

14. Федотов С.А., Озеров А.Ю., Магуськин М.А. и др. Извержение Карымского вулкана в 1998-2000 гг. и связанные с ними сейсмические, геодинамические и поствулканические процессы и их воздействие на окружающую среду. // Сб. «Катастрофические процессы и их влияние на природную среду». Том. 1. Вулканизм. М. 2002. С. 117-140.
15. Хренов А.П., Дубик Ю.М., Иванов Б.В. и др. Эруптивная деятельность вулкана Карымский за 10 лет (1970-1980) // Вулканология и сейсмология. 1982. № 4. С. 29-48.

УДК 550.34+551.21

ИССЛЕДОВАНИЯ ВУЛКАНОВ КАМЧАТКИ ДИСТАНЦИОННЫМИ  
МЕТОДАМИ В 2006 ГОДУ

**Сенюков С.Л., Дрознина С.Я., Гарбузова В.Т., Нуждина И.Н., Кожевникова Т.Ю.,  
Толокнова С.Л., Соболевская О.В.**

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, г.Петропавловск-Камчатский,  
683006 e-mail: [ssl@emsd.ru](mailto:ssl@emsd.ru)*

### **Введение**

На территории полуострова Камчатка расположено 29 действующих вулканов [1]. Камчатский филиал Геофизической службы (КФГС) проводит мониторинг активности действующих вулканов с целью оценки вулканической опасности. Эта работа необходима для своевременного предупреждения населения и административных органов о возможности извержения, для уменьшения последствий катастрофических событий и для обеспечения безопасности авиа полетов (в рамках проекта KVERT [2, 3]) на трассах, проходящих вблизи полуострова Камчатка. Ежедневная оценка активности вулканов представляется с февраля 2000 г. в Интернете по адресу: <http://emsd.iks.ru/~ssl/monitoring/main.htm>. Срочная информация о вулканической опасности передается по электронной почте или телефону в ГУ МЧС России по Камчатской области, консультационные центры по вулканическим пеплам в Анкоридже, Вашингтоне и Токио, Аляскинскую Вулканологическую Обсерваторию (АВО), Институт Вулканологии и Сейсмологии (ИВС), Метеоцентр Елизовского Аэропорта. Прогнозы о возможных извержениях вулканов передаются в Камчатский Филиал Российского Экспертного Совета (КФ РЭС).

### **Методы исследований**

В настоящее время оценка состояния вулканов делается ежедневно на основе данных трех дистанционных видов наблюдений: 1) сейсмический мониторинг - обработка и интерпретация данных автоматических телеметрических сейсмических станций в режиме, близком к реальному времени – наиболее информативный и надежный, качество данных не зависит от погодных условий; 2) визуальные и видео наблюдения; 3) спутниковый мониторинг тер-

мальных аномалий и пепловых выбросов на основе обработки и интерпретации данных датчика AVHRR спутников NOAA. Прием данных осуществляет Камчатский Центр Связи и Мониторинга (КЦСМ) [4].

Сейсмический мониторинг включает обработку и составление каталогов для землетрясений 1-3 типа (по классификации П.И. Токарева) [6]. Для них определяются стандартные параметры: координаты и глубина очага, время возникновения и энергия. Каталог землетрясений Авачинской группы вулканов за 2006 год включает 187 событий, из них 15 с энергетическим классом  $K_s \geq 4.0$  [7]. Каталог землетрясений Северной группы вулканов за 2006 год включает 5288 событий, из них 4631 с  $K_s \geq 4.0$ . Дополнительно проводится обработка и анализ вулканических землетрясений, для которых невозможно получить стандартные характеристики. Это либо слабые землетрясения, зарегистрированные только ближайшими станциями, либо землетрясения 4-го типа - поверхностные вулканические события. Для таких землетрясений в оперативном режиме выполняется традиционная и сразу окончательная обработка с разделением по типам (в соответствии с классификацией П.И. Токарева) и определением их количества и суммарного отношения А/Т. Результаты публикуются ежедневно в Интернете по адресу: <http://emsd.iks.ru/~ssl/monitoring/main.htm> в разделе «Землетрясения».

Во избежание недоразумений в результатах наблюдений приводится только Гринвичское время (GMT или UTC). Местное время равняется GMT+12 час – зимой, и GMT+13 час – летом.

## **Результаты**

### **Вулкан Безымянный**

5 августа 2006 г. были введены в систему наблюдений две новые телеметрические станции («KIR» и «BZM»), расположенные к западу от вулкана Безымянный. Станция «BZM» находится в 7 км от вершины вулкана, поэтому теоретический минимальный уровень регистрируемой сейсмичности по ближайшим станциям уменьшился до класса 2.9. До этого времени минимальный уровень соответствовал классу землетрясений 3.6, по станциям «LGN» и «ZLN», которые расположены в 13.5 км от кратера вулкана.

На рисунке 1 представлена карта эпицентров и проекция гипоцентров на вертикальный разрез для района вулкана Безымянный. На рисунке 2 - графики сейсмической активности, которые наглядно показывают типичную для вулкана сейсмичность за последние годы. После периодов покоя наблюдаются периоды активизации, которые обычно заканчиваются извержениями. В 2006 г вулкан извергался в мае и в декабре.

На снимках со спутников NOAA16 и NOAA17, предоставляемых КЦСМ, наличие на вулкане постоянной термальной аномалии свидетельствует о том, что горячий материал находится близко к поверхности и вулкан может начать извергаться без сильной предварительной сейсмической подготовки. На основании приобретенного опыта (в течение 1999-2005 гг.

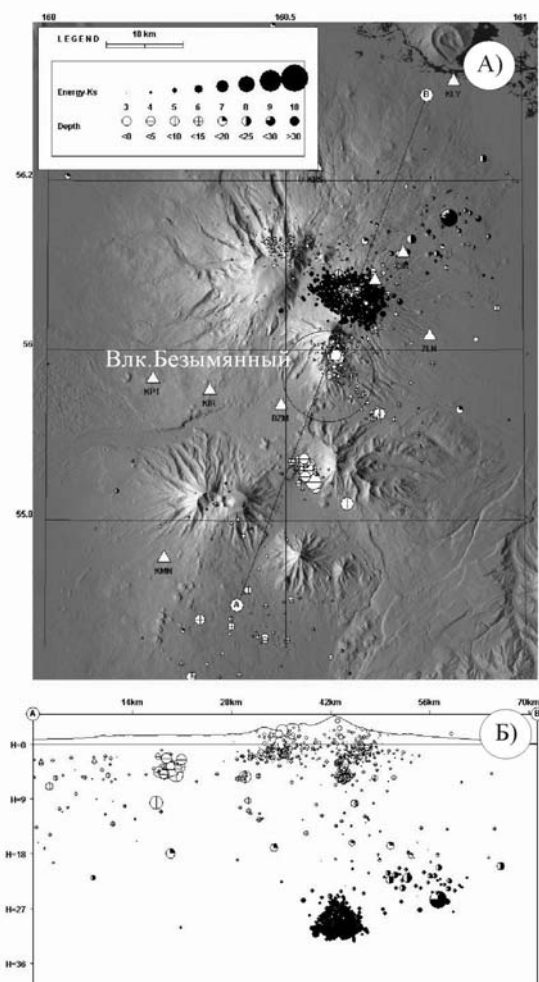


Рис. 1. Сейсмичность района вулкана Безымянный в 2006 г. А) карта эпицентров; Б) проекция гипоцентров на вертикальный разрез вдоль линии АВ. Радиус окружности вокруг вулкана Безымянный равен 6 км.

было зарегистрировано 10 извержений), для вулкана Безымянный был определен и протестирован алгоритм прогноза (автор С.Л. Сеньюков) его извержений [8]:

1) Вероятность извержения вулкана Безымянный равна нулю, если в районе вулкана регистрируется «фоновая», нормальная сейсмичность (не более 10 поверхностных землетрясений с  $K_s \geq 3.0$  ( $M_l \geq 0.75$ ) за сутки или нет землетрясений с  $K_s \geq 4.0$  ( $M_l \geq 1.25$ )), и максимальная температура термальной аномалии на куполе вулкана не превышает максимальную температуру аномалии лавового потока от второго конуса БТТИ-1975 (которую можно считать постоянной).

2) Вероятность извержения равна 50%, если в районе вулкана начинает регистрироваться «повышенная» сейсмичность (более 10 поверхностных землетрясений с  $K_s \geq 3.0$  ( $M_l \geq 0.75$ ) за сутки или хотя бы одно с  $K_s \geq 4.0$  ( $M_l \geq 1.25$ )).

3) Извержение произойдет в следующие 30 дней с вероятностью 90%, если в течение последних 3 суток регистрировалась сейсмичность «выше фона» и наблюдается дальнейший рост количества и энергии поверхностных землетрясений, в сочетании с ростом максимальной температуры термальной аномалии на куполе вулкана относительно максимальной температуры аномалии лавового потока от второго конуса БТТИ-1975.

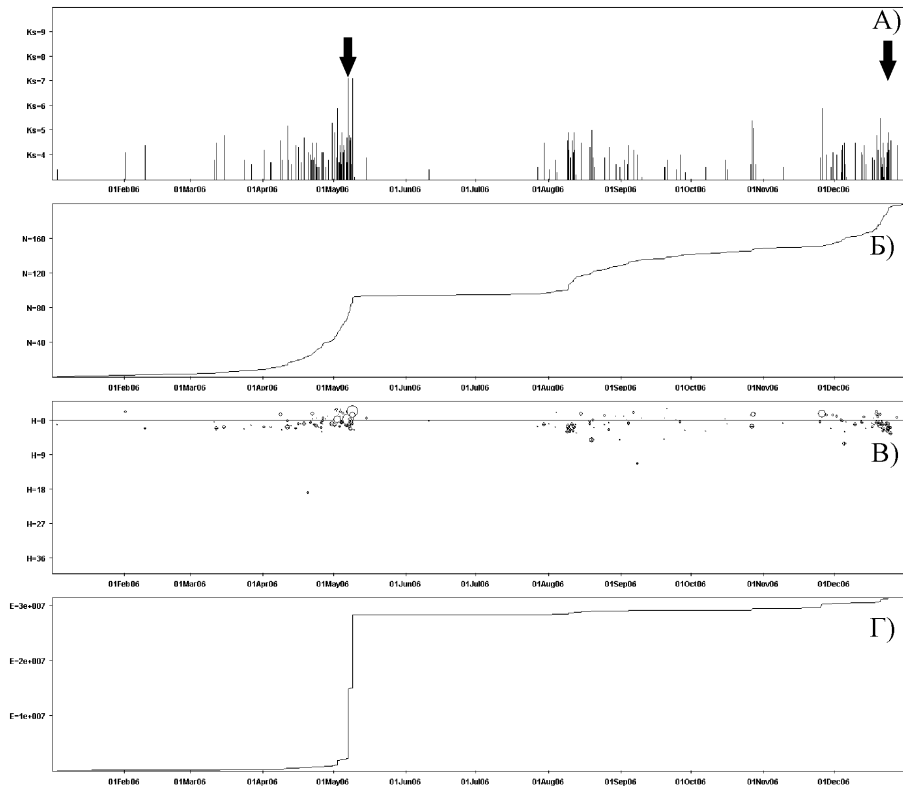


Рис. 2. Графики распределения во времени различных параметров сейсмической активности для землетрясений, произошедших в радиусе 6 км от вулкана Безымянный: А) энергетический класс по S-волне; Б) кумулятивное количество землетрясений; В) глубина гипоцентров, км; Г) кумулятивная энергия, Дж. Стрелками показаны извержения.

4) Время извержения можно уточнить с точностью до недели по ежедневным данным регистрации предваряющей сейсмичности. Извержение произойдет в следующие 7 дней с вероятностью 100%, после того как наряду с повышенной сейсмичностью начинают регистрироваться сейсмические события (более 5 за сутки), сопровождающие по нашей интерпретации сход лавин (что может свидетельствовать о вздымании купола).

5) По интенсивности предваряющего роя землетрясений можно делать приблизительную оценку масштабов будущего извержения путем сравнения с интенсивностью сейсмической подготовки зарегистрированных извержений.

6) Существующая в настоящее время сеть автоматических телеметрических сейсмических станций позволяет проводить все эти исследования, если средняя амплитуда дрожания в течение суток на вулкане Ключевской не больше 1 мкм/сек по станции «CIR».

В соответствии с этим алгоритмом были успешно спрогнозированы оба извержения в 2006 г. без пропусков и ложных тревог.

Вулкан Безымянный начал активизироваться в апреле, когда стали периодически регистрироваться поверхностные землетрясения. Количество и энергия их постепенно увеличивалась, и с первого мая они стали регистрироваться ежедневно. Второго мая сотрудника-

ми Лаборатории ИСВА КФ ГС РАН был сделан прогноз о возможном извержении вулкана в течение ближайшего месяца. Прогнозировалось эксплозивное извержение с высотой пепловых выбросов до 10 км над уровнем моря и продолжительностью не более нескольких суток. Шестого мая количество, амплитуда и продолжительность сейсмических сигналов, соответствующих по нашему мнению сходу лавин резко выросли. На рисунке 3 представлен график

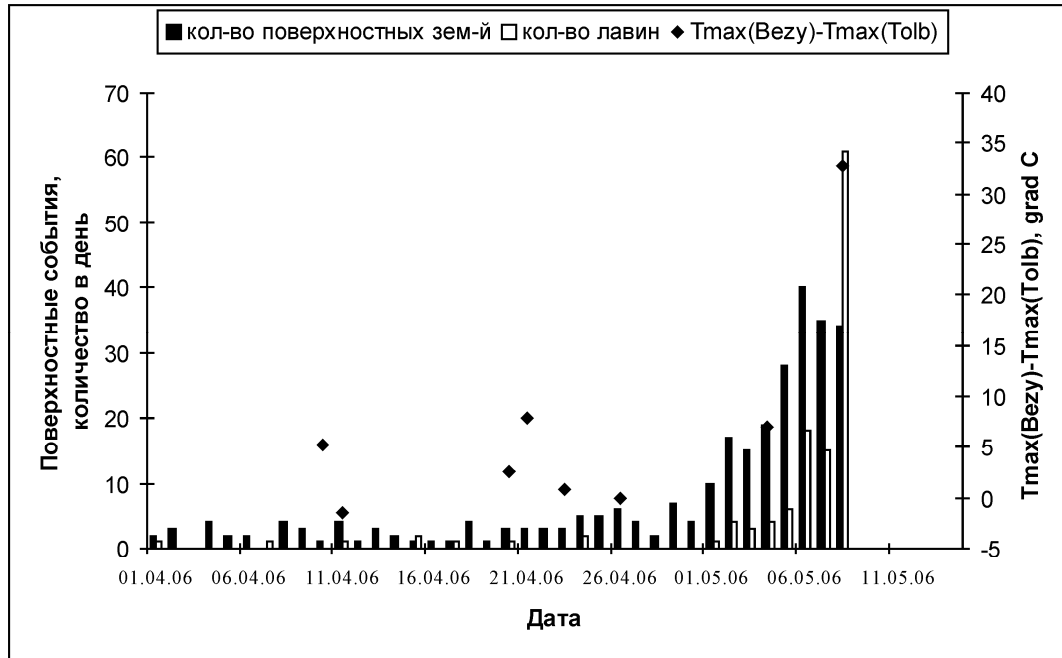


Рис. 3. Графики количества поверхностных землетрясений, количества лавин и разницы температур перед извержением вулкана Безымянный 9 мая 2006 г. Данные по температурам аномалий были предоставлены Аляскинской Вулканологической Обсерваторией.

изменения во времени количества поверхностных землетрясений, количества лавин и разницы температуры аномалии на вулкане Безымянный и температуры аномалии на лавовом потоке из второго конуса БТТИ-1975 перед извержением 9 мая 2006 г. Видео наблюдения позволили зафиксировать лавину, сошедшую по склону вулкана, и подтвердили наше предположение об интерпретации сейсмических сигналов, сопровождающих сход лавин. В КФ РЭС был передан уточненный прогноз времени извержения, которое ожидалось с вероятностью 90% в период с 7 по 14 мая. Сейсмическая активность усиливалась, по визуальным и видео данным на вулкане наблюдались паро-газовые выбросы, возможно с примесью пепла до 2000м над куполом, и 9 мая в 6 час 30 мин участниками проекта КВЕРТ (сотрудниками ИВС и КФ ГС) было принято решение об изменении цветового кода на вулкане Безымянный на красный, т.е. извержение ожидалось в ближайшие часы. По сейсмическим данным максимальная фаза эксплозивного извержения произошла 9 мая с 08 час 21 мин до – 08 час 45 мин UTC. Максимальная амплитуда сейсмического события достигала значения  $A/T = 23.52$  мкм/сек (по станции «ZLN»). Видео данные зафиксировали начало максимальной фазы извержения с формированием пирокластического потока в 08 час 22 мин. Высота пеплового столба оценивалась разными наблюдателями от 12 км до 15 км над уровнем моря. По спут-

никовым данным в 10 час 56 мин в районе вулкана наблюдалась термальная аномалия размером 20 пикселей и пепловый шлейф, протяженностью ~160 км на северо-восток, рисунок 4. Информация о максимальной фазе извержения была передана в режиме срочных сообщений участникам проекта KVERT (ИВС и АВО), в консультационные центры по вулканическим пеплам в Токио, Анкоридже и Вашингтоне, а также в ГУ МЧС России по Камчатской области. К 12 час 9 мая сейсмичность вернулась к фоновому уровню.



Рис. 4. Спутниковый снимок NOAA17 (band4-5, 09 мая 10 час 56 мин UTC) с пепловым облаком (белого цвета) от извержения вулкана Безымянный. Данные предоставлены КЦСМ, обработка – лаборатория ИСВА КФ ГС РАН.

Второе извержение произошло в декабре. Примерно за месяц до извержения в районе вулкана стали регистрироваться поверхностные землетрясения и серии поверхностных событий, возможно сопровождавшие сход лавин. В дальнейшем наблюдался волнообразный, постепенный рост количества и энергии поверхностных землетрясений, но в целом предваряющая сейсмичность была более слабой, чем сейсмическая подготовка перед извержением 9 мая. 22 декабря сотрудниками Лаборатории ИСВА КФ ГС РАН был сделан прогноз о возможном извержении вулкана в течение ближайших 30 дней. 23 декабря неожиданно значительно возросли количество, амплитуда и продолжительность сейсмических сигналов, сопровождающих сход лавин. Кроме того, в период с 21 по 23 декабря температура термальной аномалии на вулкане по спутниковым данным резко выросла от  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $+35^{\circ}\text{C}$ . Поэтому 23 декабря в 19 час 30 мин UTC был сделан уточненный прогноз возможного извержения, который был передан в КФ РЭС и ГУ МЧС России по Камчатской области (по факсу). Прогнозировалось эксплозивное извержение с высотой пепловых выбросов от 6 до 15 км над уровнем моря с возможным излиянием лавового потока (несколько километров) в период с 24 декабря по 31 декабря 2006 года. На рисунке 5 представлен график изменения во времени количества

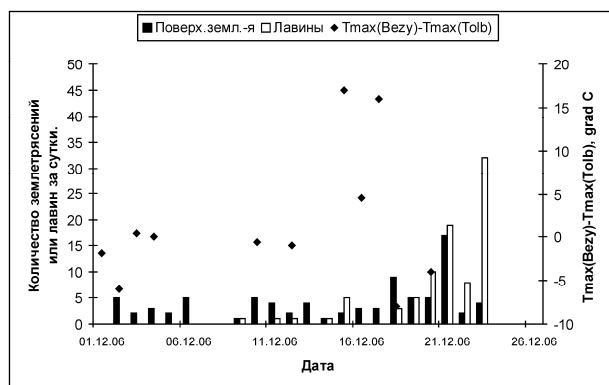


Рис. 5. Графики количества поверхностных землетрясений, количества лавин и разницы температур перед извержением вулкана Безымянный 24 декабря 2006 г. Данные по температурам аномалий были получены в лаборатории ИСВА.

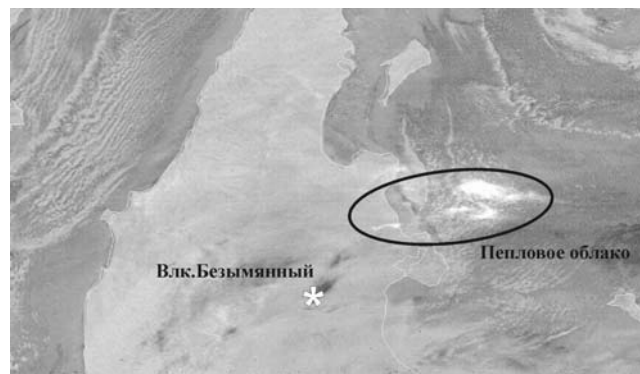


Рис. 6. Спутниковый снимок NOAA16 (band4-5, 24 декабря 17 час 35 мин UTC) с пепловым облаком (белого цвета) от извержения вулкана Безымянный. Данные предоставлены КЦСМ, обработка – лаборатория ИСВА КФ ГС РАН.

поверхностных землетрясений, количества лавин и разницы температуры аномалии на вулкане Безымянный и температуры аномалии на лавовом потоке из второго конуса БТТИ-1975 перед извержением 24 декабря 2006 г. За несколько минут до начала 24 декабря по видео данным стали регистрироваться события, вероятно сопровождавшие сход лавин и слабые пепловые выбросы. Также регистрировалось слабое вулканическое дрожание. Максимальная фаза извержения по сейсмическим данным произошла с 09 час 17 мин до 10 час 20 мин. Информация о начале максимальной фазы извержения была передана в режиме срочных сообщений участникам проекта KVERT (ИВС и АВО), в консультационные центры по вулканическим пеплам в Токио, Анкоридже и Вашингтоне, а также в ГУ МЧС России по Камчатской области. Несмотря на сумерки, по визуальным данным сотрудников сейсмостанции «Козыревск» в это время отчетливо наблюдалась пепловая колонна гриб образной формы высотой до 13 км над уровнем моря. В колонне периодически наблюдались вспышки молнии. На спутниковом снимке в 17 час 35 мин была зарегистрирована термальная аномалия размером 8 пикселей и пепловое облако на расстояние около 270 км в восточном направлении. Температура аномалии была  $43.6^{\circ}\text{C}$ , при температуре фона =  $(-23^{\circ}\text{C})$ . На рисунке 6 представлен спутниковый снимок с пепловым облаком от извержения 24 декабря.

### Вулкан Шивелуч

В 2006 г. вулкан Шивелуч был активен только в декабре. С января по ноябрь каких-либо заметных признаков активности, в реальном режиме времени, по сейсмическим и спутниковым данным выявлено не было. Наблюдалась нормальная, фоновая сейсмичность. Расположение вулкана, карта эпицентров, разрез и графики сейсмической активности приведены на рисунках 7 и 8.

Ретроспективный анализ показал, что максимальная температура аномалии вулкана Шивелуч увеличивалась относительно температуры аномалии на лавовом потоке из Второго конуса БТТИ-1975 в период с 20 октября (начало измерений) по 02 декабря 2006 г., рисунок 9.

Предполагается, что температура аномалии на лавовом потоке из Второго конуса БТТИ-1975 остается постоянной, и ее можно использовать как точку отсчета. Возможно более детальное исследование этого параметра, даст возможность выделить этот признак как прогностический. Пока это только первый результат.

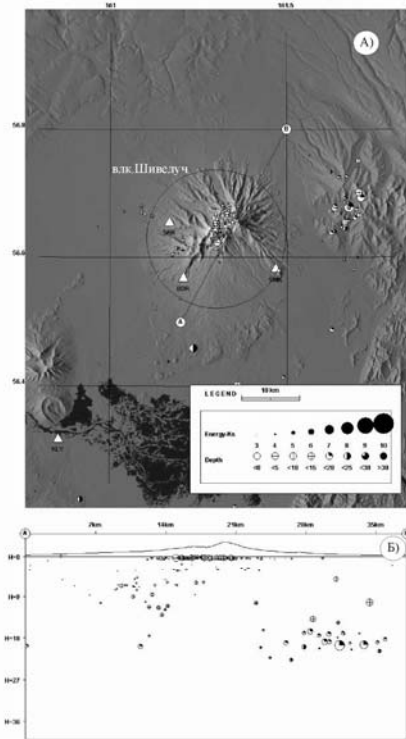


Рис. 7. Сейсмичность района вулкана Шивелуч в 2006 г. А) карта эпицентров; Б) проекция гипоцентров на вертикальный разрез вдоль линии АВ. Радиус окружности вокруг вулкана Шивелуч равен 12 км.

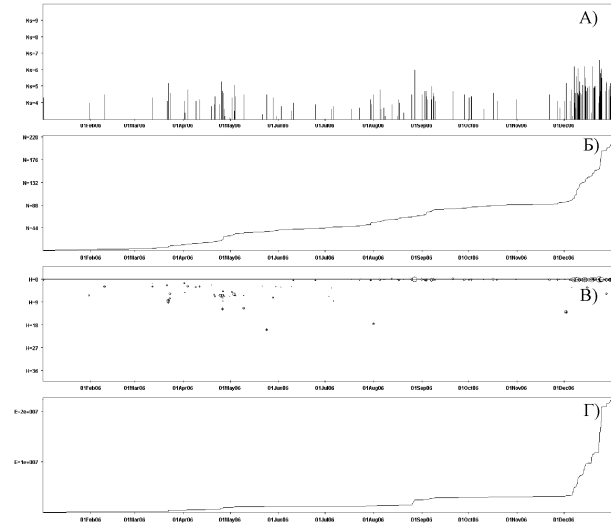


Рис. 8. Графики распределения во времени различных параметров сейсмической активности для землетрясений, произошедших в радиусе 12 км от вулкана Шивелуч: А) энергетический класс по S-волне; Б) кумулятивное количество землетрясений; В) глубина гипоцентров, км; Г) кумулятивная энергия, Дж.

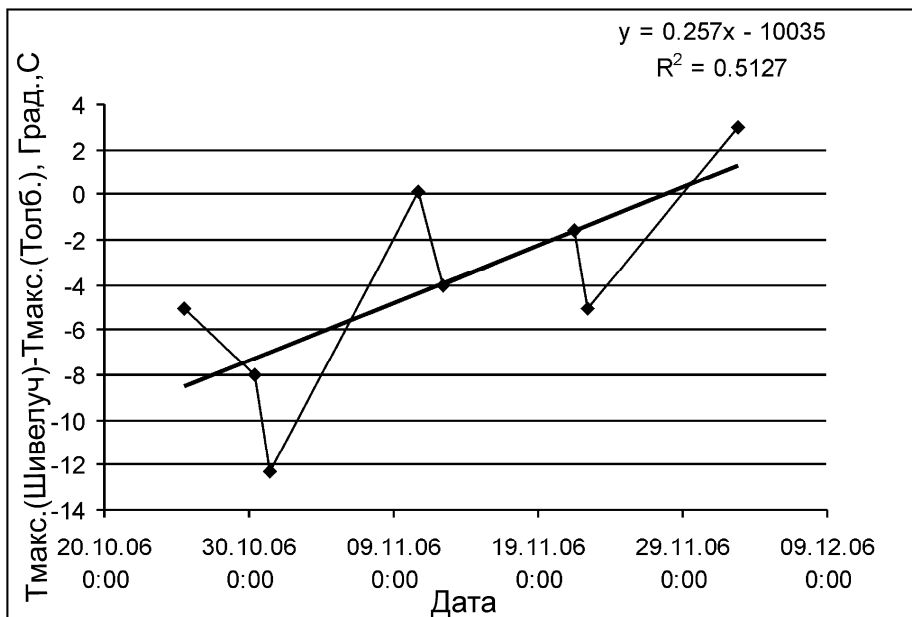


Рис. 9. График изменения во времени разницы максимальной температуры аномалии вулкана Шивелуч и температуры аномалии на лавовом потоке из Второго конуса БТТИ-1975. На графике приведена формула линейного положительного тренда.



По сейсмическим данным первое слабое извержение началось неожиданно 4 декабря в 19 час 06 мин UTC и продолжалось около 15 мин. По видео наблюдениям это был пепловый выброс высотой до 4000 м над уровнем моря. В дальнейшем наблюдалось постепенное увеличение активности вулкана, рост количества и энергии поверхностных землетрясений, увеличение высоты и продолжительности пепловых выбросов. Наибольшая активность наблюдалась 26 декабря, когда высота пепловых выбросов достигала 10 км над уровнем моря, и регистрировалась непрерывная газо-пепловая деятельность. По спутниковым данным пепловый шлейф от извержения протягивался на расстояние свыше 150 км в юго-восточном направлении, рисунок 10. В течение всего года наблюдалась термальная аномалия на растущем куполе, свидетельствующая о присутствии на поверхности горячего магматического материала, рисунок 11. Максимального размера (до 28 пикселей) аномалия достигала в период наибольшей вулканической активности, с 25 по 31 декабря, рисунок 12. Измерения температуры по данным AVHRR в такие периоды были невозможны, так как температура превышала возможный предел измерений 50÷60 градусов по Цельсию.

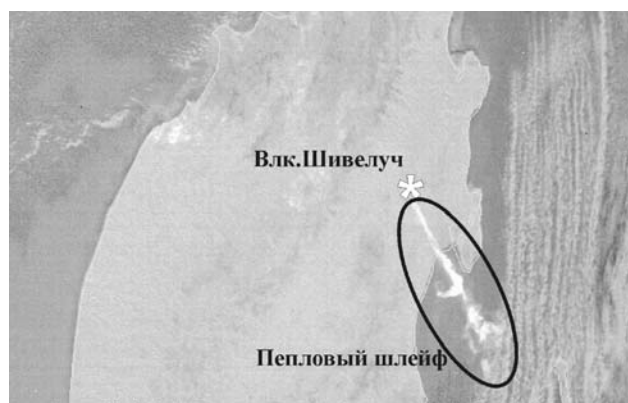


Рис. 10. Спутниковый снимок NOAA16 (band4-5, 27 декабря 04 час 44 мин UTC) с пепловым облаком (белого цвета) от извержения вулкана Шивелуч. Данные предоставлены Камчатским Центром Связи и Мониторинга, обработка – лаборатория ИСВА КФ ГС РАН.



Рис. 11. Спутниковый снимок NOAA17 (band3, 28 декабря 09 час 57 мин UTC) с термальной аномалией (черного цвета) на вулкане Шивелуч. Данные предоставлены Камчатским Центром Связи и Мониторинга, обработка – лаборатория ИСВА КФ ГС РАН.

Зарегистрированные в декабре по видео и фото снимкам пепловые выбросы, рисунок 13, позволили начать исследовательские работы по внедрению в практику опробованной ранее методики выделения газо-пепловых выбросов и оценки их высоты по сейсмическим данным [5]. К сожалению, первые результаты показали, что по данным установленных новых станций невозможно разделить пепловые выбросы и лавины. Поэтому, необходимо дополнительно установить новую станцию ближе к активному куполу, специально для выделения пепловых выбросов, так как это необходимо для безопасности авиа полетов. На рисунке 14 представлены данные о вулканическом дрожании.

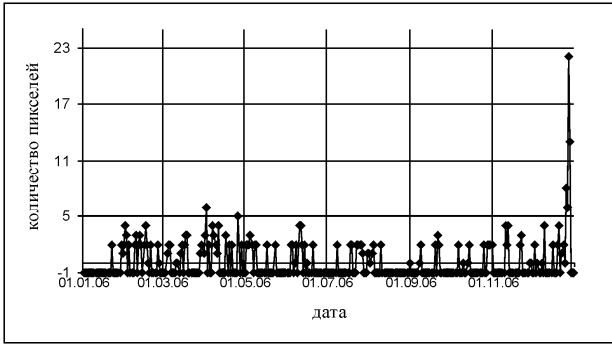


Рис. 12. Размер термальной аномалии на вулкане Шивелуч в 2006 г. Величина «-1» означает отсутствие снимков или вулкан закрыт. Данные спутников NOAA16 и NOAA17 предоставлены КЦСМ, обработка – лаборатория ИСВА КФ ГС РАН.

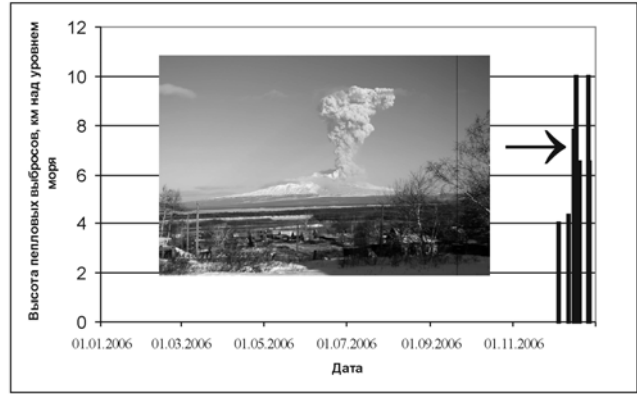


Рис. 13. Газо-пепловые выбросы вулкана Шивелуч в 2006 г. В график вложена фотография Ю.В. Демянчука, 17 декабря 2006 г 01 час 55 мин UTC.

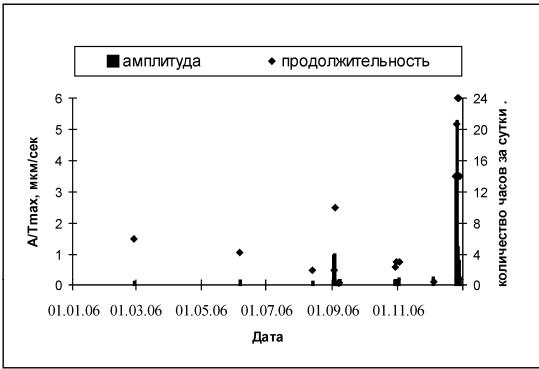


Рис. 14. Вулканическое дрожание вулкана Шивелуч в 2006 г.

### Вулкан Ключевской

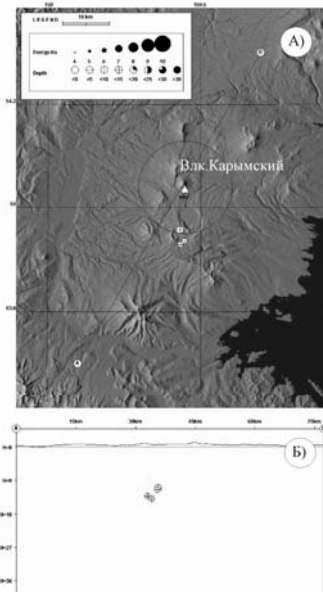


Рис. 15. Сейсмичность района вулкана Ключевской в 2006 г. А) карта эпицентров; Б) проекция гипоцентров на вертикальный разрез вдоль линии АВ. Радиус окружности вокруг вулкана Ключевской равен 7 км.

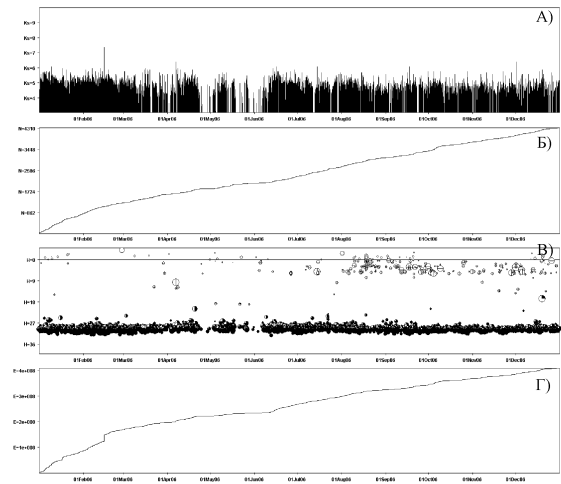


Рис.16. Графики распределения во времени различных параметров сейсмической активности для землетрясений, произошедших в радиусе 7 км от вулкана Ключевской: А) энергетический класс по S-волне; Б) кумулятивное количество землетрясений; В) глубина гипоцентров, км; Г) кумулятивная энергия, Дж.

В 2006 г. на вулкане Ключевской регистрировалась нормальная, фоновая сейсмичность и только с середины декабря наблюдалось усиление сейсмической активности. На рисунке 15 представлена карта эпицентров и проекция гипоцентров на вертикальный разрез для района вулкана Ключевской. На рисунке 16 - графики сейсмической активности. На рисунке 17 представлены графики кумулятивного количества землетрясений для глубоких и поверхностных событий, которые наглядно показывают, что при практически равномерной сейсмической активности на глубине около 30 км, начиная с августа, резко увеличилась активность в диапазоне глубин от  $-5$  до  $+5$  км Ключевского вулкана.

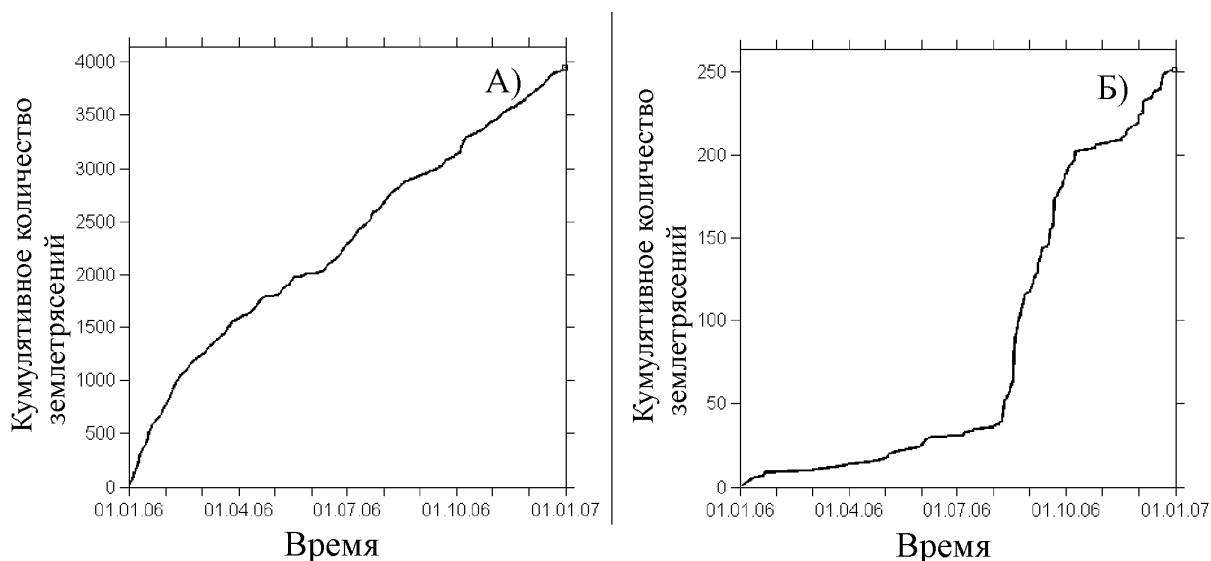


Рис. 17. Графики кумулятивного количества землетрясений для глубоких А) и для поверхностных событий Б).

15 декабря впервые в этом году была замечена слабая термальная аномалия в районе кратера, рисунок 18. В конце декабря увеличилось количество слабых землетрясений 4 типа (от 100 до 330) в постройке вулкана. На рисунке 19 представлены данные о вулканическом дрожании вулкана Ключевской, которое было слабым и непродолжительным. Признаков вулканической активности в виде пепловых выбросов и лавовых потоков отмечено не было.

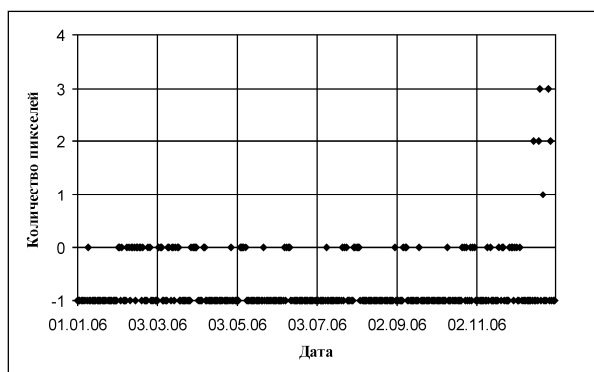


Рис. 18. Размер термальной аномалии на вулкане Ключевской в 2006 г. Величина «-1» означает отсутствие снимков или вулкан закрыт. Данные спутников NOAA16 и NOAA17 предоставлены КЦСМ, обработка – лаборатория ИСВА КФ ГС РАН.

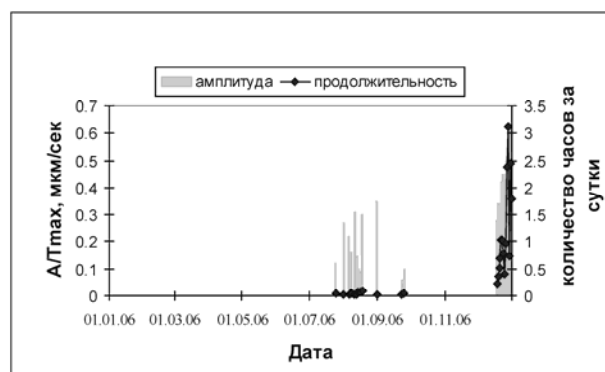


Рис. 19. Графики амплитуды и продолжительности вулканического дрожания вулкана Ключевской в 2006 г по станции «С1R».

## Вулкан Карымский

В исследуемый период вулкан Карымский продолжал извергаться. Ближайшая телеметрическая станция «KRY» расположена на юго-восточном склоне вулкана в 1.5 км от кратера, что обеспечивает уровень регистрации по одной станции землетрясений класса 1.0 и выше. Другие телеметрические станции расположены на расстоянии свыше 100 км и могут обеспечить надежное определение параметров землетрясений по трем станциям с занесением в базу данных только с класса 6.5. В 2006 г. в радиусе 10 км от вулкана были определены стандартные параметры только для двух землетрясений, рисунок 20. Поэтому все основные

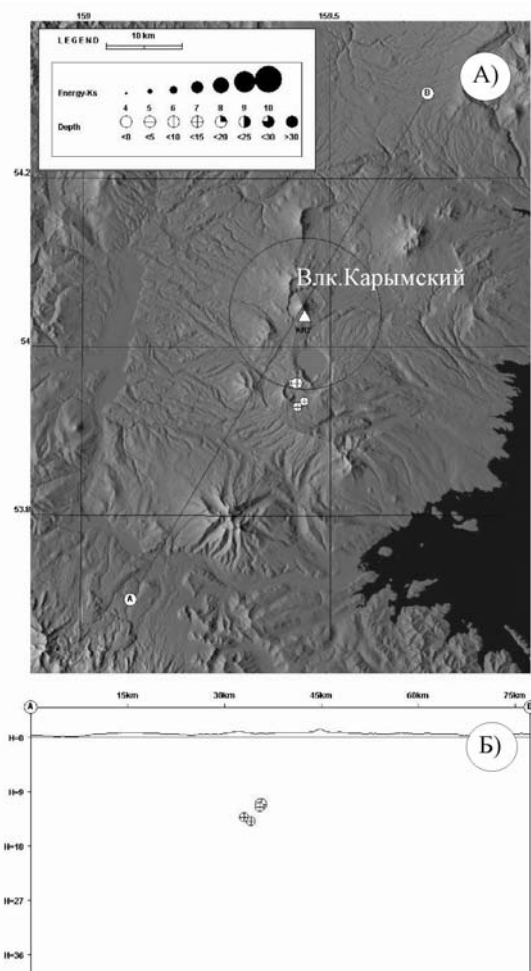


Рис. 20. Сейсмичность района вулкана Карымский в 2006 г. А) карта эпицентров; Б) проекция гипоцентров на вертикальный разрез вдоль линии АВ.

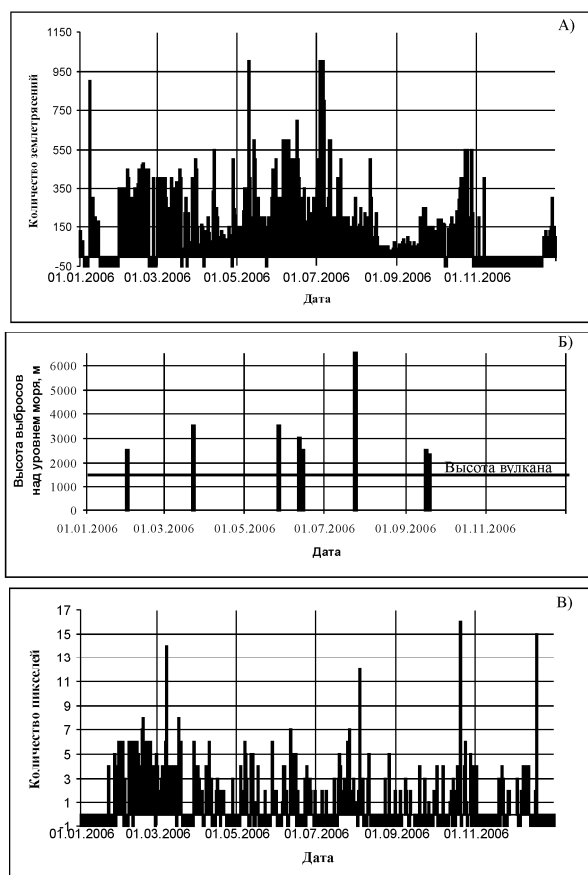
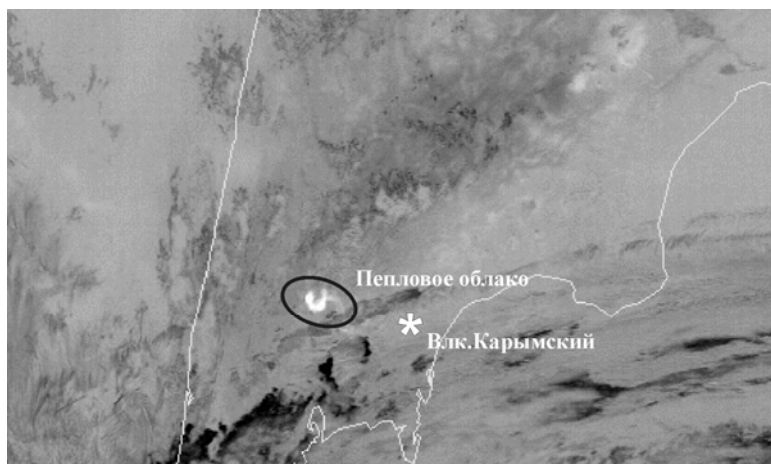


Рис. 21. Графики активности вулкана Карымский: А) количество слабых локальных землетрясений (-50 означает отсутствие данных); Б) пепловые выбросы по визуальным данным. В) размер термальной аномалии (-1 означает отсутствие данных или вулкан закрыт).

выводы о деятельности вулкана были сделаны по данным одной станции «KRY». В течение года чередовались периоды усиления и ослабления активности вулкана. На рисунке 21 А) представлены данные о локальных ( $2 < K_s < 6$ ) поверхностных землетрясениях, большинство из которых это взрывы в кратере. Также фиксировались сейсмические события, обычно сопровождавшие пепловые выбросы. Некоторые пепловые выбросы (очень небольшой процент от общего числа, если проводить совместный анализ сейсмических и визуальных данных)

были зарегистрированы пилотами или научными сотрудниками, рисунок 21 Б). Иногда пепловые облака регистрировались на спутниковых снимках, рисунок 22. На протяжении всего года наблюдалась термальная аномалия в районе кратера, рисунок 21 В). В отсутствии визуальных наблюдений появление и рост термальной аномалии является наряду с сейсмическими данными хорошим доказательством возможного извержения горячего магматического материала в виде лавового потока или обломочной лавины.



*Рис. 22. Спутниковый снимок NOAA17 (band4-5, 20 июля 2006 г., 10 час 02 мин UTC) с пепловым облаком от извержения вулкана Карымский. Данные со спутника NOAA17 предоставлены КЦСМ, обработка – лаборатория ИСВА.*

### **Заключение**

В 2006 г. проведен мониторинг активности действующих вулканов с целью оценки вулканической опасности. Эта работа необходима для своевременного предупреждения населения и административных органов о возможности извержения, для уменьшения последствий катастрофических событий, для обеспечения безопасности авиа полетов в районе полуострова Камчатка. Информация ежедневно публиковалась в Интернете: <http://emsd.iks.ru/~ssl/monitoring/main.htm>.

В 2006 г. были активны следующие вулканы: Безымянный, Шивелуч, Ключевской и Карымский. На остальных вулканах наблюдалась нормальная, фоновая сейсмичность, никаких проявлений вулканической активности отмечено не было.

В течение исследуемого периода времени вулкан Безымянный извергался два раза, 9 мая и 24 декабря. Оба извержения были успешно спрогнозированы группой сотрудников лаборатории ИСВА во главе с заведующим лабораторией. Прогнозы были переданы в КФ РЭС, сотрудникам АВО и ИВС (участникам проекта КВЕРТ). Прогноз для извержения 24 декабря был передан по факсу в ГУ МЧС России по Камчатской области.

Вулкан Шивелуч начал извергаться 04 декабря и продолжал извергаться до конца года. Сделать предупреждение о начале извержения не удалось. Продолжается анализ зарегистрированных параметров для выявления предвестников извержения. Очевидно, что необходима установка новых станций для улучшения сейсмического мониторинга данного вулкана.

На вулкане Ключевской была зафиксирована только одна слабая активизация во второй половине декабря. Активизация была отмечена в виде большого количества (от 100 до 330) слабых землетрясений 4 типа в постройке вулкана, и появлении слабой термальной аномалии в районе кратера, которая до 15 декабря не регистрировалась. Признаков вулканической активности в виде пепловых выбросов и лавовых потоков отмечено не было.

Вулкан Карымский продолжал извергаться.

Если на вулканах регистрировались сильные пепловые выбросы (высотой более 3-5 км над уровнем моря), то информация передавалась как можно быстрее участникам проекта КВЕРТ, в консультационные центры по вулканическим пеплам в Токио, Анкоридже и Вашингтоне, а также в Елизовский Метеоцентр.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Действующие вулканы Камчатки /Под ред. Федотова С.А., Масуренкова Ю.П. М.: Наука, 1991. Т. 1. С. 106-138.
2. Гирина О.А., Сенюков С.Л., Нил К.А.. Камчатская группа реагирования на вулканические извержения (проект KVERT) в 2002-2004 годах. Материалы IV международного совещания по процессам в зонах субдукции Японской, Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг. Петропавловск-Камчатский 21-27 августа 2004 г. С. 31-33.
3. Кирьянов В.Ю., Чубарова О.С., Сенюков С.Л. и др. Группа по обеспечению безопасности полетов от вулканических пеплов (КВЕРТ): 8 лет деятельности //Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы. ИВГиГ ДВО РАН. Петропавловск-Камчатский 2001. С. 408-423.
4. Сенюков С.Л. Мониторинг активности вулканов Камчатки дистанционными средствами наблюдений //Комплексные сейсмологические и геофизические исследования на Камчатке. Петропавловск-Камчатский, 2004. С. 279-291.
5. Сенюков С.Л., Дроздина С.Я., Дроздин Д.В. Опыт выделения пепловых выбросов и оценка их высоты по сейсмическим данным на примере вулкана Шивелуч (Камчатка). //Сборник «Комплексные сейсмологические и геофизические наблюдения на Камчатке», Петропавловск-Камчатский, 2004. С. 292-300.
6. Токарев П.И. Вулканические землетрясения Камчатки. М.: Наука, 1981. 164 с.
7. Федотов С.А. Энергетическая классификация Курило-Камчатских землетрясений и проблема магнитуд. М.: Наука, 1972. 117 с.
8. Senyukov S.L. Algorithm of the eruption prediction of Bezumianny volcano (Kamchatka) // Thesis of 5<sup>th</sup> Biennial Workshop on Subduction emphasizing the Japan-Kuril-Kamchatka-Aleutian Arcs (JKASP-5), Sapporo, July 2006, P. 57.