. Проницаемость осадочных пород и её связь с пористостью .....                                        | 67 |
| 4.3. Механизмы генерации аномальных высоких поровых давлений (АВПД) .....                                | 71 |
| Глава 5. Реконструкция термической истории осадочного покрова<br>и подстилающей литосферы бассейна ..... | 77 |

|                                                                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1. Уравнение теплопроводности .....                                                                        | 77  |
| 5.2. Конвективный фактор теплопроводности .....                                                              | 78  |
| 5.3. Термофизические параметры осадочных пород .....                                                         | 82  |
| 5.4. Генерация тепла в осадочных породах .....                                                               | 87  |
| 5.5. Термофизические параметры пород фундамента .....                                                        | 89  |
| 5.6. Скрытая теплота плавления пород коры и фундамента .....                                                 | 93  |
| 5.7. Граничные условия .....                                                                                 | 94  |
| 5.8. Формирование начального распределения температур в литосфере .....                                      | 98  |
| 5.9. Разностная схема решения уравнения теплопроводности .....                                               | 100 |
| 5.10. Номограммные «экспресс-методы» оценки возмущений теплового<br>потока в процессе осадконакопления ..... | 105 |

## **Глава 6. Тектоническое погружение, растяжение и термическая активизация литосферы бассейна .....**

|                                                                                                                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.1. Вариации тектонического погружения фундамента, вызванные<br>изменением поверхностной нагрузки .....                                                                                               | 114 |
| 6.2. Эвстатические колебания уровня моря .....                                                                                                                                                         | 115 |
| 6.3. Вариации плотности пород литосферы бассейна с глубиной .....                                                                                                                                      | 118 |
| 6.4. Вариации тектонического погружения, вызванные изменением в<br>распределении плотностей пород фундамента .....                                                                                     | 120 |
| 6.5. Оценки продолжительности и амплитуд тепловых и тектонических<br>активизаций бассейнов из анализа тектонических кривых .....                                                                       | 121 |
| 6.6. Изменение прочности пород литосферы осадочного бассейна с глубиной .....                                                                                                                          | 124 |
| 6.7. Эффективно-упругая толщина литосферы .....                                                                                                                                                        | 138 |
| 6.8. Отклик литосферы на поверхностную нагрузку и изменения в глубинном<br>распределении плотностей фундамента: проблемы анализа тектонического<br>погружения бассейна и рельефа его поверхности ..... | 143 |

## **Глава 7. Роль температуры и времени в созревании органического вещества осадков .....**

|                                                                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.1. Методы контроля палеотемпературных условий .....                                                                                                                  | 147 |
| 7.2. Отражательная способность витринита и степень катагенеза ОВ .....                                                                                                 | 148 |
| 7.3. Использование измерений %Ro и других методов для оценки<br>максимальных температур пород в истории погружения бассейна .....                                      | 151 |
| 7.4. Определение максимальной температуры породы и времени её достижения<br>по распределению следов распада в апатите и анализу отношений<br>(U-Th)/He в апатите ..... | 157 |
| 7.5. Методы численной оценки отражательной способности витринита .....                                                                                                 | 163 |
| 7.6. Дополнительные методы оценки зрелости органического вещества<br>в бассейнах .....                                                                                 | 172 |
| 7.7. Оценка степени зрелости ОВ по относительному содержанию<br>сметтит/иллит в глинистых породах .....                                                                | 175 |

## **Глава 8. Моделирование истории реализации углеводородного потенциала породами нефтематеринских свит бассейна .....**

|                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------|-----|
| 8.1. Расчет объема и скоростей генерации углеводородов ..... | 184 |
|--------------------------------------------------------------|-----|

|                                                                                                                                                             |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 8.2. Кинетические спектры стандартных типов керогена и анализ выхода отдельных фракций углеводородов .....                                                  | 194        |
| 8.3. Восстановление спектра кинетических реакций по данным открытого пиролиза.....                                                                          | 209        |
| <b>Глава 9. Первичная и вторичная миграция нефти .....</b>                                                                                                  | <b>217</b> |
| 9.1. Модели первичной миграции УВ в материнских породах.....                                                                                                | 217        |
| 9.2. Моделирование вторичной миграции и аккумуляции УВ в масштабе бассейна .....                                                                            | 226        |
| 9.3. Упрощённая интегральная оценка потоков первичной и вторичной миграции УВ и доли заполнения ловушек.....                                                | 230        |
| 9.4. Термодинамические модели равновесия углеводородных фаз .....                                                                                           | 235        |
| <b>ЧАСТЬ 3. АНАЛИЗ СПЕЦИФИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ БАССЕЙНОВ .....</b>                                                                                  | <b>237</b> |
| <b>Глава 10. Термический режим бассейнов при резких колебаниях климата в плиоцен-голоценовое время и формирование скоплений газогидратов.....</b>           | <b>237</b> |
| 10.1. Учет плиоцен–голоценовых вариаций климата в процедуре моделирования бассейнов .....                                                                   | 237        |
| 10.2. Методика численного решения проблемы.....                                                                                                             | 240        |
| 10.3. Особенности моделирования и характерные черты эволюции криолитозон.....                                                                               | 248        |
| 10.4. Влияние резких колебаний климата на современное распределение температуры и теплового потока с глубиной.....                                          | 251        |
| 10.5. Природные газовые гидраты в осадочных бассейнах мира .....                                                                                            | 253        |
| <b>Глава 11. Термическая эволюция и созревание органического вещества осадков под влиянием тепла интрузий.....</b>                                          | <b>268</b> |
| 11.1. Область температурного воздействия интрузивных тел и формирование ореола зрелости по геологическим данным .....                                       | 269        |
| 11.2. Модель мгновенного вмещения интрузии .....                                                                                                            | 272        |
| 11.3. Модель с конечным временем формирования интрузии.....                                                                                                 | 274        |
| 11.4. Примеры моделирования теплового воздействия интрузий из других районов мира.....                                                                      | 279        |
| 11.5. Сравнение вкладов интрузивно-гидротермальной деятельности и эрозии в формирование глубинного профиля катагенеза осадочных пород бассейна .....        | 284        |
| <b>ЧАСТЬ 4. ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ К АНАЛИЗУ ТЕРМИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ ЛИТОСФЕРЫ И НЕФТЕГАЗОГЕНЕРАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ .....</b> | <b>298</b> |

|                                                                                                                                                  |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Глава 12. Тепловой режим, условия созревания ОВ и генерации УВ на рифтовой и пострифтовой стадиях развития континентальных бассейнов.....</b> | <b>298</b> |
| 12.1. Термический режим и условия созревания ОВ на рифтовом этапе развития бассейнов .....                                                       | 298        |
| 12.2. Термический режим литосферы и созревание ОВ на пострифтовом этапе развития осадочных бассейнов.....                                        | 306        |
| 12.3. Тепловая активизация, гидротермально-интрузивная активность и растяжение литосферы в истории погружения осадочных бассейнов .....          | 309        |
| <b>Глава 13. Особенности формирования температурного режима осадочной толщи Западно-Сибирского бассейна (Уренгойское месторождение) .....</b>    | <b>312</b> |
| 13.1. Основные цели моделирования и положение анализируемых разрезов.....                                                                        | 313        |
| 13.2. Реконструкция истории погружения и термической эволюции осадочной толщи Уренгойского месторождения .....                                   | 314        |
| 13.3. Эволюция термического режима Западно-Сибирского бассейна в условиях резких вариаций климата в плиоцен-голоценовое время.....               | 318        |
| 13.4. Влияние гидротермальной деятельности на изменение степени катагенеза ОВ с глубиной в бассейнах рифтогенного типа.....                      | 320        |
| 13.5. Изменение глубинного профиля температур, вызванное присутствием рассеянного ОВ в породах .....                                             | 322        |
| 13.6. Изменение глубинного профиля температур под влиянием процессов генерации и аккумуляции газовых УВ .....                                    | 323        |
| 13.7. Численные реконструкции истории реализации потенциала генерации УВ отдельных материнских свит Западно-Сибирского бассейна.....             | 327        |
| <b>Глава 14. Эволюция теплового режима литосферы и условий генерации УВ в рифейских бассейнах Башкортостана .....</b>                            | <b>333</b> |
| 14.1. Геологическая история района.....                                                                                                          | 333        |
| 14.2. Состояние изученности теплового поля района.....                                                                                           | 338        |
| 14.3. Двухмерный анализ современного термического состояния района.....                                                                          | 340        |
| 14.4. Реконструкция термической истории Западного Башкортостана .....                                                                            | 342        |
| 14.5. Современный термический режим литосферы Тагило-Магнитогорской зоны и его сравнение с режимом Западного Башкортостана .....                 | 350        |
| 14.6. Реология литосферы.....                                                                                                                    | 353        |
| 14.7. Специфические проблемы моделирования термической эволюции бассейна .....                                                                   | 354        |
| 14.8. Эволюция катагенеза и реализация УВ потенциала ОВ рифейских и вендских отложений Западного Башкортостана .....                             | 356        |
| <b>Глава 15. Тепловой поток и термическая эволюция литосферы Черноморского бассейна.....</b>                                                     | <b>361</b> |
| 15.1. История формирования бассейна Чёрного моря .....                                                                                           | 362        |
| 15.2. Строение осадочного чехла и фундамента .....                                                                                               | 365        |
| 15.3. Исходные данные для моделирования .....                                                                                                    | 367        |

|                                                                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 15.4. Моделирование истории погружения и изменения теплового режима<br>Черноморской впадины.....                           | 370 |
| 15.5. Численный анализ природы низких значений поверхностного теплового<br>потока в глубоководной части Чёрного моря ..... | 376 |
| 15.6. История изменения степени катагенеза органического вещества<br>осадочной толщи Чёрного моря .....                    | 382 |
| 15.7. Обсуждение и основные выводы по результатам моделирования<br>термической эволюции литосферы Чёрного моря.....        | 384 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....                                                                                                           | 386 |
| Литература .....                                                                                                           | 390 |
| Приложение 1.....                                                                                                          | 427 |
| Приложение 2.....                                                                                                          | 436 |
| Приложение 3.....                                                                                                          | 438 |
| Приложение 4.....                                                                                                          | 441 |
| Предметный указатель .....                                                                                                 | 445 |