

ТЕКУЩИЙ ЦИКЛ АКТИВНОСТИ КЛЮЧЕВСКОГО ВУЛКАНА 1995-2008 ГГ.: РАЗВИТИЕ ПО СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИМ, ФОТО-, ВИДЕО И ВИЗУАЛЬНЫМ ДАННЫМ

В.В. Иванов

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006,
e-mail: vivanov@kscnet.ru*

Введение

В работе исследовались особенности активного вулканического процесса на гигантском базальтовом вулкане Ключевской (Камчатка) во время его нового цикла активности, начавшегося в 1995 г. и продолжающегося до сих пор (март 2008 г.). Цели работы: а) определение понятий «начало» и «окончание извержения», б) разработка методики интерпретации режимных сейсмологических, фото-, видео- и визуальных данных и выделение на этой основе фаз «покоя» и «активности», «подготовки извержения и релаксации» для текущего цикла активности Ключевского; в) анализ хода извержений, их группируемости и формулировка прогноза развития его текущего цикла активности. Исследовались параметры: ежесуточные значения амплитуд вулканического дрожания и количеств вулканических землетрясений IV-типа, характер и параметры активности по фото-, видео- и визуальным наблюдениям, сведения о динамике изменения размеров вершинного кратера вулкана и т.д.

Ключевской вулкан, будучи достаточно молодым (~7.5 тыс. лет), является самым высоким вулканом Европы и Азии (около 4750 м над ур. моря) и извергает в среднем 60 млн. т. базальтов в год [10]. Это составляет около половины от массы вулканических продуктов, ежегодно выносимых на дневную поверхность всеми действующими вулканами Курило-Камчатской островной дуги (около 70 вулканов) [18]. Для него типичными являются извержения в вершинном кратере, а также побочные (эксцентричные) извержения с образованием многочисленных шлаковых конусов на его склонах [18]. По типу извержения этого вулкана бывают стромболианскими, вулканско-стромболианскими и стромболианско-вулканскими. Извержениям, как правило, предшествует длительная фаза мощной парогазовой активности центрального кратера. Вершинные извержения часто, а побочные всегда, сопровождаются излияниями лавовых потоков.

Регулярные визуальные данные об активности этого вулкана имеются, начиная с 1935 г. [6]. Сейсмологические наблюдения на вулкане ведутся с 1946 г., а с 1978 г. и геодезические [16,17]. В 1970-1980 гг. на Северной группе вулканов, к которой относится Ключевской вулкан, была создана радиотелеметрическая сеть аналоговых сейсмических станций [1]. С мая 1998 г. началось цифрование данных этих станций, передача их в г. Петропавловск-Камчатский и накопление в архиве цифровых сейсмограмм с доступом в реальном времени [2]. В 1990-х годах началось развитие режимных фото- и видеосъемок Ключевского вулкана (устное сообщение Ю.В. Демянчука, КФ ГС РАН). Все выше сказанное позволяет считать Ключевской вулкан главной природной лабораторией на Камчатке для изучения механизма вулканической деятельности и разработки методов прогноза извержений.

Изучению Ключевского вулкана, механизма его магматической деятельности, цикличности и прогнозу извержений посвящены работы [6,7,8,9,15,17,18]. Б.И. Пийп впервые обнаружил, что извержения Ключевского вулкана образуют серии (группы) «быстро следующих друг за другом извержений, разделенных сравнительно длитель-

ными паузами». Он назвал эти серии эруптивными циклами и показал, что побочные извержения есть неотъемлемая часть этих серий. На завершающей фазе серий нередко происходят вершинные пароксизмальные извержения наивысшей силы, при которых активизируется весь главный кратер вулкана [8, 9]. В работах [15, 17] утверждается, что в переходном слое от коры к мантии и в нижних частях земной коры под Ключевским вулканом на глубинах 40-25 км располагается область промежуточных магматических очагов, в которых накапливается и дифференцируется основная и ультраосновная магма и находится вероятный источник эксцентрических извержений.

П.И. Токарев ввел определение понятия вулканического цикла, который включает две фазы – покоя и активности. Фаза активности состоит из фазы подготовки извержения, самого извержения и фазы релаксации после него [12, 13, 14]. Вслед за Перре (Perret) он ввел определение более длительного цикла активности вулкана как интервала времени от конца предыдущей серии извержений до начала следующей серии. В работе [6] была подробно проанализирована деятельность Ключевского вулкана за 51 год (1920-1970); за этот период произошло 22 извержения, 8 из которых были побочными. Побочные извержения внутри цикла активности происходили незакономерно, но, как правило, его заканчивали. В этой работе впервые обнаружено увеличение со временем абсолютных отметок побочных прорывов (1932-1970 гг.) и было предсказано начало нового эруптивного цикла вулкана и его следующее побочное извержение (1973+-1 год). Очередное вершинное извержение вулкана началось в 1972 г., а побочное – в 1974 г., т.е. этот прогноз оправдался по времени.

После извержения 7 сентября - 2 октября 1994 г., завершившегося пароксизмальной фазой 1 октября, Ключевской вулкан к концу 1994 г. перешел в состояние покоя, т.е. закончился его предыдущий цикл активности. С января 1995 г. начался следующий цикл, который продолжается и в настоящее время. С 1995 г. и до июля 2002 г. вулкан находился в состоянии относительного покоя (около 7.6 лет). Затем произошло три его активизации, каждая из которых включала по одному вершинному извержению. Побочных извержений на вулкане не было. С декабря 2007 г. и по настоящее время (конец марта 2008 г.) в течение более 3.5 мес. вулкан находится в состоянии покоя. Возникает необходимость оценки дальнейшего поведения Ключевского вулкана и его ареальной зоны шлаковых конусов, а также более полного изучения ряда аспектов механизма его деятельности.

Исходные данные для анализа

1. Сейсмологические и визуальные данные наблюдений из оперативных сейсмологических бюллетеней с/ст. «Ключи» КФ ГС РАН.
2. Сейсмологические данные с сайта КФ ГС РАН <http://emsd.iks.ru/~ssl/monitoring/main.htm>.
3. Режимные фото- и видеоданные, любезно предоставленные Ю.В. Демянчуком.
4. Материалы собственных наблюдений во время извержений вулкана Ключевской в 2005 и 2007 гг.

На временном интервале январь 1995 г. - март 2008 г. исследовались параметры: а) ежесуточные величины отношения средних амплитуд к периоду вулканического дрожания (А/Тср.) и количеств (N) вулканических землетрясений IV-типа на сейсмостанции «Цирк» ($\Delta=8.8$ км); б) визуальные качественные характеристики активности: фумарольная и парогазовая деятельности (ФД и ПГД), газопепловые выбросы (ГПВ), свечение в вершинном кратере (СВ), выбросы бомб (Б) и излияния лавовых потоков (ЛП); в) насыщенность пеплом и высоты подъема вулканических облаков по фото-видео- и визуальным данным, сведения об изменении размеров вершинного кратера вулкана и т.д.

Определение понятий «начало и окончание извержения»

Парадоксально, но до сих пор нет единого согласованного всеми исследователями определения такого понятия, как «начало (конец) извержения». Поэтому мы вынуждены ввести это определение, которого будем придерживаться в дальнейшем. При этом мы используем следующие предпосылки:

1) Фумарольная деятельность (ФД) является фоновой для Ключевского вулкана, это самый низкий уровень активности вулкана, ее наличие позволяет считать вулкан находящимся в фазе относительного покоя. Отсутствие ФД на вулкане бывает редко. Здесь и далее мы используем аббревиатуры, которые фигурируют в дальнейших рисунках, они являются общепринятыми при проведении визуальных наблюдений на вулканах Камчатки.

2) Более мощная, чем ФД, парогазовая деятельность (ПГД) на Ключевском, по нашему мнению, указывает на факт магматического интрузивного процесса и полагается связанной в основном с взаимодействием интрузивов с метеорными водами, которыми насыщена брекчия, заполняющая вулканический канал. ПГД не свидетельствует о начале извержения, но часто является предвестником готовящегося извержения.

3) Ни начало, ни окончание извержения не могут быть установлены только на основании сейсмологических данных, поскольку эти данные отражают не только внешнюю (вулканическую), но внутреннюю (магматическую) активности (см. далее).

Отсюда вытекает следующее определение: «*начало извержения*» - факт *устойчивого* появления на поверхности земли т.н. «ювенильных» продуктов: примеси пепла в вулканических облаках (ГПВ) и/или раскаленных продуктов в кратере. Обычно это сопровождается появлением свечения (СВ), раскаленных бомб (Б), фонтанированием (ФЛ) или излиянием лавы (Л). Таким образом, наличие мощной парогазовой деятельности в вершинном кратере в соответствии с введенными нами определениями не свидетельствует о начале извержения вулкана. Это свидетельство глубинного магматического процесса (интрузий), которые имеют место в питающем канале вулкана Ключевского. «*Окончание извержения*»-это прекращение появления вышеуказанных индикаторов активности.

Методика интерпретации данных режимных сейсмологических наблюдений

В более ранней работе автора исследовалась эффективность преобразования тепловой энергии вулканических струй и облаков в энергию вулканического дрожания для извержений разных типов на ряде вулканов Камчатки [5]. Было показано, что при стромболианской (вулканско-стромболианской или стромболианско-вулканской) активности амплитуды возникающего вулканического дрожания примерно на порядок больше, чем при парогазовой (фумарольной) активности. Газопепловые выбросы (ГПВ) сопровождаются вулканическим дрожанием, амплитуда которого выше, чем при парогазовой, но ниже чем при стромболианской активности. Имеется в виду при одинаковых уровнях тепловой мощности струй и облаков извержений.

В соответствии с этим, на Ключевском вулкане мы интерпретируем сейсмологические данные следующим образом:

1. Отсутствие вулканического дрожания, превышающего уровень микросейсм, или нерегулярно появляющееся слабое дрожание означает наличие спокойного состояния вулкана (СП) или слабой фумарольной деятельности (сл. ФД) на нем.

2. Малоинтенсивное ($A/TcpЦирк \leq 0.5\text{мкм/с}$) вулканическое дрожание, превышающее фон микросейсм, отражает постоянную, более мощную парогазовую эмиссию через трещины в кратере вулкана (ПГД) или сильную фумарольную деятельность. Устойчивое появление такого дрожания свидетельствует о начале активизации вулкана (начале его активной фазы).

3. «Местные землетрясения» (события IV-типа по П.И. Токареву) – это фреатические взрывы, происходящие в этих же трещинах. При этом полагается, что мощные

взрывы вулканского типа с пеплом, как на вулкане Карымском, не характерны для базальтового Ключевского вулкана. По мнению автора, для него более характерны стромболианская или стромболианско-вулканская активности.

По нашему мнению, явления пп. 2 и 3 свидетельствуют о периодических интрузиях базальтовой магмы в обводненную брекчию, заполняющую питающий канал Ключевского и о взаимодействии магмы с метеорной водой. При этом при наблюдении из пос. Ключи ($\Delta=32$ км) на вулкане отмечается мощная парогазовая деятельность, видимого ночью свечения не отмечается. Это свидетельства начала активизации вулкана. Однако при этом непрерывного движения магмы по питающему каналу вулкана не происходит и мы полагаем, что извержение (магматическое) при этом еще не началось. Перетекание горячих газовых потоков постепенно приводит к образованию в кратере вулкана жерл, стенки которых раскалены до видимого днем свечения, по которым вскоре будет подниматься магма нового извержения. Такие жерла неоднократно наблюдались во время облетов вершинного кратера вулкана (устное сообщение В.Н. Двигало).

4. Наличие пепловых облаков на Ключевском (ГПВ) сопровождается вулканическим дрожанием с амплитудами ($A/T_{\text{ср.Цирк}} \leq 2$ мкм/с), что больше, чем при парогазовой активности.

5. Высокоинтенсивное ($A/T_{\text{ср.цирк}} = 2 - 40$ мкм/с) вулканическое дрожание связано со стромболианской, вулканско-стромболианской или субплинианской активностями.

По нашему мнению, явления пп. 4 и 5 свидетельствуют о непрерывном движении магмы как многофазной смеси по питающим каналам, что сопровождается мощными пульсациями потока из-за его многофазности и/или его фрагментации. Мы полагаем, что при этом имеет место извержение вулкана (магматическое). Однако в ряде случаев интенсивное вулканическое дрожание может быть внутренним процессом в канале вулкана и не отражаться на поверхности земли в виде извержения (см. далее). Поэтому определение момента начала извержения только по сейсмологическим данным затруднительно.

Основные фазы активности Ключевского вулкана в 1995 - начале 2008 гг.

По имеющимся данным, на основании введенных выше определений и методики, мы выделим основные фазы покоя и активизации Ключевского вулкана с января 1995 г. по март 2008 г.

С января 1995 г. начался новый цикл активности вулкана с длительной (продолжительностью около 7.6 лет) фазы покоя, которая продолжалась до 17 июля 2002 г. (рис. 1). Следует заметить, что покой на Ключевском вулкане весьма относительное понятие, поскольку в течение всех этих лет на вулкане эпизодически отмечалось слабое вулканическое дрожание. Дрожания не было только в январе-ноябре 1996 г. С 17 июля 2002 г. дрожание на Ключевском стало постоянным и постепенно началось увеличение отношения среднего значения его амплитуды к периоду на с/ст. «Цирк». С этого момента началась фаза активизации, которая продолжалась в течение около двух лет и завершилась 22 июля 2004 г. В дальнейшем на вулкане произошло еще две активизации продолжительностью 1.6 и 1.3 года, разделенные относительно кратковременными фазами покоя 5.4 и 10 мес. Последняя активизация вулкана завершилась 10 декабря 2007 г., после которой вулкан находится в течение 3.5 мес. в состоянии покоя (на конец марта 2008 г.). Данные об активизациях текущего цикла активности вулкана сведены в табл. 1.

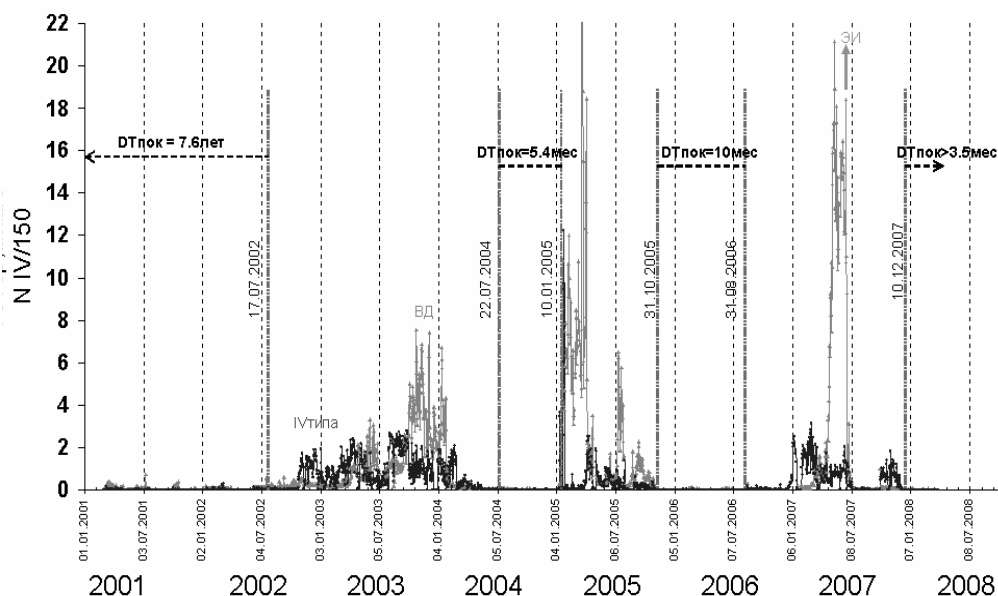


Рис.1. Временной ход отношения средних значений амплитуд к периодам (A/T_{cp}) и ежесуточных значений (N) взрывных вулканических землетрясений IV-типа (изображены числа $N/150$) Ключевского вулкана на сейсмостанции «Цирк» ($\Delta=8.8$ км, канал EW) с января 2001 г. по март 2008 г. Выделены активные интервалы и интервалы относительного покоя. Исходные данные КФ ГС РАН

Таблица 1. Сведения об активизациях Ключевского вулкана с 1995 по март 2008 г.

Название фазы	Дата		Длительность
	начала	завершения	
Покоя	Янв 1995	17.07.2002	7.6 лет
1-я активизация	17.07.2002	22.07.2004	1.9 лет
Покоя	22.07.2004	10.01.2005	5.4 мес.
2-я активизация	10.01.2005	31.10.2005	0.8 лет
Покоя	31.10.2005	31.08.2006	10 мес.
3-я активизация	31.08.2006	10.12.2007	1.3 лет
Покоя	10.12.2007	наст.вр.(конец марта 2007 г.)	>3.5 мес.

Описание трех последних активизаций Ключевского вулкана

Каждая из трех активизаций вулкана Ключевского включала в себя фазы подготовки, извержения и фазу релаксации. На рис. 2. более детально показано развитие первой активизации вулкана с 1 января 2002 г. по 2004 г. Там приведены графики интенсивности вулканического дрожания и взрывных вулканических землетрясений, а также визуальные характеристики активности вулкана. Пользуясь упомянутой выше методикой, на графике выделены моменты начала и окончания всех трех фаз (табл. 2).

Первая активизация имела следующие особенности. Подготовка извержения выражалась в увеличении отношения амплитуд к периодам вулканического дрожания

($A/T_{ср}$), в дальнейшем в появлении большого количества взрывных вулканических землетрясений IV типа (до 450 событий в сутки) на с/ст. «Цирк». Начало извержения определялось по появлению устойчивых газопепловых эмиссий из центрального кратера вулкана (ГПВ), а его окончание по прекращению свечения (СВ) в кратере и резкому снижению уровня дрожания. Из рис. 2 видно, что первые три месяца извержение было вулканским (скорее с чертами стромболианской активности), а в последующие 6.3 мес. оно было стромболианским (вулканско-стромболианским, см. параметры активности на рис. 2, вверху). Общая продолжительность извержения составила 9.3 мес. Окончание фазы релаксации после извержения определялось по прекращению устойчивого появления вулканического дрожания на этой сейсмостанции.

Вторая активизация Ключевского вулкана началась 10 января и продолжалась до 30 мая 2005 г. (рис. 3). Она имела несколько интересных особенностей (табл. 3).

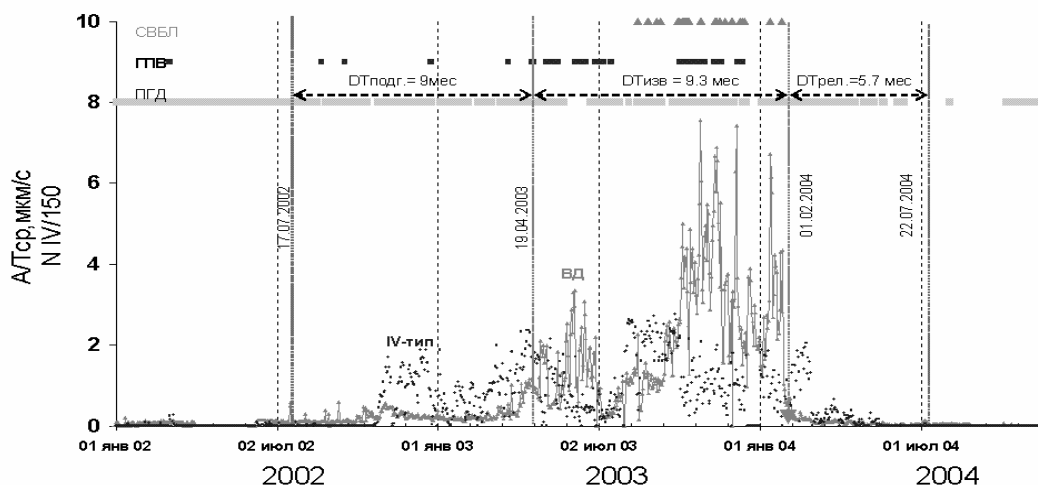


Рис. 2. Первая активизация вулкана Ключевского с 1 января 2002 г. по 2004 г. Показано отношение средних значений амплитуд к периодам ($A/T_{ср}$) и ежесуточных значений N взрывных вулканических землетрясений IV типа (изображены числа $N/150$) Ключевского вулкана на сейсмостанции «Цирк» ($\Delta=8.8$ км, канал EW), а также визуальные параметры активности. Выделены фазы подготовки, извержения и релаксации. Исходные данные КФ ГС РАН.

Таблица 2. Сведения о первой активизации Ключевского вулкана с 17.07.2002 г. до 22.07.2004г.

Название фазы	Дата		Длительность
	начала	завершения	
Подготовка	17.07.2002	19.04.2003	9 мес.
1-е извержение	19.04.2003	01.02.2004	9.3 мес.
Релаксация	01.02.2004	22.07.2004	5.7 мес.

Во-первых, фаза подготовки была сравнительно непродолжительной (всего 7 суток) и выражалась в резком увеличении ежесуточных количеств землетрясений IV типа и отношения $A/T_{ср}$ дрожания. Извержение продолжалось 2.5 мес. и было стромболианско-вулканским в последующем с излиянием лавового потока по Крестовскому желобу на северный склон вулкана. Фаза релаксации была растянута во времени и продолжалась 3 мес. Важной особенностью этой активизации было то, что после ее окончания имело место два эпизода очень интенсивного вулканического дрожания (в июле-августе и в сентябре-октябре 2005 г.) продолжительностью 20 и 60 суток, которые сопровождалась лишь слабой фумарольной деятельностью вершинного кратера (см. рис. 3). Мы полагаем, что в это время уровень магмы в питающем канале был сравнительно

низким и мощные стромболианские процессы происходили внутри него и не были видны снаружи. Этот феномен на Ключевском вулкане отмечен нами впервые.

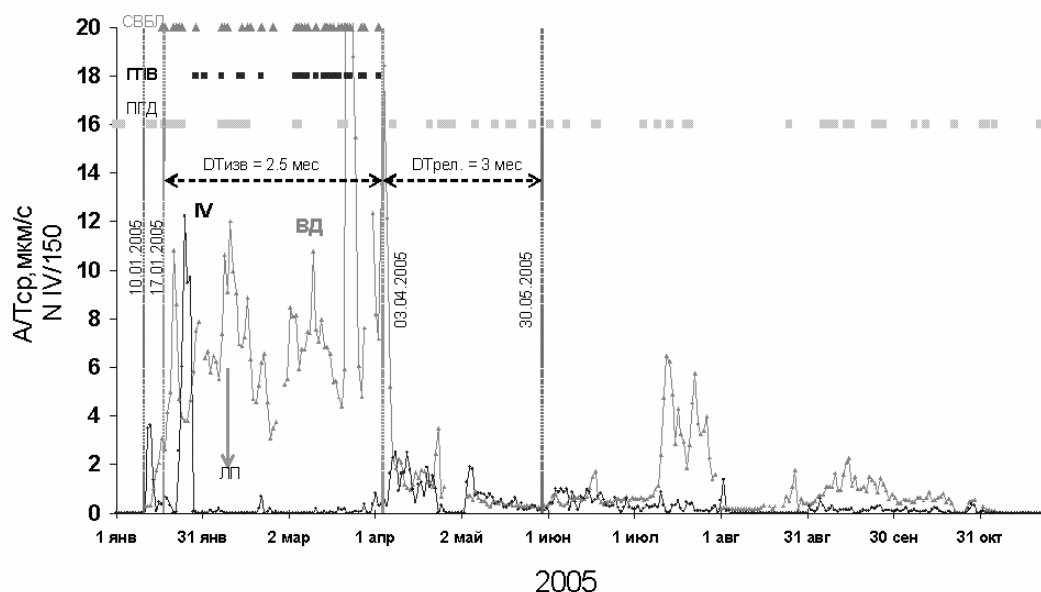


Рис.3. Вторая активизации вулкана Ключевского с 10 января по 30 мая 2005 г. Показано отношение средних значений амплитуд к периодам (A/T_{cp}) и ежесуточных значений N взрывных вулканических землетрясений IV-типа (изображены числа $N/150$) Ключевского вулкана на сейсмостанции «Цирк» ($\Delta=8.8$ км, канал EW), а также визуальные параметры активности. Выделены фазы подготовки, извержение и релаксации. В июле и в августе-сентябре по сейсмологическим данным отмечено два эпизода магматической активности, которые никак визуально не были проявлены. Исходные данные КФ ГС РАН.

Таблица 3. Сведения о второй активизации Ключевского вулкана с 10 янв. до 30 мая 2005 г.

Название фазы	Дата		Длительность
	начала	завершения	
Подготовки	10.01.2002	17.01.2005	7 дн.
2-е извержение	17.01.2005	03.04.2005	2.5 мес.
Релаксации	03.04.2005	30.05.2005	3 мес.

Третья активизация вулкана началась 25 ноября 2006 г. и завершилась 15 июля 2007 г. (см. рис. 4 и табл. 4). Она характеризовалась сравнительно длительной (4 мес.) подготовкой, что выразилось в значительном увеличении ежесуточных количеств вулканических землетрясений IV типа и в значительно меньшей степени в увеличении интенсивности вулканического дрожания. Само извержение первые 1.5 мес. было чисто стромболианским, затем его интенсивность значительно увеличилась и оно приобрело черты стромболианско-вулканского, при этом наблюдалось самое интенсивное за все время наблюдения дрожание. Описание извержения дано в работе [3]. Фаза релаксации после извержения практически отсутствовала. На рис. 4 в октябре-ноябре 2007 г. можно увидеть эпизод увеличения количества «взрывных» землетрясений IV-типа, который сопровождался слабой ПГД. Мы интерпретируем это явление как внедрение магмы в обводненную брекчию питающего канала вулкана. Извержения при этом не происходило.

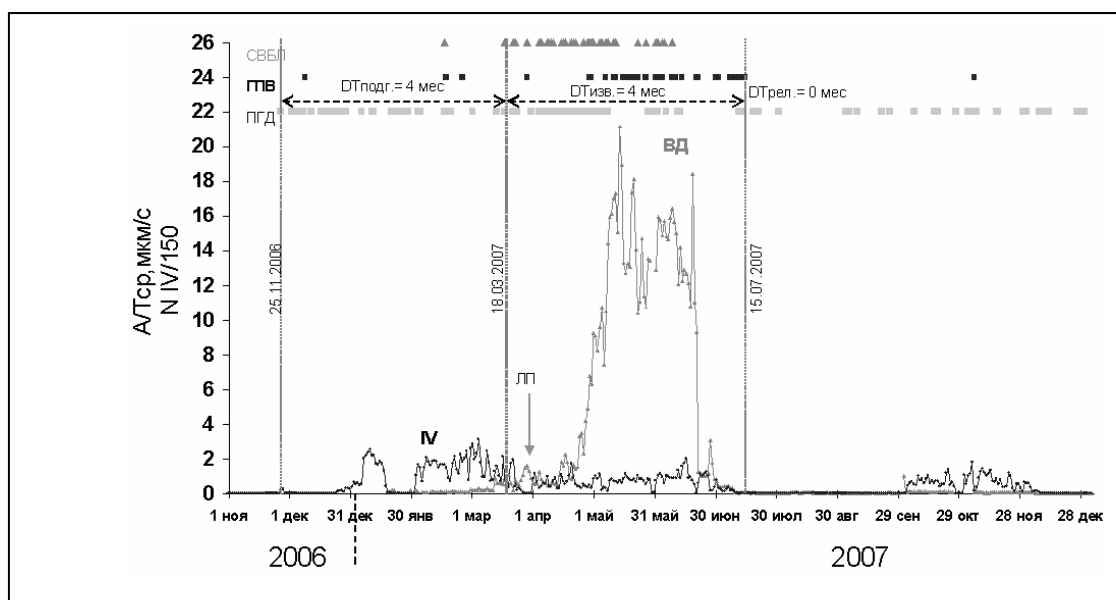


Рис.4. Третья активизация вулкана Ключевского с 25 ноября 2006 г. по 15 июля 2007 г. Показано отношение средних значений амплитуд к периодам (A/T_{cp}) и ежесуточных значений N взрывных вулканических землетрясений IV-типа (изображены числа $N/150$) Ключевского вулкана на сейсмостанции «Цирк» ($\Delta=8.8$ км, канал EW), а также визуальные параметры активности. Выделены фазы подготовки, извержения и релаксации. В октябре-ноябре 2007 г. на рисунке виден эпизод увеличения количества «взрывных» землетрясений IV-типа, который визуальным образом никак не был проявлен. Мы интерпретируем его как внедрения магмы в обводненную брекчию питающего канала вулкана. Исходные данные КФ ГС РАН.

Таблица 4. Сведения о третьей активизации Ключевского вулкана с 25 ноября 2006 г. до 15 июля 2007 г.

Название фазы	Дата		Длительность
	начала	завершения	
Подготовки	25.11.2006	18.03.2007	4 мес.
3-е извержение	18.03.2007	15.07.2007	4 мес.
Релаксации	15.07.2007	15.07.2007	0 мес.

Прогноз развития текущего цикла активности

1. На основании многолетних наблюдений предыдущие циклы активности на Ключевском вулкане включали в себя от 4 до 12 извержений, в текущем цикле произошло пока три извержения. Что говорит в пользу продолжения текущей серии извержений.

2. Согласно долгосрочному прогнозу В.А. Широкова [19], активная фаза на Ключевском вулкане заканчивается в марте 2009 г., что увеличивает шансы на еще одно извержение вулкана в текущей серии.

3. Третье извержение из указанных закончилось сильным эксплозивным извержением, после которого образовался значительный провал на дне вершинного кратера вулкана (данные А.Ю. Озерова на июль 2007 г.). Это свидетельствует об оттоке магмы из питающего канала вулкана и уменьшает вероятность извержения в скором времени. Однако размеры этого провала значительно меньше, чем в 1995 г.

4) Мы полагаем, что в настоящее время отсутствуют тектонические условия, благоприятные для внедрения магмы в ареальную зону шлаковых конусов Ключевского вулкана.

Выводы

На основании разработанной в статье методики интерпретации режимных сейсмологических и визуальных данных и их анализа получены следующие результаты:

1. После окончания извержения 1994 г. на вулкане Ключевской последовала очень продолжительная фаза покоя длительностью около 7.6 лет, с которой начался текущий цикл активности Ключевского вулкана (с января 1995г.).

2. Затем на вулкане произошло три вершинных извержения:

- с 19 апреля 2003 г. по 1 февраля 2004 г.,

- с 17 января по 3 апреля 2005 г., сопровождавшееся излиянием лавовых потоков,

- с 18 марта по 15 июля 2007 г., сопровождавшееся излиянием лавовых потоков.

3. Извержения предварялись и наследовались фазами подготовки и релаксации, которые вместе с извержением образовывали достаточно длительные (1-2 года) фазы активности. Длительность интервалов покоя между тремя фазами активности составила 5.4; 10 и более 3.5 мес., что на порядок меньше, чем длительность начальной фазы покоя (7.6 лет). Это подтверждает группировку трех извержений в серию. Длительность текущего цикла активности Ключевского на настоящий момент (конец марта 2008 г.) составила 13 лет и 3 мес.

4. Извержения предварялись увеличением ежесуточных количеств взрывных вулканических землетрясений IV типа и увеличением амплитуд дрожания. Можно предполагать, что они отражали усиление интрузивных процессов в обводненной брекчии, заполняющей питающий канал вулкана. Заблаговременность предвестников была самая разная: 9 мес., 7 дн. и 4 мес. для каждого из трех извержений.

5. По сейсмологическим данным в 2005 г. нами было отмечено новое явление – эпизоды интенсивной стромболианской активности продолжительностью 20 и 60 суток внутри питающего канала, которые практически не проявились на поверхности земли.

6. Последнее увеличение количества землетрясений IV типа на вулкане отмечено в октябре-ноябре 2007 г., что интерпретируется нами как интрузии магмы в обводненную брекчию питающего канала вулкана. С середины декабря 2007 г. вулкан находится в покое (более 3.5 мес. на конец марта 2008 г.).

7. По состоянию на март 2008 г. мы ожидаем, что текущая серия извержений на Ключевском вулкане пока не закончилась и в августе-ноябре 2008 г. ожидается начало нового усиления активности вулкана, за которым в январе-сентябре 2009 г. последует еще одно извержение текущей серии. Вероятность побочного извержения оценивается как малая.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаврилов В.А., Шевченко Ю.В. и др. Локальные сейсмометрические сети на базе РТС: принципы организации и опыт эксплуатации на Камчатке // Сейсмологические наблюдения на Дальнем Востоке СССР (Методические работы ЕСССН). М.: Наука, 1989. С. 15-27.
2. Гордеев Е.И., Чебров В.Н., Викулин А.В. и др. Система сейсмологических наблюдений на Камчатке // Кроноцкое землетрясение на Камчатке: предвестники, особенности, последствия. Петропавловск-Камчатский. 1998. С. 12-24.
3. Жаринов Н.А., Демянчук Ю.В. Извержение вершинного кратера вулкана Ключевской (Камчатка) в феврале-июле 2007 г. // Данный сборник материалов.
4. Жданова Е.Ю., Рудаков В.П. Проявления ритмичности в эруптивной деятельности вулканов Ключевской группы и Шивелуча (Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 1994. № 3. С. 20-34.
5. Иванов В.В. О сопоставлении тепловой мощности эруптивных струй и вулканического дрожания для извержений разных типов // Вулканология и сейсмология. 1988. № 5. С. 53-63.
6. Кирсанов И.Т., Пономарев Г.П., Штейнберг Г.С. Некоторые закономерности извержений Ключевского вулкана // Бюл. вулканол. станций. 1973. № 49. С. 93-98.

7. *Озеров А.Ю., Карпов Г.А., Дроздин В.А. и др.* Динамика извержения Ключевского вулкана 7 сентября - 2 октября 1994 г. (Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 1996. № 5. С. 3-16.
8. *Пийп Б.И.* Ключевская сопка и ее извержения в 1944-1945 гг. и в прошлом // Тр. Лаб. вулканологии АН СССР. Вып. 11. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 307 с.
9. *Пийп Б.И.* Особенности извержений Ключевского вулкана // Тр. Лаб. вулканологии АН СССР. Вып. 13. М.: Изд-во АН СССР, 1958. С. 99-119.
10. *Поляк Б.Г., Мелекесцев И.В.* Продуктивность вулканических аппаратов // Вулканология и сейсмология. 1981. № 5. С. 22-37.
11. *Токарев П.И.* О некоторых закономерностях вулканического процесса // ДАН СССР. 1971. Т. 199. С. 422-425.
12. *Токарев П.И.* Некоторые закономерности вулканического процесса // Магмообразование и его отражение в вулканическом процессе. М.: Наука, 1977. С. 25-40.
13. *Токарев П.И.* Долгосрочный прогноз извержений вулканов // Вулканология и сейсмология. 1979. № 3. С. 77-90.
14. *Токарев П.И.* Количественная характеристика и повторяемость вулканических извержений // Вулканология и сейсмология. 1986. № 6. С. 110-118.
15. *Федотов С.А., Хренов А.П., Жаринов Н.А.* Ключевской вулкан, его деятельность в 1932-1986 гг. и возможное развитие) // Вулканология и сейсмология. 1987. №4. С. 3-16.
16. *Федотов С.А., Феофилактов В.Д., Гордеев Е.И. и др.* Развитие сейсмологических наблюдений на Камчатке // Вулканология и сейсмология. 1987. №6. С. 11-28.
17. *Федотов С.А., Жаринов Н.А., Горельчик В.И.* Деформации и землетрясения Ключевского вулкана, модель его деятельности) // Вулканология и сейсмология. 1988. №2. С. 3-42.
18. *Хренов А.П., Двигало В.Н., Кирсанов И.Т. и др.* Вулкан Ключевской // Действующие вулканы Камчатки. Т. 1. Гл. 6. М.: Наука, 1991. С. 106-153.
19. *Широков В.А.* Некоторые вопросы методики комплексного прогноза побочных извержений вулкана Ключевской (Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 1985. №6. С. 48-57.
20. *Шеймович В.С., Патока М.Г.* Геологическое строение зон активного кайнозойского вулканизма. М.: Недра, 1989. 204 с.

CURRENT CYCLE OF ACTIVITY OF KLYUCHEVSKOY VOLCANO 1995 – 2008: ITS DEVELOPMENT ACCORDING SEISMIC, PHOTO AND VISUAL DATA

V.V. Ivanov

*Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, 683006,
e-mail: vivanov@kscnet.ru*

Peculiarities of the new active cycle started in 1995 of the giant basaltic Klyuchevskoy volcano (Kamchatka) are studied. At the volcano three eruptions of duration 9.3; 2.5 and 4 months, respectively, are took place. We have drawn a conclusions that current active cycle of Klyuchevskoy is not yet completed. Its duration consists 13 years and 3 months (on March 2008). On March 2008, forecast estimations are as following: the beginning of the new activation of the summit crater is expected to start between August-November 2008. In January-September 2009 a new summit eruption are expected. The probability of a flank eruption in the nearest years is estimated as low. In 2005 at Klyuchevskoy a two episodes of very intensive tremor lasted 20 and 60 days are reviewed. They were associated with only weak fumarilic activity. We interpreted this phenomenon as an internal strombolian eruptions inside the volcanic conduit.