

*Сенюков С. Л., Нуредина И. Н., Дроздина С. Я., Кожевникова Т. Ю.*

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

### **Введение**

Вулкан Авачинский расположен в 30 км от наиболее густонаселенного района Камчатки – городов Петропавловск-Камчатский и Елизово. Поэтому его извержения могут иметь опасные последствия. Телеметрическая сеть сейсмических станций в районе Авачинской группы вулканов была установлена в 70-х годах прошлого столетия [1]. Но в конце 80-х гг. из-за финансовых проблем все станции, кроме одной, были законсервированы. Поэтому во время извержения Авачинского вулкана в январе 1991 г в районе вулкана работала только одна телеметрическая станция AVH (рис. 1). Недостаточный опыт наблюдений за сейсмической активностью вулкана не позволил зафиксировать период подготовки и начало извержения 13 января 1991 г. Начиная с 16 января 1991 г., и в течение 1992 г. были установлены или расконсервированы три сейсмостанции (UGL, SMA и SDL). В 1996 г. была дополнительно расконсервирована станция KKK. Все станции оснащены четырьмя сейсмическими каналами, три из которых являются стандартными телеметрическими и регистрируют три составляющие компоненты записи. Четвертый канал является дополнительным высокочастотным, высокочувствительным.

Первые оперативные определения параметров вулканических землетрясений района Авачинской группы вулканов появились в ноябре 1992 г, но они имели некоторые недостатки [3], которые были устранены в 1996 г. с введением новой одномерной модели для расчета гипоцентров. Начиная с 1997 г., землетрясения Авачинской группы вулканов ( $K_s \geq 4.0$ ) обрабатываются в текущем режиме с составлением окончательного каталога. Землетрясения за 1994-1996 гг. были переобработаны в соответствии со сложившейся методикой [3] в отложенном режиме. Записи землетрясений на магнитных лентах за 1991-1993 гг. восстановить не удалось. Таким образом, к настоящему времени в КФ ГС РАН имеется однородный каталог землетрясений Авачинского вулкана за период с 1994 г. по настоящее время, который включает >770 землетрясений с  $K_s \geq 3.0$ . Данные за текущий год доступны всем пользователям Интернета по адресу - <http://data.emsd.iks.ru/avhquake/index.htm>.

Всего за исследуемый период наблюдалось три периода повышенной сейсмической активности (рис. 2): 1) февраль-апрель 1996 г.; 2) август-октябрь 2001 г. и 3) октябрь-ноябрь 2005 г. Только в одном случае, 5 октября 2001 г. в 7 ч 50 мин местного времени, было отмечено внешнее проявление вулканической активности в виде кратковременного (2 мин) и небольшого (до 1000 м над кратером) парогазового выброса, содержащего пепел. Несмотря на отсутствие на Авачинском вулкане в рассматриваемый период извержений, представляющих реальную опасность для населенных пунктов, описание зарегистрированной сейсмичности представляет несомненный интерес для будущих наблюдений и оценки вулканической опасности.

### **Результаты**

Полученный каталог позволяет провести пространственно-временной анализ сейсмичности Авачинского вулкана (рис. 1, 2). Необходимо отметить, что практически все очаги землетрясений расположены в центральной части постройки вулкана, от уровня моря до кратера. За исследуемый период не было зарегистрировано ни одного землетрясения с глубиной более 1 км ниже уровня моря под центральной частью постройки вулкана. Отмечается только некоторое количество землетрясений в районе Авачинско-Корякского перевала, вблизи станции AVH, которые обычно регистрируются в сезон оттаивания и замерзания почвы в районе перевала (июль-ноябрь).

Ряд наблюдений, продолжительностью более десяти лет, позволил дать определение «фоновой» (обычной, нормальной) сейсмичности. Понятие «фоновая» означает, что подобная сейсмическая активность уже регистрировалась, и она: 1) не сопровождала проявления вулканической активности, представляющей реальную опасность (пепловые выбросы, лавовые

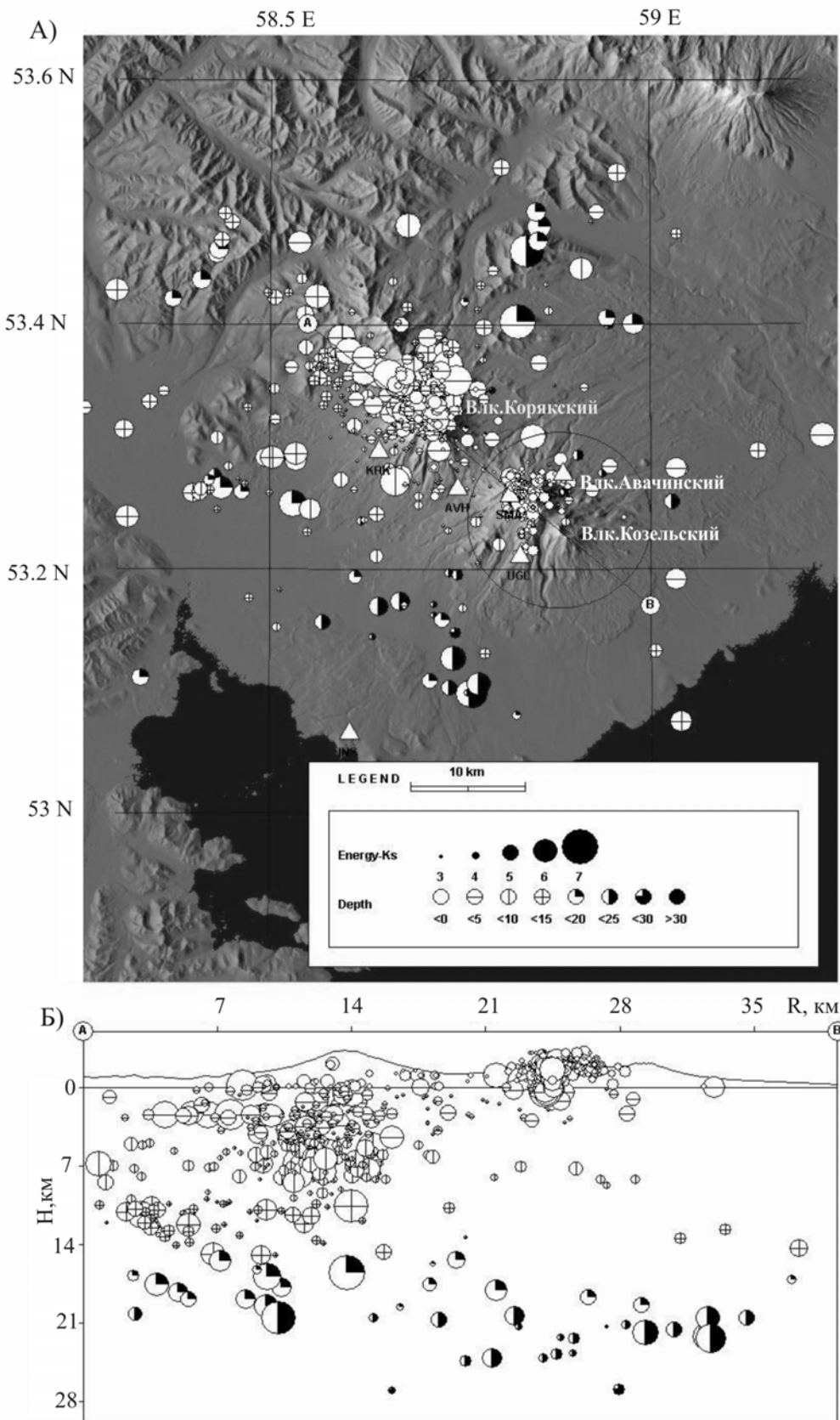


Рис. 1. Карта эпицентров (А) и проекция гипоцентров на вертикальную плоскость (Б) вдоль линии А-В для землетрясений Авачинской группы вулканов в 1994-2005 гг. Окружность вокруг вулкана обозначает область выборки землетрясений, для которой построены графики сейсмической активности (рис.2).

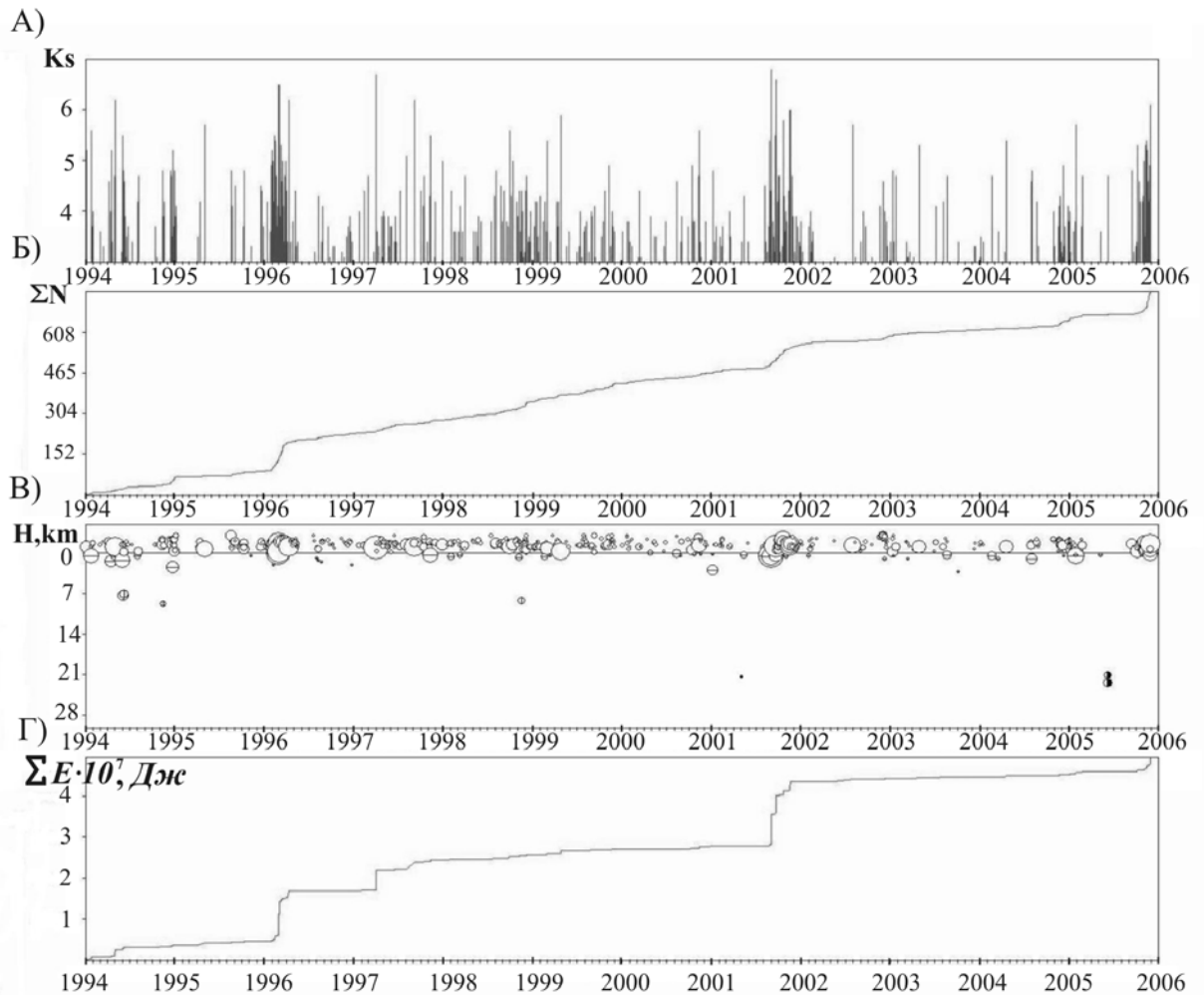


Рис. 2. Графики распределения во времени различных параметров землетрясений вулкана Авачинский в 1994-2005 гг., выделенных окружностью вокруг вулкана на рис. 1 А: А) энергетический класс по S-волне; Б) кумулятивное количество землетрясений; В) глубина гипоцентров; Г) кумулятивная энергия.

потоки, лавины из раскаленного материала); 2) не стала предвестником перечисленных событий.

Применительно к Авачинскому вулкану сейсмичность считается «выше фона», если в течение суток зарегистрировано >50-ти землетрясений с  $K_s \geq 2$ , или >5-ти землетрясений  $K_s \geq 4.0$ , или > 2-х землетрясений с  $K_s \geq 5.0$ . Опираясь на данное определение, было дано своевременное предупреждение перед активизацией Авачинского вулкана в октябре 2001 г.: <http://emsd.iks.ru/~ssl/monitoring/main.htm>.

Первые признаки проявления сейсмической активности в 2001 г. были зарегистрированы 31 августа [2], когда в постройке вулкана на высоте уровня моря произошло землетрясение с  $K_s=6.8$  и еще два землетрясения с несколько меньшей энергией. За весь период наблюдений, начиная с 01.01.1994 г., землетрясения такой энергии ( $K_s=6.0-6.5$ ) были зарегистрированы только в феврале-апреле 1996 г. Логичным следствием регистрации такого развития сейсмического процесса стало объявление тревоги 21 сентября 2001 г, когда такие землетрясения повторились. Всего в данный период активизации было зарегистрировано четыре всплеска сейсмической активности:

- 1) 25-31 августа - 5 землетрясений с энергетическим классом  $K_s=4.1-6.8$  на глубинах от 0.5 до -1.0 км от уровня моря;
- 2) 19-22 сентября - 7 землетрясений  $K_s=4.1-6.6$ , Н от 0.33 до -1.14 км;
- 3) 1-5 октября - 5 землетрясений  $K_s=4.1-4.7$ , Н от -1.0 до -1.75 км;
- 4) 19-24 октября - 10 землетрясений  $K_s=4.0-5.8$ , Н от -1.33 до -2.0 км.

Можно отметить тенденцию к некоторому подъему гипоцентров слабых землетрясений в период активизации. 4 октября в 18:50 Гринвичского времени (или 5 октября в 07:50 местного времени) было зафиксировано поверхностное сейсмическое событие - синхронное парогазовому выбросу с некоторым содержанием пепла, высотой до 1000 м. Короткая продолжительность события - около 2 мин, и спектральный анализ сигнала хорошо согласуются с характером и типом наблюдавшейся активизации вулкана.

В целом можно предположить, что вся сейсмическая активность Авачинского вулкана происходила в его постройке, и поступление нового магматического материала с глубины не происходило.

Следующий всплеск сейсмической активности произошел в октябре – ноябре 2005 г. За этот период было зарегистрировано 34 землетрясения с  $K_s \geq 4.0$ . Самое сильное из них имело класс  $K_s = 6.1$ .

Кроме этого, велся учет более слабых землетрясений, для которых местоположение гипоцентров определить невозможно. Подсчитывалось ежедневно их количество. Наибольшее число землетрясений было зафиксировано с 20 по 23 ноября (до 350 событий за сутки). Надо отметить, что такого всплеска микросейсмичности не наблюдалось за весь рассматриваемый период (рис. 3).

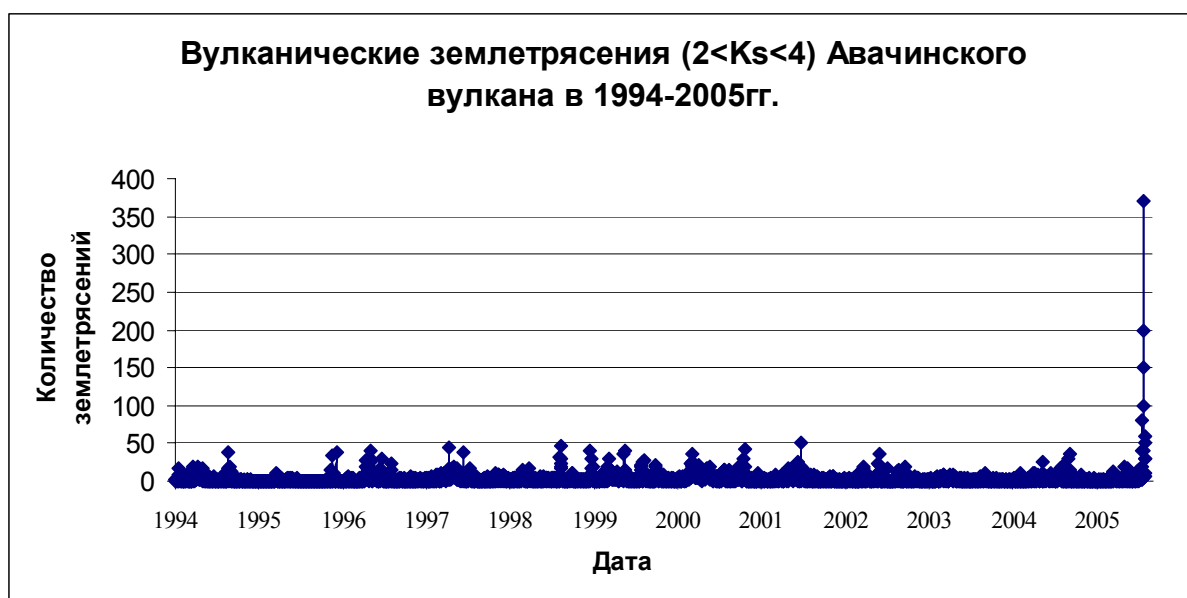


Рис. 3. Микросейсмичность Авачинского вулкана в 1994 – 2005 гг.

Как и в 2001 г., все землетрясения происходили в постройке вулкана. Хотелось бы отметить появление 20-23 ноября нескольких гибридных землетрясений, вероятно, связанных с резонансными явлениями газов (или жидкостей) в пустотах.

7-9 декабря, когда сейсмическая активность в постройке снизилась, произошел небольшой рой слабых землетрясений на перевале, рядом со станцией AVH. Определить координаты гипоцентров таких событий сложно.

Впервые за все время спутникового мониторинга за вулканами Камчатки (с сентября 2002 г.) в период сейсмической активизации на Авачинском вулкане наблюдалась очень слабая термальная аномалия: 7 ноября – 2 пикселя (рис. 4); 20-21 и 27 ноября – 1 пиксель.

По данным визуальных наблюдений с вертолета 18 декабря 2005 г. заметные изменения в кратере вулкана не обнаружены (сообщение сотрудников Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН Ушакова С.В и Сокоренко А.В).

За весь период наблюдений ни разу не было отмечено вулканическое дрожание, что обычно свидетельствует о спокойной обстановке под вулканом.

### Выводы

На вулкане Авачинский установлена наиболее плотная сеть радиотелеметрических сейсмических станций, которая позволяет проводить детальный, сейсмический мониторинг в

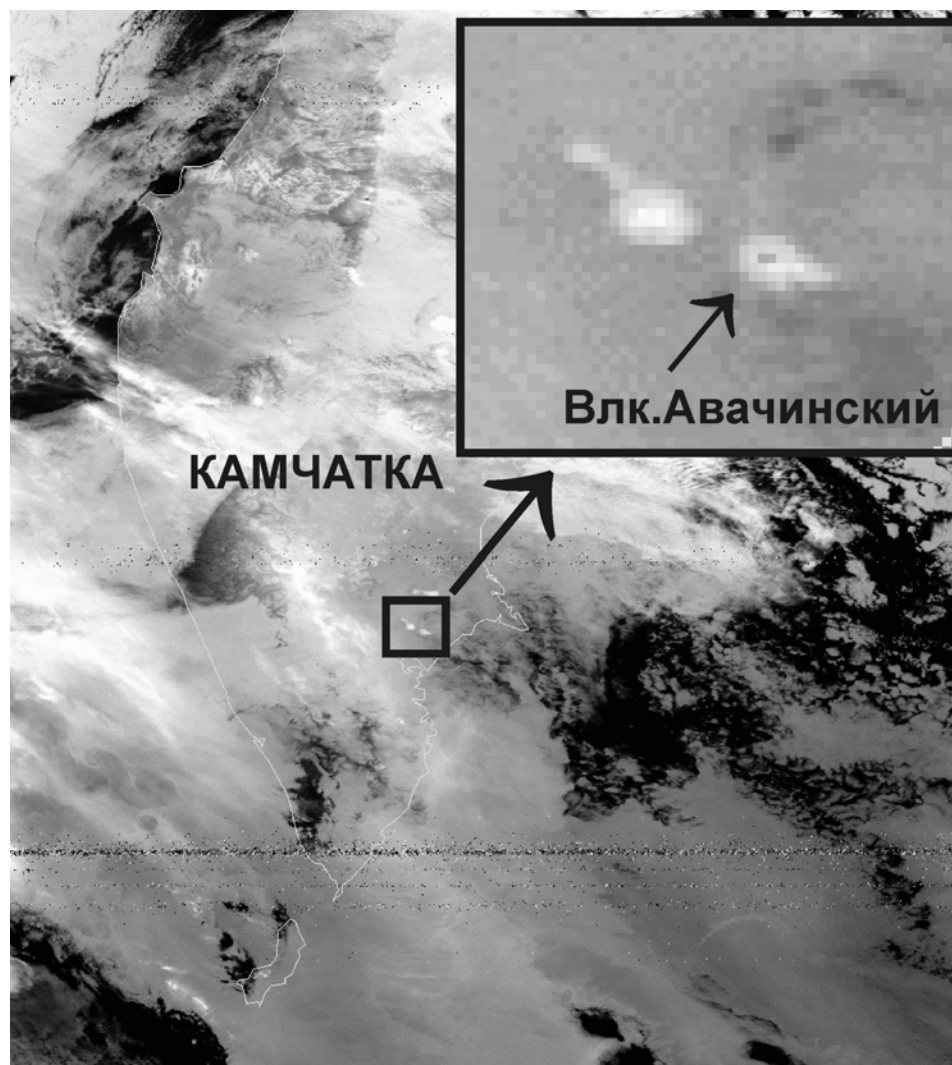


Рис. 4 Слабая термальная аномалия размером 2 пикселя на вулкане Авачинский. Снимок спутника NOAA16 (band3) 07.12.2005 г. 16:56 Гринвичского времени. Данные предоставлены Камчатским центром связи и мониторинга, обработка лаборатории ИСВА КФ ГС РАН.

реальном времени. За период наблюдений с 1994 г. по 2005 г. составлен каталог для всех землетрясений с  $K_s \geq 4.0$ . Для более слабых событий ведется подсчет их количества. За исследуемый период было зафиксировано три интервала усиления сейсмической активности, в течение одного из которых наблюдался парогазовый выброс с некоторым содержанием пепла. На основании определенного уровня «фоновой» сейсмичности были даны многочисленные опровержения ложных тревог местных жителей об активизации вулкана.

#### Список литературы

1. Гаврилов В.А., Малкин А.П., Чебров В.Н., Сорокин В.В. Радиотелеметрическая система сбора сейсмической информации на Авачинско-Корякском полигоне // Бюл. вулканол. станций. 1978. № 54. С. 22-26.
2. Мелекесцев И.В., Селиверстов Н.И., Сеньюков С.Л. Информационное сообщение об активизации в октябре 2001 г. вулкана Авачинский на Камчатке и проведенных исследованиях 2001 г. // Вулканология и сейсмология. 2002. № 2. С. 79-80.
3. Сеньюков С.Л. Мониторинг активности вулканов Камчатки дистанционными средствами наблюдений // Комплексные сейсмологические и геофизические наблюдения на Камчатке. Петропавловск-Камчатский, 2004. С. 279-291.