

УДК 550.34+551.21

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ
ВУЛКАНА ГОРЕЛЫЙ, КАМЧАТКА, ВО ВРЕМЯ ЕГО
АКТИВИЗАЦИИ 2007-2013 гг.

Берсенева Н.Ю.

Камчатский филиал Геофизической службы РАН

Научный руководитель: д.г.-м.н.Копылова Г.Н.,

Представлено описание сейсмической активности вулкана Горелый в период его активизации 2007-2013 гг. с использованием модифицированной классификации вулканических землетрясений П. И. Токарева и набора количественных параметров сейсмичности. Сопоставление временных особенностей режима сейсмичности в районе вулкана с другими проявлениями его активности по данным визуальных и спутниковых наблюдений позволило выделить характерные фазы в активизации вулкана, различающиеся по сейсмическим параметрам. С использованием непараметрических критериев χ^2 и множественного сравнения Данна показано наличие статистически значимых различий между величинами сейсмических параметров в течение выделенных фаз активности вулкана. Рассмотрены зависимости количества взрывных землетрясений от интенсивности вулканического дрожания и особенности сейсмичности перед образованием новой высокотемпературной фумаролы в июне 2010 г.

Ключевые слова: вулкан Горелый, сейсмическая активизация, вулканическое дрожание, классификация вулканических землетрясений П. И. Токарева.

ВВЕДЕНИЕ

Изменения сейсмической активности в районах действующих вулканов может отражать процессы, протекающие в их магматических очагах, связанные с подготовкой извержений.

Вулкан Горелый (52.55° с.ш., 158.03° в.д., абсолютная высота вершины 1829 м) является одним из наиболее активных вулканов Южной Камчатки. В географической, краеведческой и вулканологической литературе отмечено 12 его извержений. Все они имели эксплозивный характер и были приурочены к вершинным кратерам. Описание последних извержений 1980-1981 гг. и 1984-1986 гг., во время которых производилась регистрация локальной сейсмичности, приводится в [2, 4-5, 8-9, 11].

В районе влк. Горелый Камчатским филиалом Геофизической службы (КФ ГС) РАН в 1980 г. была установлена радиотелеметрическая сейсмостанция «Горелый» (GRL). Летом 2008 г. были установлены еще две станции «Мутновка» (MTV) и «Асача» (ASA). Все станции оборудованы трехкомпонентными комплектами короткопериодных каналов на базе сейсмометров СМ-3 для регистрации скорости смещения грунта в полосе частот 0.8 – 20 Гц [18].

На с/ст. GRL регистрируются землетрясения в районе влк. Горелый с минимальными величинами энергетических классов по S-волне $K_s=2.2$. По записям трех ближайших станций с 2008 г. стало возможно регистрировать сейсмические события с минимальным $K_s=3.5$ [13].

В 1980-1981 гг., после установки с/ст. GRL, были впервые получены сейсмометрические данные в период эксплозивного извержения влк. Горелый. В [4] приводятся результаты анализа сейсмической активности во время этого извержения и подробный анализ изменения вулканического дрожания (ВД). В [5] отмечалось, что сейсмическая активность после окончания извержения 1980-1981 гг. значительно понизилась: на с/ст. GRL регистрировались в среднем не более 10-20 событий IV типа (по классификация вулканических землетрясений П.И. Токарева [15]) в год.

Характеристика сейсмического режима во время извержения 1984-1986 гг. приводится в работах [2, 5, 8-9]. На основе анализа ВД и других проявлений активности автором [5] были выделены три фазы извержения. Наибольшую активность вулкан проявлял в 1985 г. [8]. В 1985 г. также изменилась морфология активного кратера. В нем исчезли озеро и серный купол, существовавший в 1984 г.; образовалась колодцеобразная воронка глубиной ~100 м. Над кратером наблюдалось свечение [9].

Авторы [3] отмечают, что перед каждым извержением вулкана Горелой кислотное озеро в активном кратере исчезало, а на его месте оставалась кольцеобразная воронка глубиной порядка 100 м, на дне которой, на-

пример, в 1985 г., наблюдалось светящееся пятно, ярко-желтый цвет которого свидетельствовал о температурах на дне кратера порядка 1000 °С [9].

Описание сейсмической активизации в районе влк. Горелый в 2007 - 2009 гг., приводится в работах [1, 13].

ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

Каталог землетрясений Камчатки составляется лабораторией исследования сейсмической и вулканической активности (ЛИСВА) КФ ГС РАН по результатам оперативной обработки. В базу данных включены землетрясения, для которых возможно определение основных параметров (дата и время в очаге; долготы, широта, глубина гипоцентра, энергетический класс $K_s = \lg E$, где E - энергия землетрясения в Дж) по трем и более станциям. К таковым относятся вулканические землетрясения I типа и большинство сейсмических событий II-III типов с величинами $A/T > 0.2$ мкм/с, где A - амплитуда, T - период. Ниже такие землетрясения называются "сильными". База данных размещена по адресу <http://ts.emsd.ru/>.

Для "сильных" землетрясений рассчитывалась их энергия по формуле $E = 10^{K_s}$, где E - энергия в Дж, K_s - энергетический класс [15].

Фактографическая база данных «Активность вулканов Камчатки» (<http://www.emsd.ru/~ssl/monitoring/main.htm>) создана и пополняется ЛИСВА. В базе имеется таблица сводных данных о сейсмичности действующих вулканов Камчатки, осредненных за сутки, и данные визуальных наблюдений. В ней учтены сейсмические события на вулканах, регистрируемые хотя бы одной станцией. При описании состояния влк. Горелый в качестве опорной станции принимается с/ст. GRL. При этом все зарегистрированные сейсмические события разделяются на типы по классификации П.И.Токарева, адаптированной к цифровой обработке [6].

В пополняемой таблице с суточными данными по влк. Горелый содержатся результаты наблюдений с 7 июля 2007 г. по настоящее время с небольшими перерывами, когда с/ст. GRL не работала (23.08 -

11.09.2007 г., 24.01 - 13.03.2009 г., 28.01 - 18.04.2010 г., 05.02 - 10.05.2012 г., 11.07 - 01.08.2013 г., 18.09-02.10.2013 г.).

Используемые в работе сейсмические данные, отсутствующие в БД, были любезно предоставлены сотрудниками ЛИСВА и лаборатории сводной обработки КФ ГС РАН.

При анализе сейсмичности в районе влк. Горелый рассматривались "сильные" землетрясения в квадрате 52.50 - 52.62 с. ш. и 157.90 - 158.15 в. д. с глубинами гипоцентров до 20 км. Все они приурочены к постройке вулкана. Для расчета параметров землетрясений в районе влк. Горелый используется региональный камчатский годограф, в котором учитываются свойства среды только ниже уровня моря [17].

ВЫДЕЛЕННЫЕ ФАЗЫ АКТИВИЗАЦИИ ВУЛКАНА ГОРЕЛЫЙ В 2007-2013 ГГ.

В работе [1] были выделены четыре фазы активизации (фазы I-IV) в течение апреля 2007 – августа 2013 гг. В настоящей работе анализируемый период расширен на сентябрь и октябрь 2013 г. В эти месяцы режим сейсмичности вулкана существенно не менялся. Характеристики выделенных фаз приведены на рис. 1 (временные ряды параметров сейсмичности) и в таблице. Приведем краткое их описание (более подробное описание имеется в [1]).

Фаза I характеризуется высокими значениями среднесуточных величин A/T вулканического дрожания (≈ 0.7 мкм/с) и постепенным увеличением количества сейсмических событий I-IV типов и низкочастотных серий (рис. 1а, в).

Фаза II характеризуется пониженными значениями величины A/T (≈ 0.14 мкм/с). В течение этой фазы было зарегистрировано наибольшее число сейсмических событий I и II-III типов (рис.1 в), которые, в соответствии с [15], связаны с движением магмы по выводящему каналу.

Фаза III характеризуется резким увеличением значений A/T ($A/T \approx 0.8$ мкм/с) вулканического дрожания и относительно небольшим количеством зарегистрированных землетрясений. В каталоге практически отсутствовали "сильные" землетрясения с $K_s < 4$ (рис. 1д), что может быть связано с трудностью их выделения на фоне высокой интенсивности ВД.

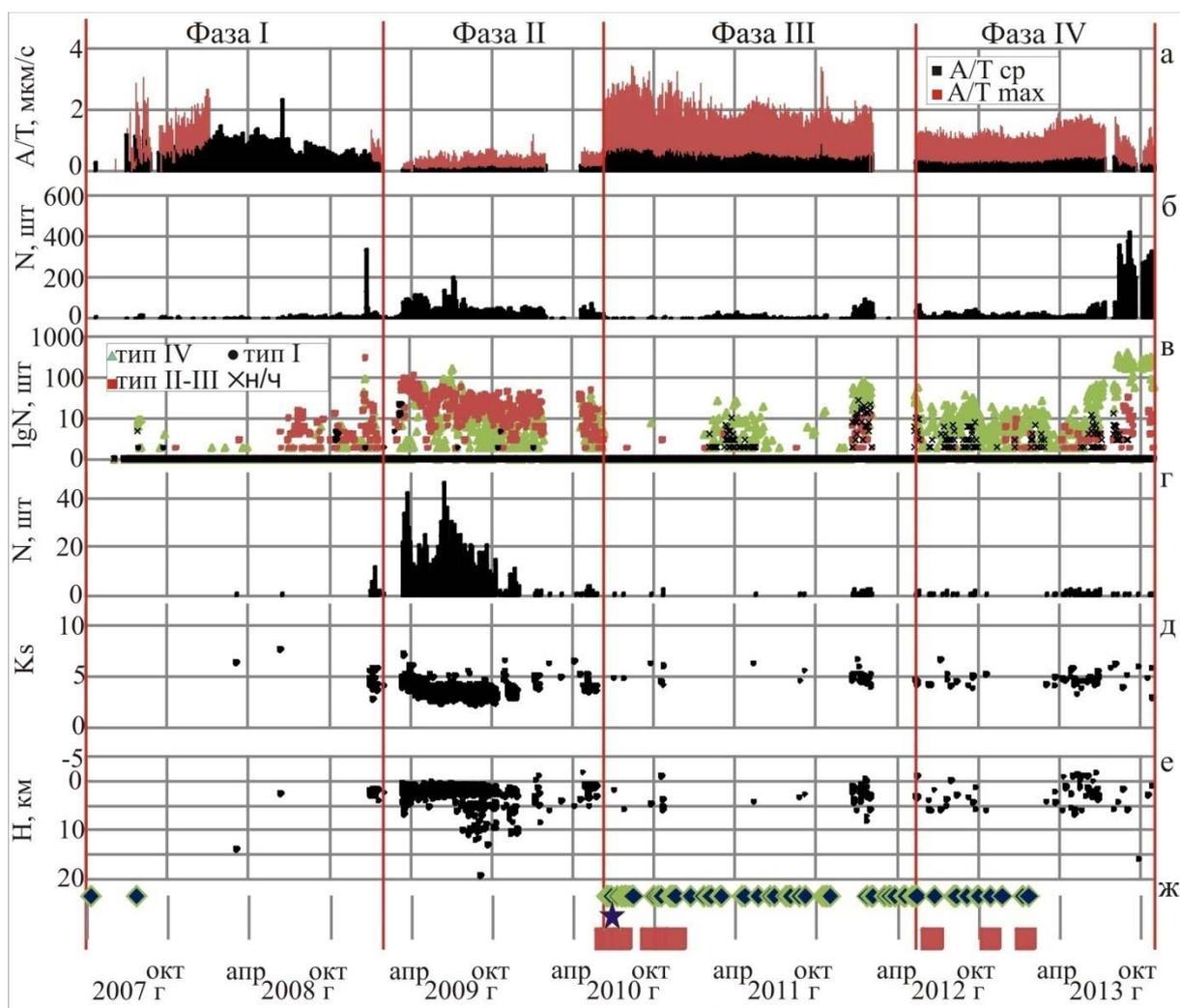


Рис. 1. Изменение параметров сейсмической активности в районе влк. Горелый в сопоставлении с вулканическими проявлениями, 2007 – 2013 гг.: а - вулканическое дрожание по данным станции GRL; б - суммарное за сутки количество землетрясений I-IV типов и низкочастотных серий по данным с/ст. GRL.; в - суммарное за сутки количество землетрясений I-IV типов и низкочастотных серий; г - суммарное за сутки количество "сильных" землетрясений; д - величины энергетических классов K_s "сильных" землетрясений; е - глубины гипоцентров "сильных" землетрясений; ж - вулканические проявления: ромбы - наличие парогазовой колонны высотой более 1000 м, красные квадраты - термальные аномалии, зарегистрированные на вкл. Горелый; звезда - образование новой высокотемпературной фумаролы по [12]. Красными вертикальными линиями обозначены границы выделенных фаз в активизации влк. Горелый

В работе [3] отмечались изменения в режиме кислотного озера, возникшем в активном кратере после извержения 1986 г. Это выражалось в том, что водная масса озера становилась более подвижной вследствие увеличения парогазовых выделений с его поверхности. Кроме этого, летом и осенью в юго-западной части озера наблюдался мощный подводный грифон.

На основе наблюдений за режимом озера авторы работы [3] дали среднесрочный прогноз о возможном извержении влк. Горелый. В июне 2010 г. в активном кратере образовалась высокотемпературная фумарола (870 °С). Ее описание приведено в [12].

Образованию фумаролы предшествовала сейсмическая подготовка, рассмотренная ниже. Мы также полагаем, что образование фумаролы и усиление парогазовой деятельности вулкана являются также основными причинами усиления ВД. Следует отметить, что подобная высокотемпературная фумарола наблюдалась на дне кратера влк. Горелый и в 1985 г. [9, 11].

Повышение вулканической активности сопровождалось снижением уровня воды в озере [7]. Летом 2011 г. кислотное озеро в активном кратере уже не наблюдалось, но фумарола продолжала функционировать вплоть до настоящего времени (рис.1 ж).

В течение фазы III наблюдались мощные парогазовые эмиссии, достигавшие высоты 3000 м над кратером. В районе кратера регистрировались термальные аномалии, и отмечалось свечение в темное время суток (рис. 1ж).

Фаза IV характеризуется средними значениями отношения $A/T \approx 0.36$ мкм/с, а также наличием термальных аномалий и интенсивными парогазовыми эмиссиями с высотой колонны более 2000 м над кратером. В течение этой фазы зарегистрировано наибольшее количество сейсмических событий I-IV типов и низкочастотных серий (рис. 1б-в).

В августе 2013 г. произошло резкое увеличение числа событий IV типа (взрывные землетрясения по [15]), что, возможно, является признаком изменения режима активности вулкана.

Таблица. Характеристика выделенных фаз I-IV во время активизации вулкана Горелый в мае 2007 - октябре 2013 гг.

| Фаза | I | II | III | IV |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Временной интервал, мм.гггг - мм.гггг | 07.2007 - 01.2009 | 03.2009 - 06.2010 | 06.2010 - 02.2012 | 05.2012 - 10.2013 |
| Кол-во событий I-III типов, шт. (шт./мес.) | 915 (48) | 8954 (535) | 170 (8) | 489 (23) |
| Кол-во "сильных" событий* шт. (шт./мес.) | 43 (2) | 2653 (159) | 37 (1) | 60 (3) |
| Кол-во событий IV типа шт. (шт./мес.) | 432 (23) | 4979 (298) | 2101 (105) | 18335 (866) |
| Кол-во низкочастотных серий шт. (шт./мес.) | 8 (0) | 0 (0) | 469 (23) | 476 (22) |
| Средняя величина энергетического класса K_s "сильных" землетрясений | 4.6 | 3.6 | 5.0 | 4.6 |
| Выделившаяся сейсмическая энергия "сильных" землетрясений E , Дж | $3.6 \cdot 10^7$ | $6.7 \cdot 10^7$ | $1.2 \cdot 10^7$ | $9.6 \cdot 10^6$ |
| Средняя величина А/Т вулканического дрожания, мкм/с | 0.71 | 0.12 | 0.58 | 0.3 |

Примечание: * события I-III типа, зарегистрированные на трех и более станциях.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Для подтверждения обоснованности выделения фаз в активизации влк. Горелый в 2007-2013 гг. по используемым параметрам сейсмичности был проведен статистический анализ, направленный на оценку различия между фазами по критерию χ^2 и критерию множественного сравнения Данна.

Для анализа использовались следующие параметры сейсмичности, рассчитанные для каждой фазы: 1- сумма землетрясений I-III типов, 2 – сумма землетрясений IV типа и 3 – сумма "сильных" событий. Для под-

тверждения различий между фазами I-IV применялся непараметрический критерий χ^2 [14]. Из полученного значения $\chi^2=59866$ следует, что с вероятностью более 99% статистические различия между выделенными фазами существуют.

Интерес также представляет оценка различия фаз по отдельным параметрам с учетом разного объема выборок. Для этого применялся непараметрический критерий попарного сравнения Данна [14]. Использовались следующие параметры: 1 - количество событий I-III типов за сутки; 2 - количество событий IV типа за сутки; 3 - среднесуточная величина A/T вулканического дрожания. Фазы сравнивались попарно.

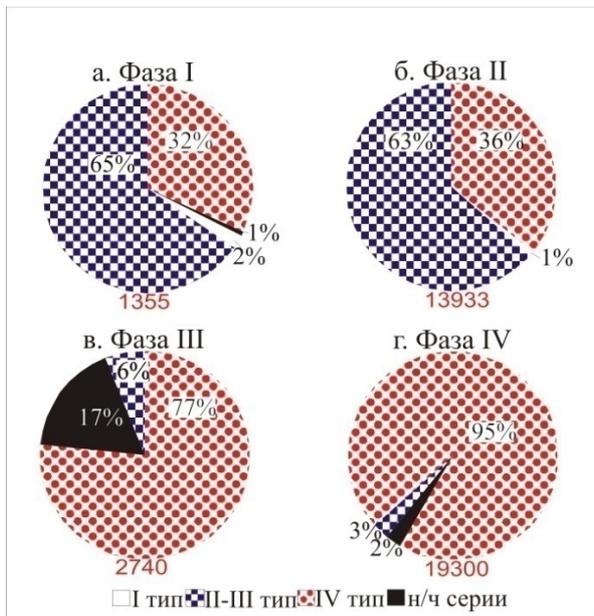


Рис. 2. Круговые диаграммы процентного содержания количества сейсмических событий разного типа в течение выделенных фаз I (а), II (б), III (в), IV (г). Цифры под диаграммами – суммарное количество сейсмических событий.

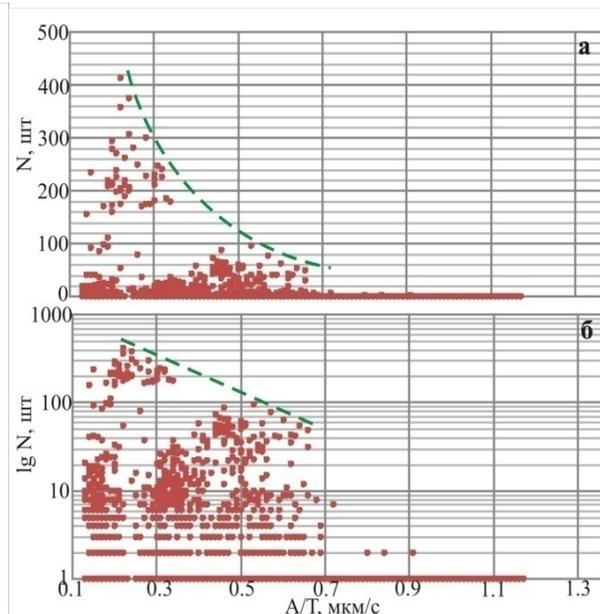


Рис. 3. Распределение суточного количества землетрясений IV типа в зависимости от среднесуточной величины A/T вулканического дрожания в течение активизации вулкана Горелый в 2007-2013 гг. в линейном (а) и логарифмическом (б) масштабах.

Критерий Данна показал, что с вероятностью более 99% все четыре фазы различаются между собой по уровню ВД. По количеству землетрясений I-III типов между собой различаются фазы I и II, II и III, III и IV. Раз-

личие не обнаружено между фазами I и IV. По количеству взрывных землетрясений между собой различаются только фазы I и IV.

На круговых диаграммах (рис. 2) приводится процентное содержание сейсмических событий различных типов для каждой фазы. По процентному распределению количества землетрясений наиболее похожи фазы I и II, но они существенно отличаются по суммарному числу событий. Следует также отметить увеличение процентного содержания взрывных землетрясений от фазы I к фазе IV. В течение фазы IV произошло наибольшее число сейсмических событий, из которых землетрясения IV типа составляют 95%.

ВУЛКАНИЧЕСКОЕ ДРОЖАНИЕ

Авторы [4] предположили наличие источника дрожания под центральной частью постройки вулкана. Это предположение согласуется с данными [16], которые описывают термоаномалию в недрах влк. Горелый на глубине 7.3 км. Предполагалось, что с этой термоаномалией связан постоянно существующий восходящий флюидный поток над магматическим очагом вследствие нагрева циркулирующих по трещинам подземных вод и их смешения с магматическими газами.

В работах [9, 10] парогазовые извержения влк. Горелый связываются с турбулентным движением газовых струй, которые генерируют регистрируемое ВД. Взрывные землетрясения объясняются взрывами газов в кратере вулкана [6].

На рис. 3 отражена зависимость между количеством событий IV типа за сутки и среднесуточными значениями A/T вулканического дрожания. Видно, что количество зарегистрированных землетрясений резко сокращается практически до нуля при увеличении величины A/T до 0.7 мкм/с. Верхняя граница значений количества взрывных землетрясений (пунктирная линия) на отрезке значений A/T от 0.1 до 0.7 мкм/с достаточно четко выражена, в логарифмическом масштабе ее можно аппроксимировать наклонной пря-

мой линией (в линейном масштабе - экспоненциальное затухание, рис. 3а). Это может быть связано с особенностями сейсмического режима вулкана или с трудностью выделения взрывных землетрясений на фоне возрастающей интенсивности вулканического дрожания.

ОСОБЕННОСТИ СЕЙСМИЧНОСТИ, ПРЕДШЕСТВУЮЩИЕ ОБРАЗОВАНИЮ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ФУМАРОЛЫ

На рис. 4 представлено изменение во времени количества взрывных землетрясений за сутки и среднесуточных значений А/Т вулканического дрожания в период перехода между фазами II и III, предшествующему образованию высокотемпературной фумаролы.

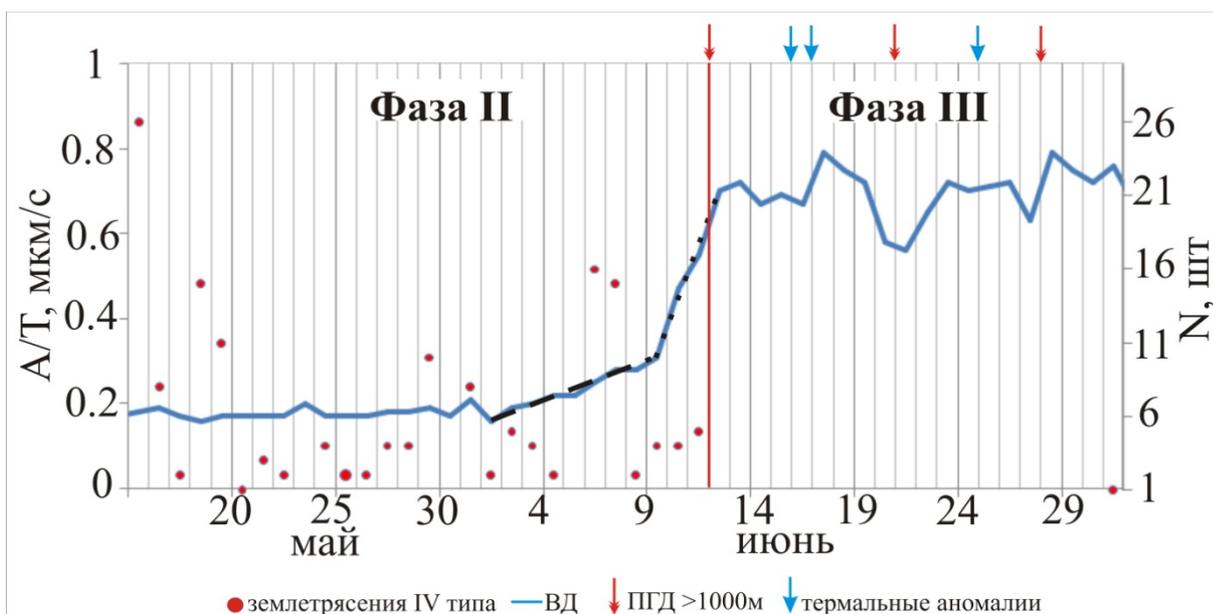


Рис. 4. Изменение среднесуточных значений А/Т вулканического дрожания (сплошная линия ВД) и суточного количества взрывных землетрясений IV типа (N, точки) в районе вул. Горелый в течение 15 мая – 1 июля 2010 г. Вертикальная линия обозначает границу выделенных фаз. Стрелками показаны: наличие парогазовой деятельности (ПГД) с высотой колонны более 1000 м над кратером и зарегистрированные термальные аномалии на вул. Горелый.

Из рис. 4 видно, что трехкратное увеличение величины А/Т произошло в два этапа. С 1 по 9 июня наблюдалось постепенное нарастание интенсивности ВД (пунктирная линия на рис. 4); значение А/Т увеличилось на 0.15 мкм/с. Резкое возрастание интенсивности ВД происходило с 9 по

12 июня (точечная линия на рис. 4). За два дня величина A/T возросла на 0.23 мкм/с.

12 июня 2010 г. была зарегистрирована парогазовая колонна высотой более 1000 м над кратером вулкана. Такое усиление парогазовой активности совпадает с максимальными значениями A/T , окончанием постепенного возрастания интенсивности ВД и началом фазы III. Дату 12 июня, по видимому, можно считать датой образования высокотемпературной фумаролы в кратере. В течение фазы III, при благоприятных погодных условиях, над кратером фиксировались мощные парогазовые колонны и термальные аномалии (рис. 4).

ВЫВОДЫ

1. Для периода с июля 2007 по октябрь 2013 гг. рассмотрены изменения параметров сейсмического режима в районе влк. Горелый в сопоставлении с другими проявлениями его вулканической активности (рис. 1). На основе анализа имеющихся данных были выделены четыре фазы активизации (I–IV), приведено их описание и количественные характеристики (таблица).

2. Выделение фаз подтверждается результатами статистического анализа распределений параметров сейсмичности. С использованием критерия χ^2 показано, что с вероятностью 99% различия между выделенными фазами существуют.

С использованием критерия множественного сравнения Данна установлено, что с вероятностью 99% имеется различие в выделенных фазах по уровню вулканического дрожания и по количеству землетрясений I–III типов за сутки.

3. Установлено, что в течение активизации влк. Горелый 2007–2013 гг. происходило увеличение процентного содержания количества взрывных землетрясений от суммарного числа сейсмических событий. В течение фазы IV взрывные землетрясения составляли 95% от общего числа событий (рис. 2).

4. Обнаружена обратная связь количества взрывных землетрясений и среднесуточных значений А/Т вулканического дрожания (рис. 3). Постепенное уменьшение числа событий IV типа с увеличением интенсивности дрожания наблюдается до величины $A/T \approx 0.7$ мкм/с. При величинах $A/T > 0.7$ мкм/с. происходит резкое уменьшение числа событий IV типа за сутки. Это может быть связано с особенностями сейсмического режима вулкана или с трудностью выделения взрывных землетрясений на фоне возрастающей интенсивности вулканического дрожания.

5. Показано, что за 11 дней до образования высокотемпературной фумаролы в кратере влк. Горелый (начало фазы III) наблюдалась сейсмическая подготовка в виде постепенного увеличения А/Т вулканического дрожания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берсенева Н.Ю., Соболевская О.В. Сейсмичность вулкана Горелый, Камчатка, в 2007-2013 гг. // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. IV регион. науч.-техн. конф. Петропавловск-Камчатский: КФ ГС РАН, 2013.
2. Будников В.А. Извержение вулкана Горелый в апреле 1986 г. // Вулканология и сейсмология. 1988. № 4. С. 99-103.
3. Гавриленко Г.М., Мельников Д.В., Овсянников А.А. Современное состояние термального озера в активном кратере вулкана Горелый (Камчатка) // 100-летие Камч. экспедиции Рус. географ. общества 1908-1910 гг. Матер. Всерос. науч. конф. Петропавловск-Камчатский, 2009. С. 86-95
4. Гаврилов В.А. Вулканическое дрожание и землетрясения вулкана Горелый в период извержения 1980-1981 гг. // Вулканология и сейсмология. 1984. № 6. С. 3-17.
5. Гаврилов В.А., Иванов В.В., Трухин Ю.П. и др. Активизация вулкана Горелый в августе-сентябре 1984 г. // Вулканология и сейсмология. 1986. № 5. С. 90-92.
6. Гарбузова В.Т., Соболевская О.В. Обновленная классификация вулканических землетрясений П.И. Токарева // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. II регион. науч.-техн. конф. Петропавловск-Камчатский: КФ ГС РАН, 2010. С. 25-29.
7. Гирина О.А., Маневич А.Г., Ушаков С.В. и др. Активность вулканов Камчатки в 2011 г. // Вулканизм и связанные с ним процессы. Матер. регион. конф. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2012. С. 20-25.

8. *Двигало В.Н., Андреев В.И., Гавриленко Г.М. и др.* Деятельность вулканов юго-восточной Камчатки и Северных Курил в 1985-1986 гг.// Вулканология и сейсмология. 1988. № 3. С. 13-20.
9. *Иванов Б.В., Дрознин В.А., Вакин Е.А. и др.* Извержение вулкана Горелый в 1985 г. // Вулканология и сейсмология. 1988. № 4. С. 93-98.
10. *Иванов Б.В.* Сейсмологические предвестники вершинных извержений Ключевского вулкана на Камчатке (на примере вулканического дрожания): Афтореф. канд. дисс. Иркутск, 2011. 12 с.
11. *Кирсанов И.Т., Озеров А.Ю.* Состав продуктов и энергетический эффект извержения вулкана Горелый в 1980-1981 гг.// Вулканология и сейсмология. 1983. № 1. С. 25-42.
12. *Овсянников А.А.* Состояние вулкана Горелый в июне 2010 г.// Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2010. Вып. 5. № 1. С.10-13.
13. *Соболевская О.В.* Сейсмичность вулкана Горелый в 1984-2009 гг.// Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки. Матер. региональн. конф. Петропавловск-Камчатский: КФ ГС РАН, 2009. С. 382-386.
14. *Стентон Гланц.* Методико-биологическая статистика. Москва: Практика, 1999. С. 462.
15. *Токарев П.И.* Вулканические землетрясения Камчатки. М.: Наука, 1981. 163 с.
16. *Уткин И.С., Федотов С.А., Делемень И.Ф., Уткина Л.И.* Динамика роста и развития проточных магматических очагов Мутновско-Гореловской группы вулканов, их тепловые поля и накопленное ими подземное тепло// Вулканология и сейсмология. 2005. № 6. С. 11-29.
17. *Федотов С.А., Кузин И.П.* Скоростной разрез верхней мантии в области Южных Курильских островов // Изв. АН СССР. Серия геофиз. 1963. № 5. С. 670-686.
18. *Чебров В.Н., Дрознин Д.В., Кугаенко Ю.А. и др.* Система сейсмологических наблюдений на Камчатке на пороге 50-летия // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Тр. науч.-техн. конф. Обнинск: ГС РАН, 2011. С. 35-42.

THE ESTIMATION OF SEISMIC PARAMETERS OF THE VOLCANO
GORELY, KAMCHATKA, DURING 2007-2013 ACTIVATION

Bersenyova Natalia

Kamchatka branch of the Geophysical Service RAS

There is account of seismic activity of volcano Gorely in period of its activation 2007- 2013 in present paper. The modified classification of volcanic earthquakes by Tokarev and set of seismic parameters were used. Comparison of temporal features in volcano seismic activity and others volcanic manifestations let mark out characteristic phases in volcano activation, differing in seismic parameters. Statistically significant difference between values of seismic parameters in detailed phases of activity was proved with used distribution-free tests χ^2 and multiple comparison of Dann. Dependence of quantity of explosive earthquakes from intensity of volcanic tremor and seismic peculiarities before appearance of high-temperature fumarole in June 2010 were examined.

Key words: volcano Gorely, seismic activation, volcanic tremor, classification of volcanic earthquakes by Tokarev.