

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	7
<b>Глава 1. КЛЮЧЕВСКОЙ ВУЛКАН – МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ, ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ, ИЗВЕРЖЕНИЯ, ПИТАЮЩАЯ СИСТЕМА .....</b>	<b>13</b>
1.1. Преамбула .....	13
1.2. Общие сведения о Ключевском вулкане .....	13
1.3. Ключевская группа вулканов и ее структурное положение .....	16
1.4. Ключевской вулкан – морфологические особенности .....	22
1.5. Геологическое строение Ключевского вулкана .....	23
1.6. Вершинный кратер Ключевского вулкана и его извержения .....	26
1.7. Побочные извержения на склонах Ключевского вулкана .....	29
1.8. Глубинное строение Ключевского вулкана .....	57
1.9. Заключение по Главе 1 .....	60
<b>Глава 2. ФОРМИРОВАНИЕ МАГМАТИЧЕСКОЙ СЕРИИ ПОРОД КЛЮЧЕВСКОГО ВУЛКАНА .....</b>	<b>61</b>
2.1. Преамбула .....	61
2.2. Распространенность базальтов и андезибазальтов на Земле .....	62
2.3. Распространенность базальтов и андезибазальтов на Камчатке .....	62
2.4. Петрохимические типы базальтоидов Камчатки и их распространенность .....	65
2.5. Распространенность разных типов базальтоидов на Ключевском вулкане .....	66
2.6. Представления об образовании островодужных высокоглиноземистых базальтоидов .....	67
2.7. Представления о генезисе пород Ключевского вулкана .....	68
2.8. Задачи исследований .....	71
2.9. Методика исследований пород Ключевского вулкана .....	72
2.10. Петрохимическая типизация серии пород Ключевского вулкана .....	81
2.11. Петрохимическая типизация пород в базальт-андезибазальтовой серии Ключевского вулкана .....	87
2.12. Петрохимические особенности серии пород Ключевского вулкана .....	91
2.13. Вариации содержания микроэлементов .....	95
2.14. Петрографические особенности пород Ключевского вулкана .....	102
2.15. Закономерности поведения силикатных минералов пород Ключевского вулкана .....	105
2.15.1. Общие замечания по разделу .....	105
2.15.2. Тренды $Sr_x$ , $Or_x$ , $OI$ и $Pl$ из высокоглиноземистых андезибазальтов прорыва Юбилейный .....	105
2.15.2.1. Клинопироксены прорыва Юбилейный .....	105
2.15.2.2. Ортопироксены прорыва Юбилейный .....	110
2.15.2.3. Оливины прорыва Юбилейный .....	111
2.15.2.4. Плаггиоклазы прорыва Юбилейный .....	113
2.15.2.5. Взаимоотношение трендов вкрапленников и микролитов силикатных минералов прорыва Юбилейный .....	113
2.15.3. Тренды изменения химических составов силикатных минералов, как показатели парагенетических соотношений кристаллических фаз в ВГ-АБ .....	115
2.15.3.1. Определение начала кристаллизации плаггиоклаза по тренду $Al_2O_3$ - $Mg\#$ в клинопироксене .....	115
2.15.3.2. Определение начала кристаллизации плаггиоклаза на тренде $SiO_2$ - $Mg\#$ в клинопироксене .....	117

2.15.3.3. Определение начала кристаллизации плагиоклаза по трендам $Al_2O_3$ -Mg# и $SiO_2$ -Mg# в ортопироксене .....	117
2.15.3.4. Типоморфные признаки Cpx-трендов, обусловленные появлением и последующей кристаллизацией плагиоклаза .....	117
2.15.4. Клинопироксен и оливин из высокоглиноземистых андезибазальтовых прорывов Ключевского вулкана.....	118
2.15.4.1. Клинопироксены из высокоглиноземистых андезибазальтовых прорывов Ключевского вулкана .....	119
2.15.4.2. Оливины из высокоглиноземистых андезибазальтовых прорывов Ключевского вулкана .....	119
2.15.4.3. Сопоставление Mg# клинопироксенов и Fo-составляющей оливинов из высокоглиноземистых-высокомagneзиальных базальтоидов Ключевского вулкана .....	119
2.15.4.4. Сопоставление Cpx и Ol из высокоглиноземистых андезибазальтов Ключевского вулкана с минералами мантийных ксенолитов .....	122
2.15.4.5. Общие закономерности поведения силикатных минералов в породах Ключевского вулкана .....	123
2.16. Устойчивые парагенезисы Ключевского вулкана по результатам исследований твердофазных включений в породообразующих минералах .....	125
2.16.1. Твердофазные силикатные микровключения .....	125
2.16.1.1. Минерал-хозяин Ol – включения Cpx и Орх (прорыв Юбилейный) .....	125
2.16.1.2. Минерал-хозяин Cpx – включения Ol и Орх (прорыв Юбилейный) .....	127
2.16.1.3. Минерал-хозяин Pl – включения Cpx и Ol (прорыв Юбилейный) .....	127
2.16.1.4. Минерал-хозяин Pl – включения Cpx и Ol (прорыв Апахончич).....	128
2.16.1.5. Заключение о совместной кристаллизации силикатных микровключений и породообразующих минералов ВГ-АБ.....	128
2.16.2. Твердофазные включения, шпинелиды.....	128
2.16.2.1. Минерал-хозяин Ol – включения Sp и Mgt (прорыв Юбилейный).....	129
2.16.2.2. Минерал-хозяин Cpx – включения Sp и Mgt (прорыв Юбилейный) .....	129
2.16.2.3. Минерал-хозяин Pl – включения Sp и Mgt (прорыв Юбилейный) .....	129
2.16.2.4. Минерал-хозяин Ol – включения Sp и Mgt (прорывы Апахончич и Булочка), по литературным данным .....	131
2.16.2.5. Заключение о совместной кристаллизации рудных включений, находящихся в породообразующих минералах из высокоглиноземистых и из высокомагнезиальных базальтоидов Ключевского вулкана.....	132
2.16.3. Области кристаллизации твердофазных включений (силикатных и рудных) в минерале-хозяине Ol, Cpx и Pl из ВГ-АБ прорыва Юбилейный .....	132
2.17. Сведения о газовой фазе в породообразующих минералах Ключевского вулкана.....	134
2.18. Общее заключение об устойчивых минеральных парагенезисах пород Ключевского вулкана .....	135
2.19. Моделирование формирования серии пород Ключевского вулкана.....	138
2.20. Механизм формирования серии пород Ключевского вулкана .....	141
2.20.1. Магмогенерирующая система (выплавление магматических расплавов и их транспорт вверх; интервал глубин 170–32 км).....	142
2.20.2. Магмофокусирующая система (концентрирование расплавов в каналах, генезис ГДП-землетрясений, образование верлитов. Интервал глубин 31–27 км) .....	143
2.20.3. Магмоподводящая система.....	147
2.20.3.1. Характеристики питающей системы Ключевского вулкана.....	147
2.20.3.2. Формирование разнообразия расплавов в генеральном магмоводе вулкана, извержение высокоглиноземистых андезибазальтов.....	149
2.20.3.3. Одноактные каналы побочных извержений, образование серии высокомагнезиальных базальтов – высокоглиноземистых андезибазальтов.....	150

2.21. Основные выводы по Главе 2.....	151
2.22. Заключение по Главе 2.....	152
<b>Глава 3. ПЕРИОДИЧНОСТИ В ДИНАМИКЕ ИЗВЕРЖЕНИЙ КЛЮЧЕВСКОГО ВУЛКАНА .....</b>	<b>153</b>
3.1. Преамбула .....	153
3.2. Периодичности в динамике извержений Ключевского вулкана 1932–1984 гг. (по данным литературных источников и режимных наблюдений).....	155
3.3. Выделение периодичностей в динамике извержений Ключевского вулкана с использованием вулканического дрожания.....	157
3.3.1. Общая характеристика вулканического дрожания .....	157
3.3.2. Соотношение характеристик низкочастотного вулканического дрожания и параметров базальтовых-андезиобазальтовых извержений .....	159
3.3.3. Методика выделения периодичностей в динамике извержений Ключевского вулкана, основанная на использовании записей вулканического дрожания.....	163
3.3.4. Сейсмические данные .....	168
3.3.5. Аналитические данные и их обсуждение.....	170
3.3.5.1. Периодичности 1983–1984 гг. ....	171
3.3.5.2. Влияние лунно-солнечного деформирующего процесса.....	179
3.3.5.3. Периодичности 1978 г. (ретроспективный анализ) .....	182
3.3.6. Основные выводы по разделу 3.3 .....	183
3.4. Три группы периодических явлений в эруптивной деятельности Ключевского вулкана.....	184
3.4.1. Периодичность пульсирующего фонтанирования .....	184
3.4.2. Периодичность стромболианских взрывов.....	185
3.4.3. Периодичность в динамике фонтанирования .....	189
3.4.3.1. Соотношение равномерных и периодических режимов извержения .....	189
3.4.3.2. Учащающаяся периодичность в динамике фонтанирования.....	192
3.4.3.3. Периодическое фонтанирование Ключевского вулкана по литературным данным (ретроспективный анализ) .....	196
3.4.3.4. Слоистость шлаковых конусов.....	198
3.4.4. Характеристики главных типов периодичностей в динамике извержений Ключевского вулкана.....	200
3.4.5. Сравнительный анализ периодичностей в динамике извержений Ключевского вулкана.....	203
3.4.6. Общие представления о причинах периодических явлений .....	204
3.4.7. Выводы по разделу 3.4 .....	204
3.5. Заключение по Главе 3 .....	206
<b>Глава 4. КОМПЛЕКС АППАРАТУРЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ БАЗАЛЬТОВЫХ ИЗВЕРЖЕНИЙ (КАМБИ) И ПРЕДПОСЫЛКИ ЕГО СОЗДАНИЯ.....</b>	<b>207</b>
4.1. Преамбула .....	207
4.2. Исторический обзор литературных данных .....	208
4.3. Комплекс аппаратуры моделирования базальтовых извержений – КАМБИ.....	216
4.3.1. Основные принципы конструирования лабораторной установки .....	216
4.3.2. Технические характеристики КАМБИ .....	217
4.3.3. Моделирующая система КАМБИ .....	219
4.3.3.1. Моделирующая система в варианте газонасыщенной колонны.....	219
4.3.3.2. Моделирующая система в варианте барботажной колонны .....	223
4.3.4. Регистрирующая система КАМБИ .....	224
4.4. Главные конструктивные особенности КАМБИ .....	225
4.5. Обсуждение технических характеристик КАМБИ .....	226
4.6. Заключение по Главе 4.....	227

<b>Глава 5. МЕХАНИЗМЫ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ФОНТАНИРОВАНИЯ, СТРОМБОЛИАНСКИХ ВЗРЫВОВ И ПЕРИОДИЧЕСКОГО ФОНТАНИРОВАНИЯ (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ)</b> .....	229
5.1. Преамбула .....	229
5.2. Механизм пульсирующего фонтанирования .....	230
5.2.1. Экспериментальные исследования (газонасыщенная колонна, $\varnothing_{\text{внутр}} = 50$ мм, $h_{\text{колонны}} = 16,6$ м, $P_{\text{насыщения}} = 1,6$ атм., $\text{H}_2\text{O}$ , $\text{CO}_2$ ).....	230
5.2.2. Обсуждение результатов моделирования пульсирующего фонтанирования.....	232
5.2.3. Сопоставление экспериментальных и вулканологических данных .....	233
5.2.4. Основные выводы (пульсирующее фонтанирование).....	233
5.3. Механизм стромболианских взрывов.....	234
5.3.1. Экспериментальные исследования (газонасыщенная колонна, $\varnothing_{\text{внутр}} = 18$ мм, $h = 16,6$ м, $P = 1,6$ атм.;; барботажная колонна, $\varnothing_{\text{внутр}} = 18$ мм, $h = 15,7$ м, $\varnothing_{\text{пузырьков}} \sim 2,5$ мм).....	234
5.3.2. Обсуждение результатов моделирования стромболианских взрывов .....	237
5.3.3. Механизм формирования режимов заблокированных кластеров и снарядного .....	238
5.3.4. Сопоставление экспериментальных и вулканологических данных .....	239
5.3.5. Основные выводы (стромболианские взрывы).....	242
5.4. Механизм периодического фонтанирования .....	243
5.4.1. Экспериментальные исследования (барботажная колонна, $\varnothing_{\text{внутр}} = 18$ мм, $\varnothing_{\text{пузырьков}} \sim 1$ мм и $\varnothing_{\text{пузырьков}} \sim 2,5$ мм) .....	243
5.4.2. Обсуждение результатов исследований.....	250
5.4.3. Механизм формирования открытых пузырьковых кластеров.....	253
5.4.4. Сопоставление экспериментальных и вулканологических данных .....	255
5.4.5. Основные выводы (периодическое фонтанирование).....	259
5.5. Новая схема режимов течения двухфазных смесей в вертикальных колоннах.....	259
5.6. Общее обсуждение всех режимов.....	261
5.7. Заключение по Главе 5 .....	264
<b>Заключение</b> .....	266
<b>Литература</b> .....	267
<b>Приложения</b> .....	285