

СЕЙСМИЧЕСКИЕ И АКУСТИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ ВО ВРЕМЯ АКТИВИЗАЦИЙ ВУЛКАНА БЕЗЫМЯННЫЙ В 2007-2008 ГГ. ПО ДАННЫМ РАДИОТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ И АВТОНОМНЫХ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СТАНЦИЙ

Рагунович М.Ю.^{1,2}, Кожевникова Т.Ю.²

¹ Камчатский Государственный Университет имени Витуса Беринга, г. Петропавловск-Камчатский, tgeo87@mail.ru

² Камчатский филиал Геофизической службы РАН, г. Петропавловск-Камчатский, sva02@emsd.ru

Введение

Вулкан Безымянный является одним из активных вулканов Камчатки. Он расположен в центральной части Ключевской группы вулканов к юго-западу от вулкана Ключевской. Координаты вершины $56^{\circ} 04'$ с.ш., $160^{\circ} 43'$ в.д. Абсолютная высота вулкана составляет 2 869м.

После длительного интервала покоя, длившегося около 900-1000 лет, в 1955-1956 гг. произошло катастрофическое извержение влк. Безымянный [1]. После этого события регулярные эксплозивные извержения происходят с периодичностью один-два раза в год (по данным ЛИСВА). В течение последних пятидесяти трех лет в кратере влк. Безымянный происходит рост экструзивного купола.

В период времени с 2007 по 2008 гг. на вулкане произошли 2 эксплозивных извержения: 14-15 октября 2007 г., 19 августа 2008 г. и 5 ноября 2007 г. произошел обвал в постройке вулкана. Все три события сопровождалось пепловыми шлейфами и сходом пирокластических лавин. Образующиеся пепловые выбросы и облака являются потенциально опасными для авиации.

Камера видеонаблюдения за состоянием вулкана установлена на приемном центре в п. Козыревск и производит запись круглосуточно. Но зафиксировать все пепловые выбросы вулкана визуально невозможно. Во-первых, вулкан недоступен для визуальных наблюдений в ночное время суток, что составляет около 50% от всего времени. Во-вторых, на Камчатке из-за плохих погодных условий более половины дней в году вулкан закрыт облаками, что составляет около 25% от общего времени [4].

Целью настоящей работы является выявление особенностей сейсмических сигналов для определения наличия пепла в выбросах влк. Безымянный при отсутствии визуальных наблюдений.

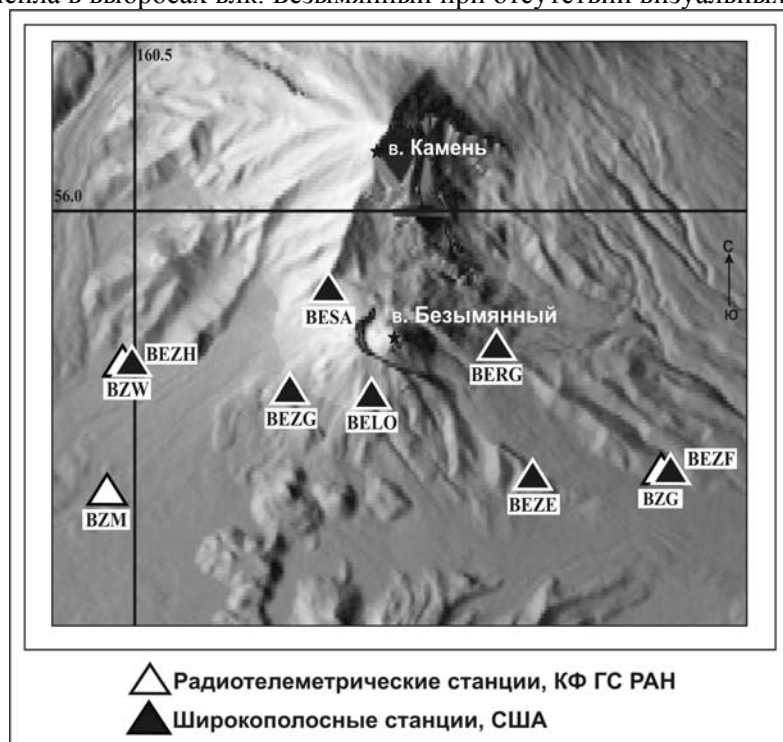


Рис. 1 Схема расположения сейсмических станций в районе вулкана Безымянный.

В рамках международного проекта «PIRE» в 2006-2007 гг. вблизи вулкана Безымянный были установлены радиотелеметрические сейсмические станции: Безымянная (BZM), Киришев (KIR), Безымянная-Грива (BZG), Безымянная-Запад (BZW), оборудованные стандартным комплектом аппаратуры на базе сейсмометров CM-3 ($T_S=1.2$, $D_s=0.5$). Сбор информации с сети радиотелеметрических станций осуществляется на Козыревском приемном центре, где сейсмические сигналы демодулируются, оцифровываются и передаются по спутниковым каналам связи на приемный центр в г. Петропавловске-Камчатском.

Также в рамках проекта «PIRE» была установлена временная сеть широкополосных сейсмических станций, оборудованных сейсмическим регистратором Quanterra Q-330, трехкомпонентным широкополосным сейсмометром Guralp CMG-3T и микробарографом (рис. 1).

Использование данных, полученных широкополосными сейсмическими станциями, позволяет исследовать сейсмические сигналы на влк. Безымянный в диапазоне частот до 10 Гц.

Методика обработки данных

В работе выполнен детальный анализ сейсмических записей при извержениях вулкана в 2007-2008 гг., полученных с радиотелеметрических и автономных широкополосных сейсмических станций. Также проведен анализ акустических записей сигналов, сопровождавших извержение 19 августа 2008 г.

Оценка особенностей вулканической активности по сейсмическим данным основывается на предположении о том, что каждое вулканическое событие (излияние лавы, пепловый выброс, сход пирокластической лавины и т. д.) характеризуется своим собственным сейсмическим сигналом.

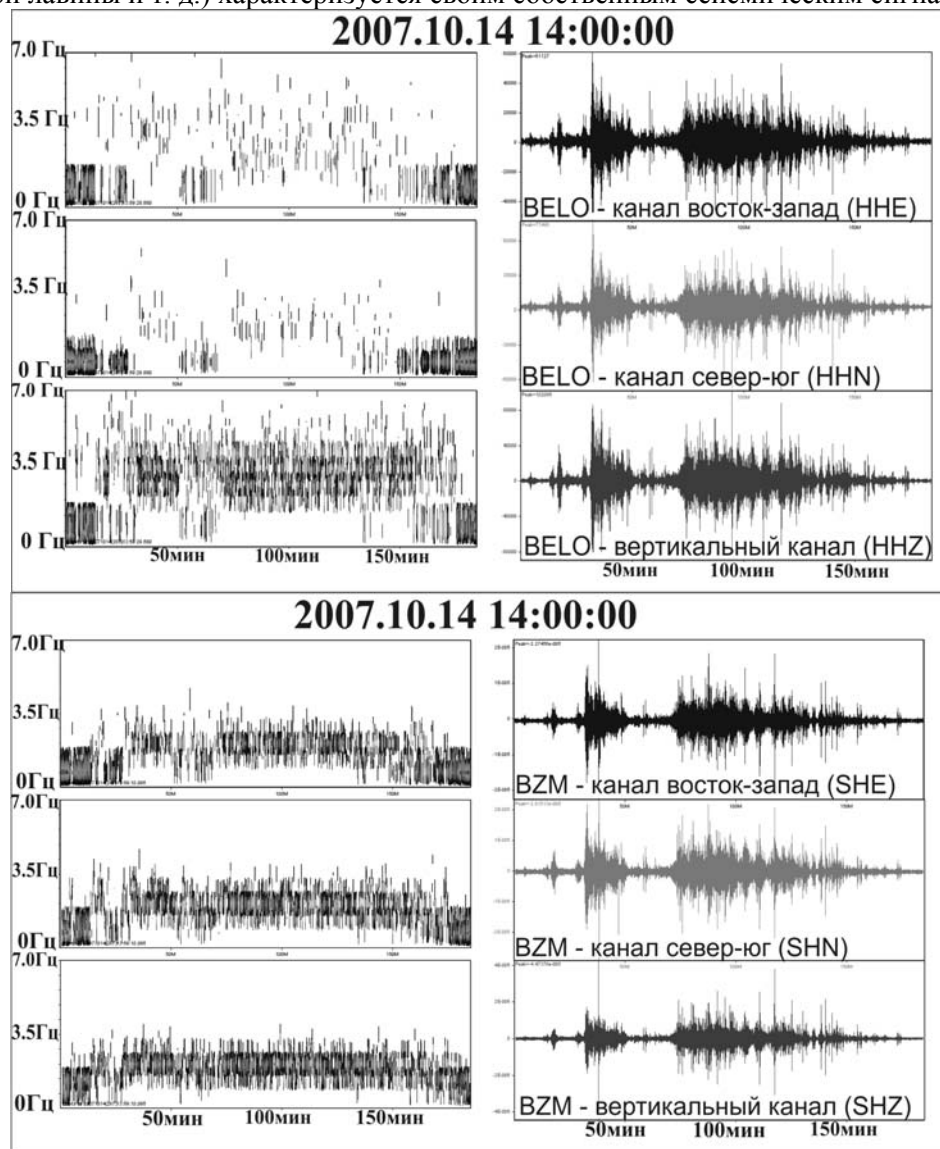


Рис. 2. Примеры записи сейсмических сигналов и их спектрограммы, сейсмостанции «BELO» (верхняя диаграмма) и «BZM» (нижняя диаграмма) при извержении 14 октября 2007 г.

Особенности сейсмических сигналов можно выявить с помощью спектрального анализа. Если в сейсмическом сигнале выделяются компоненты, соответствующие по частоте пепловому выбросу, то можно с большой долей уверенности утверждать, что на вулкане произошел пепловый выброс, даже при отсутствии визуальных данных [3].

Изучение спектральных особенностей сейсмических и акустических сигналов проводилось с помощью программы DIMAS (Display Interactive Manipulation and Analysis of Seismograms) [2].

Для удобства работы с сейсмическими записями в программе предусмотрена возможность отображения сигнала на графиках в произвольных временных и амплитудных масштабах. По записям сейсмических сигналов, полученных на станциях «BZG», «BZM», «KIR», «BZW», «BELO», «BESA», «BERG», «BEZE» и «BEZF» строились графики по трем каналам и спектрограммы (рис. 2).

По записям акустического сигнала, полученного со станции «BEZE» (для извержения 19 августа 2008 г.) строились графики по одному каналу. После этого производился анализ взаимосвязи вида, спектрального состава и интенсивности сейсмического сигнала на каждой станции с данными визуальных и спутниковых наблюдений.

Обсуждение результатов

Обнаружено, что во время извержений влк. Безымянный, в момент пеплового выброса, наблюдается изменение частоты сейсмического сигнала. При извержении 14 октября 2007 г. на сейсмостанции «BELO» максимальные значения преобладающей частоты сигнала составляли 7 Гц, на сейсмостанции «BESA» – 5 Гц, «BERG» – 7 Гц, «BZM» – 3.5-4 Гц. При этом, если сигнал с сейсмостанции передавался без помех (природных и антропогенных), и в это время не регистрировалось сейсмическое событие, то преобладающая частота такого сигнала не превышает 1 Гц. При регистрации вулканических и региональных землетрясений частота сейсмического сигнала не превышает 3 Гц.

Высота пепловых выбросов при извержении 15 октября 2007 г. достигала 9000 м над уровнем моря. Сейсмические сигналы, сопровождающие это извержение, по записи имели небольшую продолжительность и интенсивность, чем извержение 14 октября. Вероятно, это связано с тем, что питающий канал вулкана уже был «проработан» при предыдущем извержении 14 октября 2007 г.

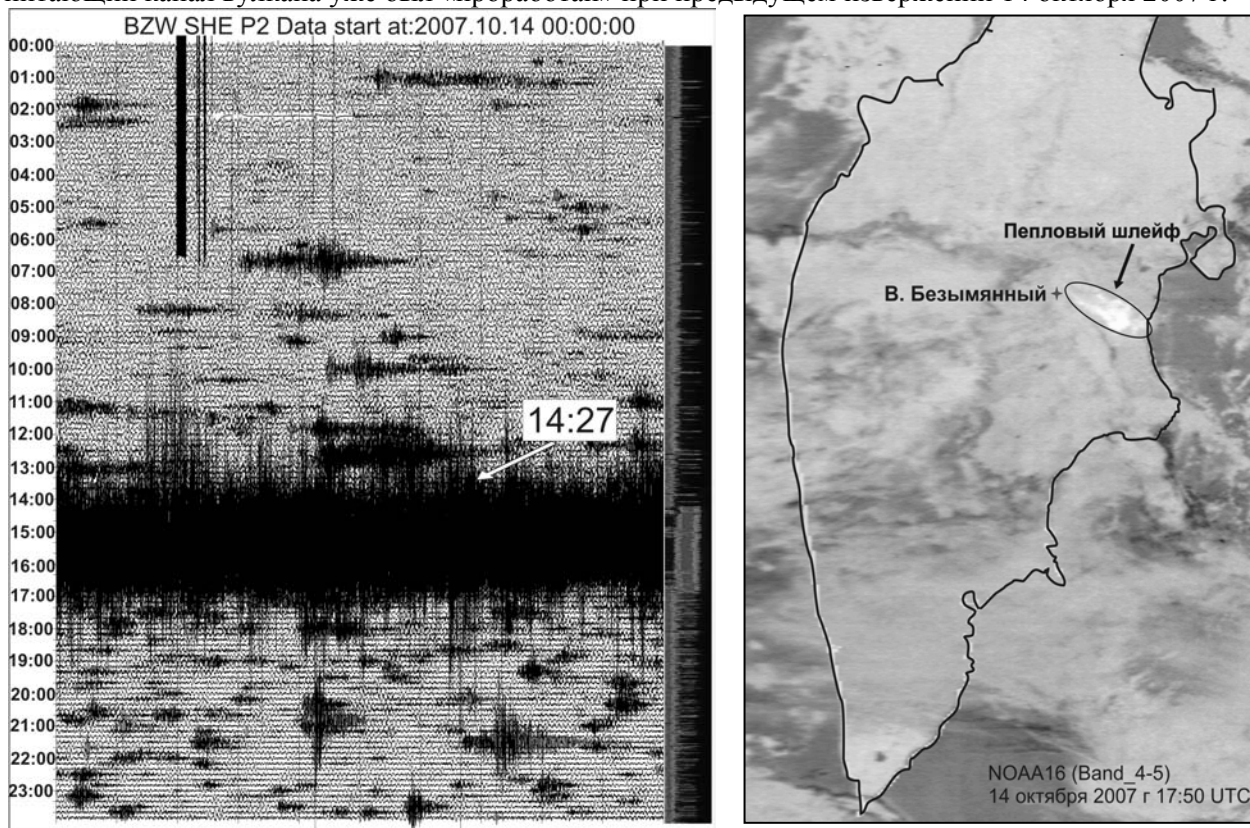


Рис. 3. Сейсмограмма за 14 октября и ее сван-диаграмма и спутниковый снимок, показывающий пепловый шлейф от влк. Безымянный

Во время извержения 15 октября 2007 г., зарегистрированные сейсмические сигналы также имели свой спектральный состав. Необходимо отметить, что при этом извержении частотный диапазон сейсмических сигналов также составляет 3.5-4 Гц на сейсмостанциях «BZM», «BZW» и до

7 Гц на сейсмостанциях «BELO», «BERG». Диапазон частот преобладающего сейсмического сигнала при извержении 15 октября примерно соответствует диапазону частот преобладающего сигнала при извержении 14 октября 2007 г. По сейсмическим данным максимальная фаза извержения произошла с 02:23 до 14:00 UTC 2007 г. Извержение подтверждено наличием пеплового шлейфа на спутниковых снимках, протяженностью приблизительно 280 км на юго-восток от вулкана на высоте около 5300 м над уровнем моря. По визуальным данным в 05:30 UTC наблюдалась мощная парогазовая деятельность над облачностью до 5500 м с направлением шлейфа на юг.

При детальном анализе записей сейсмических сигналов во время обвала 5 ноября 2007 г. обнаружено, что диапазон преобладающих частот сейсмического сигнала близок к диапазону частот во время предыдущих извержений 14 и 15 октября 2007 г.

Кроме этого, с помощью сейсмических данных, полученных с широкополосных станций, был определен гипоцентр землетрясения, сопровождавший обвал в постройке вулкана 5 ноября 2007 г.

Извержение на влк. Безымянный 19 августа 2008 г. началось в 09:56 и продолжалось до 12:00 UTC (по данным ЛИСВА). Преобладающие частоты сейсмического сигнала составляли от 3,5-4 Гц на сейсмостанциях «BZM», «BEZH» и до 7 Гц на сейсмостанции «BELO», «BERG». Максимальная преобладающая частота акустического сигнала на станции «BEZE» составляла 6.5 Гц.

По сейсмическим данным максимальная фаза извержения произошла с 10:30 до 11:15 UTC. Данное извержение подтверждается наличием пепловых облаков на спутниковых снимках. В поселке Козыревск выпал пепел с резким запахом серы.

Также, проведен анализ записей акустических сигналов, сопровождавших извержение 19 августа 2008 г. Обнаружено, что за 5 часов до начала извержения микробарографом начало регистрироваться событие с преобладающей частотой около 4 Гц, не зарегистрированное сейсмическими каналами (рис. 4, 5). Вероятно, микробарограф зафиксировал мощную газовую продувку без содержания пепла, предвещающую извержение вулкана. Подобные газовые продувки наблюдались на влк. Карымский, которые также не фиксировались сейсмическими каналами.

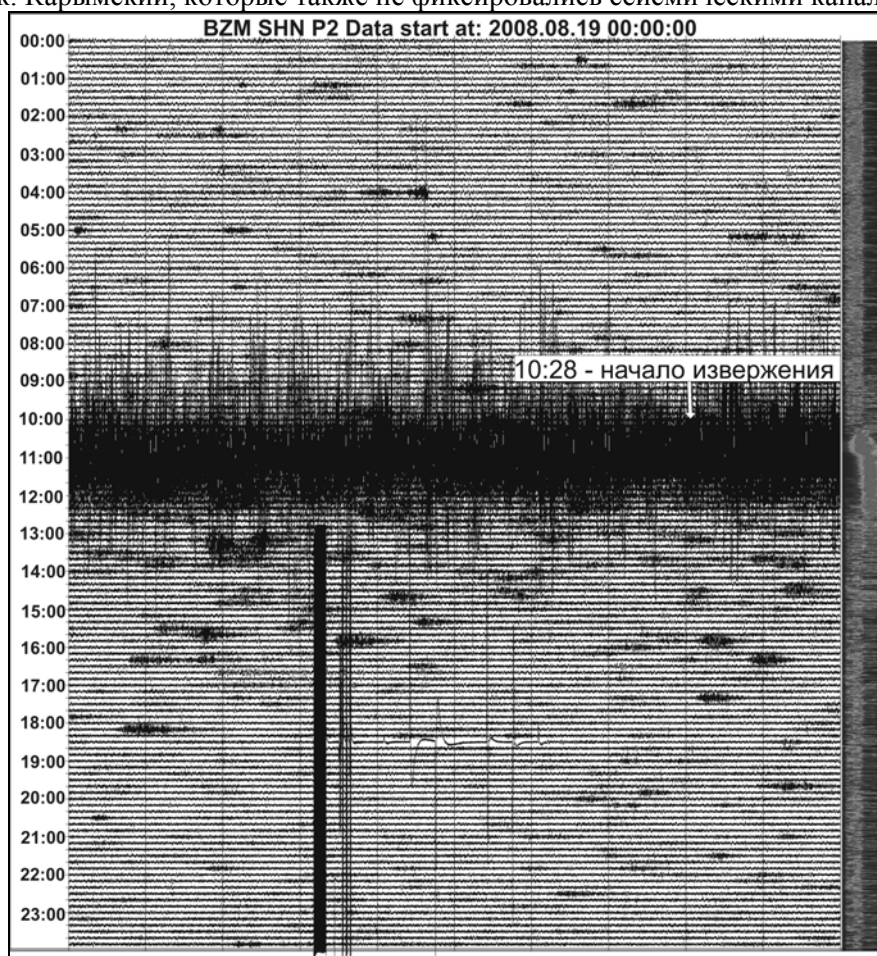


Рис. 4. Сейсмограмма за 19 августа 2008 г. и ее сван-диаграмма

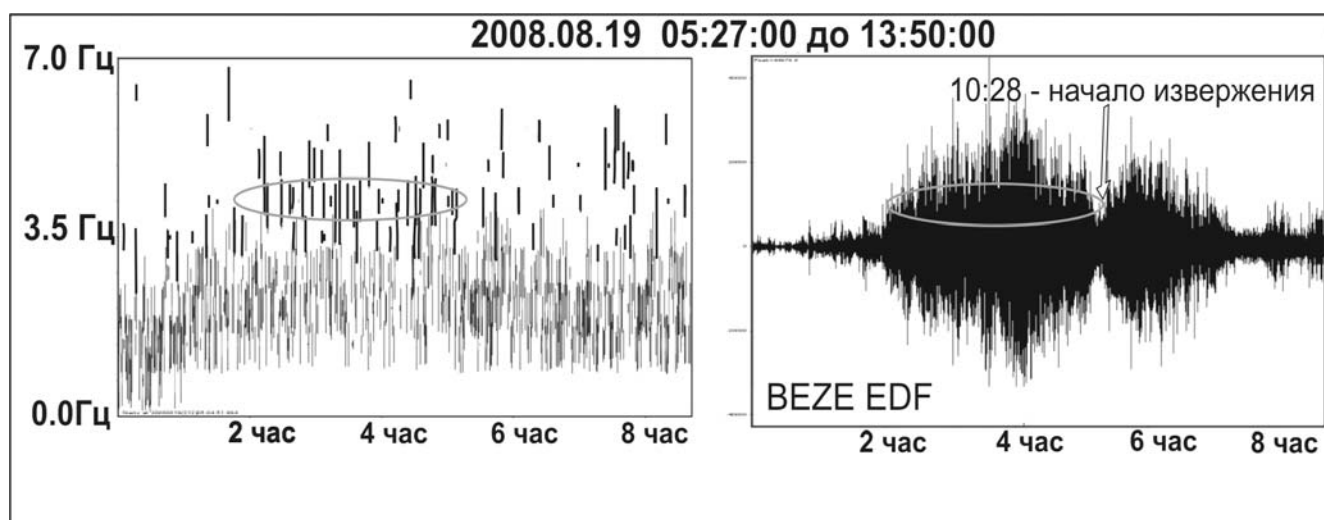


Рис. 5. Запись акустического сигнала и его спектрограмма. Микробарограф установлен на сейсмостанции «BEZE»

Заключение

Установлено, что во время активизаций вулкана Безымянный в 2007-2008 гг. наличие пепла в выбросах сопровождается регистрацией сейсмических сигналов с преобладающими частотами от 3,5 до 7 Гц. Обнаружение этого факта оказалось возможным благодаря увеличению числа временных станций, расположенных вблизи вулкана. С использованием сейсмических данных, полученных с сети станций, определено положение гипоцентра землетрясения, предвещающего обвал 5 ноября 2007 г. Параметры этого землетрясения: время: 8 ч 42 мин, координаты эпицентра 55.97 град. с. ш., 160,60 град. в. д., энергетический класс $K_s=3.5$. Гипоцентр землетрясения находился на глубине около двух км ниже уровня океана.

Определено, что перед извержением 19 августа 2008 г. микробарографом зарегистрировано событие с преобладающей частотой акустического сигнала около 4 Гц, которое не было зарегистрировано сейсмическими каналами. Таким образом, микробарограф зафиксировал мощную газовую продувку без содержания пепла, предвещающую извержение вулкана.

Список литературы.

1. Богоявленская Г.Е., Брайцева О.А., Мелекесцев И.В. и др. Вулкан Безымянный // Действующие вулканы Камчатки. М.: Наука, 1991. Т. 1. С. 168-194.
2. Дрознин Д.В., Дрознина С.Я. Интерактивная программа обработки сейсмических сигналов DIMAS // Геофизический мониторинг и проблемы сейсмической безопасности Дальнего Востока России. Петропавловск-Камчатский, 2008. С. 117-121.
3. Кожевникова Т.Ю. Электронная база эталонов сейсмических сигналов и сопутствующих им вулканических событий для вулкана Карымский // Геофизический мониторинг и проблемы сейсмической безопасности Дальнего Востока России. Петропавловск-Камчатский, 2008. С. 171-175
4. Сеньюков С.Л., Дрознина С.Я., Дрознин Д.В. Опыт выделения пепловых выбросов и оценка их высоты по сейсмическим данным на примере вулкана Шивелуч (Камчатка) // Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор, 2004. С. 292-300.