

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b> .....	5
<b>Индексы минералов</b> .....	7
<b>ГЛАВА 1. Термодинамика минеральных твердых растворов</b> .....	8
1.1. Общие положения и некоторые уравнения .....	8
1.2. Механическая энергия минерального твердого раствора .....	11
1.3. Идеальная конфигурационная энтропия идеального раствора .....	12
1.4. Коэффициент нормализации и его природа .....	15
1.5. Молекулярная модель твердого раствора.....	16
1.6. Идеальная модель неупорядоченного твердого раствора.....	16
1.7. О выводе формул идеальной активности минералов по модели неупорядоченного твердого раствора .....	17
1.8. Модель локального электробаланса.....	20
1.9. Примеры оценки идеальной активности минералов в некоторых минералах по разным моделям .....	21
1.9.1. Идеальная активность компонентов граната в системе $\text{CaO-FeO-MgO-MnO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ .....	21
1.9.2. Идеальная активность компонентов плагиоклаза в системе $\text{CaO-Na}_2\text{O-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ .....	22
1.9.3. Идеальная активность компонентов клинопироксена в системе $\text{CaO-FeO-MgO-Na}_2\text{O-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ с компонентами диопсид, геденбергит, кальциевый чермакит, жадеит.....	24
1.10. Регулярный раствор, симметричный раствор, простая смесь.....	25
1.11. Многокомпонентные однопозиционные регулярные растворы.....	26
1.12. Модель квадратичного формализма Даркена (DKF).....	27
1.13. Взаимные твердые растворы.....	29
1.14. Модель симметричного формализма .....	32
1.15. Модель асимметричного формализма.....	34
1.16. Твердые растворы на основе формализме Редлиха-Кистера .....	35
<b>ГЛАВА 2. Термодинамические модели минеральных твердых растворов</b> .....	39
2.1. Биотит .....	39
2.2. Хлорит .....	48

2.3. Сапфирин .....	56
2.4. Титанит .....	59
2.4.1. Кристаллохимия и структурная формула титанита .....	60
2.4.2. Термодинамическая модель бинарного раствора титанита $\text{CaTiOSiO}_4 - \text{CaAlFSiO}_4$ .....	61
2.5. Амфиболы .....	64
2.5.1. Модель твердого раствора клиноамфиболов .....	65
2.5.2. Модель твердого раствора ортоамфиболов .....	68
2.6. Ортопироксен .....	70
2.7. Шпинель .....	73
2.8. Омфацит .....	74
2.9. Ильменит .....	77

### **ГЛАВА 3. Новые разработки (алгоритмы и программы)**

<b>для ПК «Селектор» .....</b>	<b>80</b>
3.1. Программа МС – петрологический инструмент для вычисления реальных количеств минералов в горной породе .....	80
3.1.1. Описание программы МС .....	81
3.1.2. Пример расчета модального состава обр. 138 .....	83
3.1.3. Оценка точности алгоритма расчета модального состава .....	85
3.1.4. Тестирование МС на природном материале .....	86
3.1.5. Особенности работы МС сравнительно с MINSQ .....	87
3.2. Новый подход к определению условий формирования метаморфических пород методом термодинамического моделирования .....	89

### **ГЛАВА 4. Решение проблем образования метаморфических и метасоматических пород на основе компьютерного моделирования минеральных ассоциаций .....**

<b>4.1. Минеральные ассоциации Охотского комплекса как доказательство принципа локального равновесия .....</b>	<b>96</b>
4.1.1. Геологическое положение .....	97
4.1.2. Минеральные парагенезисы и вариации состава минералов .....	100
4.1.3. О выборе минеральных ассоциаций пика метаморфизма .....	106
4.1.4. О расчете модальных количеств минералов и эффективного химического состава породы .....	107
4.1.5. Результаты решения поставленной задачи по определению условий образования минеральных парагенезисов методом физико-химического моделирования .....	109
4.1.6. О моделировании минеральных ассоциаций при инертном и вполне подвижном поведении $\text{H}_2\text{O}$ и вероятной оценке весового отношения флюид/порода .....	113

4.2. Минералогия, петрология и условия образования рудоносных метасоматических пород Березитового месторождения .....	116
4.2.1. Геологическое строение месторождения .....	118
4.2.2. Краткая характеристика гранитоидов Хайктинско-Орогжанского массива .....	125
4.2.3. Минеральные парагенезисы, метасоматическая зональность, состав минералов и <i>P, T</i> параметры формирования гранатсодержащих пород.....	130
4.2.4. Изменение химического состава гранодиоритов при образовании метасоматических пород.....	142
4.2.5. Основные гипотезы образования метасоматитов месторождения.....	145
4.2.6. Результаты физико-химического моделирования гранатсодержащих минеральных ассоциаций.....	146
4.2.7. Специфика проявления метаморфических процессов при формировании гранатсодержащих пород.....	149
4.2.8. Изотопный возраст цирконов из вмещающих рудную зону гранитоидов и рудоносных пород Березитового месторождения.....	151
4.2.8.1. Методика аналитических исследований цирконов .....	152
4.2.8.2. Результаты геохронологических исследований цирконов.....	153
4.2.8.3. Обсуждение полученных результатов.....	157
4.2.9. Особенности изотопного состава свинца и серы галенитов в рудах месторождения .....	160
4.2.9.1. Методика аналитических работ .....	160
4.2.9.2. Результаты изучения изотопного состава свинца и серы.....	161
4.2.9.3. Изотопный состав стабильных изотопов углерода и кислорода в метасоматитах и его интерпретация на основе модального состава изучаемых пород .....	163
4.2.9.4. Методика анализа стабильных изотопов углерода и кислорода .....	164
4.2.9.5. Модальный состав метасоматических зон.....	164
4.2.9.6. Результаты изучения изотопного состава кислорода и углерода .....	165
4.2.10. О механизме метасоматоза, возможных объемах и составе флюидов по данным моделирования и результатам изучения газовой-жидких включений.....	167
4.2.10.1. Концептуальная модель моделирования.....	167
4.2.10.2. Постановка задачи.....	168
4.2.10.3. Методика моделирования.....	169
4.2.10.4. Результаты моделирования метасоматоза.....	170
4.2.10.5. Результаты анализа газовой-жидких включений .....	175

4.2.10.6. К вопросу о природе флюида и механизме его взаимодействия с гранодиоритами .....	178
4.2.10.7. К вопросу о формационной принадлежности гранатсодержащих метасоматических пород Березитового месторождения.....	179
4.3. Титанитовый (сфеновый) фториметр.....	181
4.3.1. Методика исследований.....	182
4.3.2. Минеральные парагенезисы гротитсодержащих пород.....	182
4.3.3. Особенности состава Al-F титанита и вероятные <i>P, T</i> условия его образования .....	185
4.3.4. О максимальном содержании компонента $\text{CaAlFSiO}_4$ в твердом растворе титанита при <i>P, T</i> условиях образования метасоматических пород Березитового месторождения .....	188
4.3.5. Уравнение фториметра.....	189
4.3.6. О фтористости флюида при формировании рудоносных пород Березитового месторождения.....	193
4.4. Физико-химические условия образования диаспора .....	194
4.4.1. Геологическая обстановка .....	194
4.4.2. Методы изучения флюидных включений и их состав .....	195
4.4.3. Условия образования диаспора во включениях по данным физико-химического моделирования .....	196
4.4.3.1. Результаты моделирования.....	197
4.5. Шпинель-сапфириновые реакционные структуры в гранатовых метавольфрамитах Омолонского массива: петрогенезис и геологическая интерпретация (Северо-Восток Азии) .....	199
4.5.1. Введение .....	199
4.5.2. Геологическое положение гранатовых метавольфрамитов .....	200
4.5.3. Аналитические исследования.....	202
4.5.4. Петрография и петрохимия гранатовых и сапфириновых жедрититов .....	203
4.5.5. Термобарометрия гранатовых жедрититов.....	214
4.5.6. Условия образования сапфирин-шпинелевых реакционных структур по окислительному потенциалу и температуре.....	215
4.5.7. О причинах образования шпинель-сапфириновых реакционных структур, возрасте и природе протолита метавольфрамитов .....	217
4.6. Моделирование равновесных условий формирования природных твердых растворов Au, Ag, Cu и Hg .....	222
4.6.1. Месторождение Айтик.....	223
4.6.2. Месторождение Уитон-Крик.....	226
<b>Заключение</b> .....	230
<b>Литература</b> .....	234