

О ПЛАНЕТАРНОЙ СЕЙМОТЕКТОНИЧЕСКОЙ ПРИРОДЕ РОЕВ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ, СВЯЗАННЫХ С ПОДГОТОВКОЙ ИЗВЕРЖЕНИЯ КОРЯКСКОГО ВУЛКАНА В 2008 г.

Широков В.А.¹, Дубровская И.К.²

¹Камчатский филиал ГС РАН, г. Петропавловск-Камчатский, shirokov@emsd.ru,

²Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г.Петропавловск-Камчатский, rik@kscnet.ru

Введение

Возраст Корякского вулкана, имеющего высоту 3465 м, составляет около 30-40 тысяч лет. Продукты извержений представлены андезитами, андезито-базальтами и базальтами. На склонах вулкана расположены многочисленные центры побочных извержений [3]. В историческое время активность вулкана проявлялась в виде фумарольной деятельности и относительно слабых извержений. С начала XX века было несколько активизаций, но лишь в 1926, 1956-1957 [6] и 2008-2009 гг. [1, 5] отмечалась умеренная газо-пепловая активность с высотой выбросов до 5-6 км над уровнем моря. В ходе предыдущего и текущего извержений фумаролы и вулканические взрывы отмечались из почти линейно расположенных на конусе вулкана центров, расположенных на высоте более 2700 м. В последние 100 лет фумарольная деятельность вулкана проявлялась эпизодически, иногда с перерывами до нескольких лет.

Продолжающееся в настоящее время извержение Корякского вулкана началось 26 декабря 2008 г. в виде газо-пепловых выбросов на высоту около полутора км над вулканом и предвлялось в течение 10 месяцев многочисленными вулканическими землетрясениями с глубиной очагов до 40 км. Энергетический класс землетрясений достигал 8, т.е. их энергия не превышала 10^8 Дж. Первые фумаролы появились 5-6 ноября 2008 г. (наблюдения и фотографии сотрудника ИВиС ДВО РАН А.В. Сокоренко).

В данной работе изучение сейсмичности вулкана проводилось с использованием каталогов вулканических землетрясений (ВЗ) Камчатки (данные Камчатского филиала Геофизической службы РАН, <http://emsd.ru>) и каталога NEIC мировых тектонических землетрясений (ТЗ) Геологической службы США (http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/recenteqsww/Quakes/quakes_all.php). Везде далее используется Гринвичское время.

Учитывая ключевую роль космических факторов в подготовке сильных землетрясений и вулканических извержений на разных ее стадиях [2, 8, 9, 10, 12, 14, 15 и др.], предложена планетарно-региональная модель подготовки сильных тектонических землетрясений [9] и вулканических извержений [11]. Данная работа рассматривается как продолжение исследований в этом направлении. Ее основная цель заключается в изучении причин возникновения роев вулканических землетрясений, происходивших в течение 10 месяцев до начала извержения Корякского вулкана.

Полученные результаты

Ю.В.Ризниченко введено физически и математически обоснованное понятие «скорость сеймотектонического движения V » [4], которая в качестве комплексного сейсмологического параметра значительно лучше, чем сейсмическая активность, отражает характер сеймотектонических процессов в исследуемой сейсмоактивной области. В данной работе одна из первых задач была связана именно с оценкой (в относительных единицах) скоростей сеймотектонического движения V в соответствии с подходом Ю.В.Ризниченко. Параметр V зависит, главным образом, от числа землетрясений, их максимальной магнитуды и величины наклона графика повторяемости сейсмических событий. В этой работе используется также модифицированный параметр V , который учитывает, как выяснилось, важную солнечносуточную составляющую сеймотектонического процесса [13].

На рис. 1 представлены впервые рассчитанные для Земли в целом вариации величин V . Оценки V получены за период с 1973 по 2008 гг., для которого имеется однородный каталог мировых землетрясений NEIC. Расчеты V по методике Ю.В.Ризниченко проведены для неперекрывающихся 32-месячных интервалов. Следует обратить внимание на то, что 4 максимума параметра V приурочены к эпохам минимумов 11-летних циклов пятнообразовательной деятельности Солнца, что указывает на выраженную зависимость сейсмичности Земли от солнечной активности, на что неоднократно обращали внимание многие исследователи [2, 7, 8, 11, 14 и др.]. Существенно, что в

период 2001-2008 гг. рост V был самым продолжительным за весь рассматриваемый период, а в 32-месячном интервале с апреля 2006 по ноябрь 2008 гг. величина V оказалась максимальной за 36 лет наблюдений (рис. 1). На фазе роста V (2001-2008 гг.) произошло самое сильное на планете за последние полвека катастрофическое Суматринское землетрясение 26.12.2004 г., $M_w = 9.0$. За период 2001 - 2008 гг. жертв среди населения Земли оказалось в 6 раз больше, чем за предыдущие 24 года (данные NEIC GS USA). Это связывается с аномальным ростом V на указанном 8-летнем интервале, а также Суматринским землетрясением 2004 г., унесшим жизни более 300 тыс. человек. Таким образом, период апрель 2006 - ноябрь 2008 гг. с позиций сейсмотектоники можно рассматривать для планеты как аномальный. В Курило-Камчатской зоне в это время произошло 3 сильнейших землетрясения с $M \geq 7.7$: два на Курильских островах (15.11.2006 г., $M = 8.3$ и 13.01.2007 г., $M = 8.1$) и одно, с глубиной 630 км, на Камчатке (5.07.2008 г., $M = 7.7$). А всего за этот период зарегистрировано 12 событий с $M \geq 7.7$ с максимальной моментной магнитудой $M_w = 8.5$. Это и предопределило высокий уровень параметра V .

Возникает вопрос, имеет ли отношение повышенная сейсмичность Земли ко времени начала сейсмической подготовки извержения Корякского вулкана. Для ответа на него по методике [13] была рассчитана модифицированная скорость V_m для Земли, учитывающая солнечносуточную составляющую. Выяснилось, что суточный ход, рассчитанный для землетрясений планеты с $M \geq 6.3$, в период с 14 ноября 2007 г. по 9 апреля 2008 г., был явно аномальным. Из 37 землетрясений 33, т.е. 89%, произошли в одной половине суточного интервала. Выявленный эффект значим с уровнем доверия более 0.9999. Величина скорости сейсмотектонического движения V для Земли в указанный период достигает значения 1000 (рис. 1). Начавшийся 29 февраля 2008 г. рой вулcano-тектонических землетрясений, происходивших в первые 3 недели преимущественно на глубинах 25-37 км (рис. 2), приурочен к интервалу, когда величина V достигала своих максимальных значений. С целью более детального анализа связи в 2008 г. ВЗ с вариациями V для Земли, во-первых, выделены временные группы сильнейших мировых землетрясений с $M \geq 6.7$ и, во-вторых, временные группы мантийных землетрясений с $M \geq 4.5$ в Курило-Камчатской зоне, происходивших на эпицентральных расстояниях до 500 км от центра вулканической дуги на глубинах 100-300 км под поясом действующих вулканов. Затем были рассчитаны величины V для выделенных временных групп.

Результаты приведены на рис. 2а, б. Сравнение рисунков 2а и 2б указывает на то, что в начале, середине и конце 2008 г. отмечено опережение каждой из трех групп для Земли в целом по сравнению с соответствующими группами землетрясений в верхней мантии под поясом вулканов Курило-Камчатской зоны субдукции. Это служит дополнительным подтверждением тезиса о том, что именно планетарные процессы являются причиной оживления региональной мантийной сейсмичности под вулканами, т.е. планетарные сейсмотектонические процессы происходят с опережением относительно региональных [8-12].

Чтобы выявить связь между рассматриваемыми интенсивными группами землетрясений (рис.2а и 2б) с сейсмичностью вулкана, на рис. 2с представлено распределение во времени и по глубине вулканических землетрясений энергетического класса $K \geq 4.0$. Начало фазы роевой активности (29 февраля), связанной с ВЗ на глубинах 25-40 км, на рис. 2с обозначено стрелкой. Наибольшее число ВЗ на этих глубинах отмечено с 29 февраля по 18 марта. Этот всплеск числа ВЗ совпал по времени с соответствующими группами землетрясений для Земли и в верхней мантии под вулканами Курило-Камчатской зоны субдукции. Вулканические землетрясения с глубиной очагов 25-40 км, причинно связанные с процессами планетарного и регионального масштаба, вероятно, вызвали оживление вулканических процессов в области магматического питания вулкана, так как спустя 3 недели после начала первого заглубленного роя ВЗ началось заметное оживление сейсмичности вулкана на глубинах до 15 км. Таким образом, можно считать, что в марте 2008 г. активные процессы в области магматического питания вулкана были вызваны планетарными и региональными сейсмотектоническими процессами и, как следствие, произошло оживление сейсмичности на малых глубинах, до 15 км (рис. 2с). Таким образом, роль планетарных сейсмотектонических процессов является, судя по полученным данным, определяющей. Это один из основных выводов данной работы.

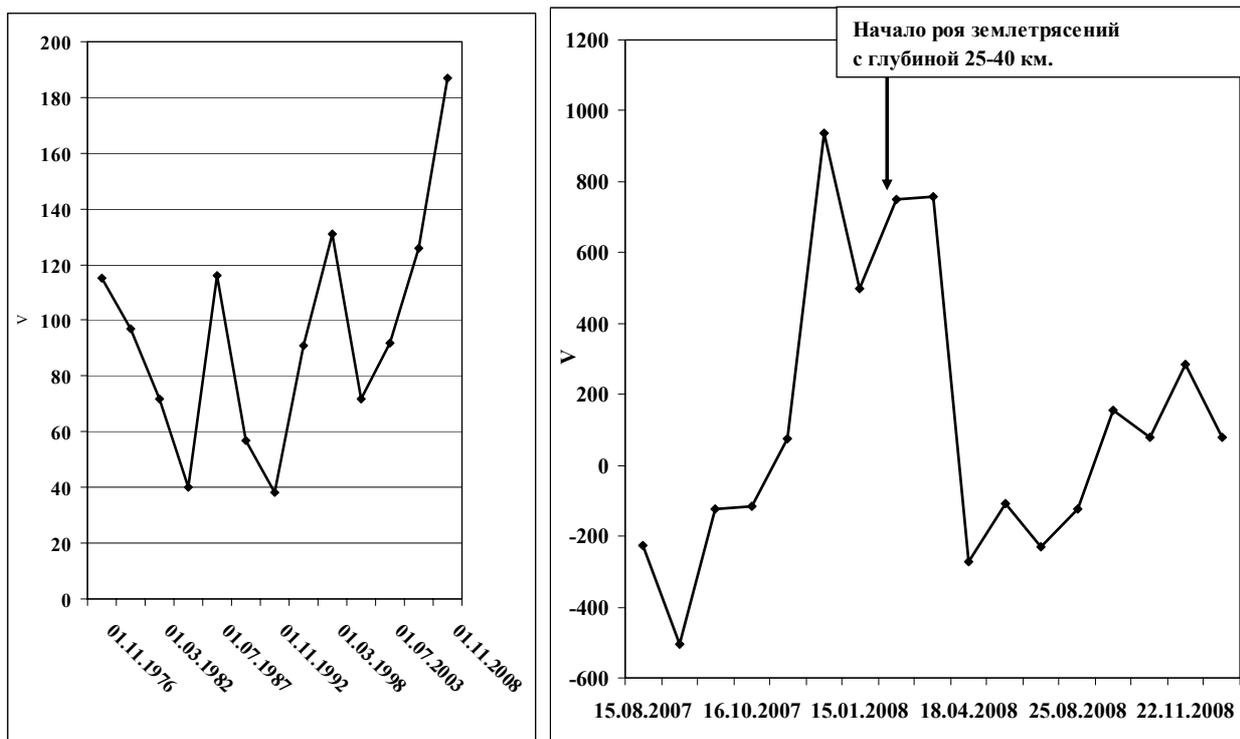


Рис. 1. Вариации скорости сейсмостектонического движения по данным землетрясений планеты с $M \geq 7.5$, $N \leq 100$ км (слева) и для всех глубин событий с $M \geq 6.3$. Пояснения в тексте.

5 июля на Камчатке на глубине 630 км произошло землетрясение с $M = 7.7$, самое сильное глубокое событие в регионе за последние несколько десятилетий (обозначено стрелкой на рис. 2с). До него в течение двух недель отмечено 75 землетрясений с $K \geq 4.0$, а в последующие 2 недели отмечено лишь 11 событий. Это указывает на прямую статистически значимую связь глубинных сейсмостектонических процессов в Камчатском регионе с сейсмичностью вулкана. Планетарный максимум в конце 2008 г. (29.09-09.12) и региональный максимум глубинных сейсмостектонических процессов в Курило-Камчатской зоне (10.11-7.12), накануне извержения вулкана, также привел к заметному оживлению вулканической активности. Плотность числа событий в это время была заметно выше, чем до и после планетарного максимума параметра V. Непосредственно перед извержением уровень сейсмичности резко понизился. По нашим оценкам, это связано с процессами растяжения под Корякским вулканом в последние 3 недели 2008 г.

Сейсмический отклик вулкана Корякского на заключительной, менее недели, стадии подготовки сильных мировых землетрясений

Учитывая значимое влияние планетарных сейсмостектонических процессов на возникновение вулканических землетрясений Корякского вулкана, была сделана попытка выявить связь во времени сильных землетрясений мира с магнитудой $M \geq 6.3$ и ВЗ Корякского вулкана. При этом мировые землетрясения принимались за временные реперы [15]. В соответствии с планетарно-региональной моделью подготовки тектонических землетрясений, ее заключительная стадия связана с «глобальной перестройкой полей тектонических напряжений для Земли в целом, вызванной влиянием космических факторов и процессами взаимодействия тектонических плит» [11, с. 250]. Учитывая общепланетарный характер взаимосвязи сейсмостектонических и вулканических процессов, в [15] впервые для Земли в целом исследовался сейсмический отклик Корякского вулкана при подготовке и в ходе начавшегося извержения с сильными мировыми землетрясениями на заключительной, менее недели, стадии их подготовки в период 2008-2009 гг. Показано, что сейсмический отклик чаще всего проявляется с опережением на одни-трие суток, реже с запаздыванием, относительно мировых землетрясений, т.е. ВЗ происходят почти одновременно с сильными мировыми ТЗ. Сделано предположение, что сейсмический отклик вулканов, проявляющийся независимо от расстояния до очагов готовящихся мировых ТЗ, может проявляться в любом регионе мира, однако, необходимо учитывать специфические условия каждого региона и особенности сейсмичности вулкана. Обнаруженный статистически значимый эффект связи ВЗ и мировых ТЗ во времени является

непосредственным доказательством влияния планетарных сеймотектонических процессов на сейсмичность вулкана, причем часто вулканические землетрясения сигнализируют о готовящихся в мире тектонических землетрясениях за несколько часов до их возникновения. В [15] на примере использования ВЗ Корякского и Ключевского вулканов показано, как в комплексе с другими методами прогноза, обнаруженные эффекты успешно использовались в реальном времени по методике ГЛОБАС для оперативного прогноза сильных мировых землетрясений 2008-2009 гг. Эти результаты подтверждают тезис о главенствующей роли планетарных космических факторов при подготовке сильных землетрясений.

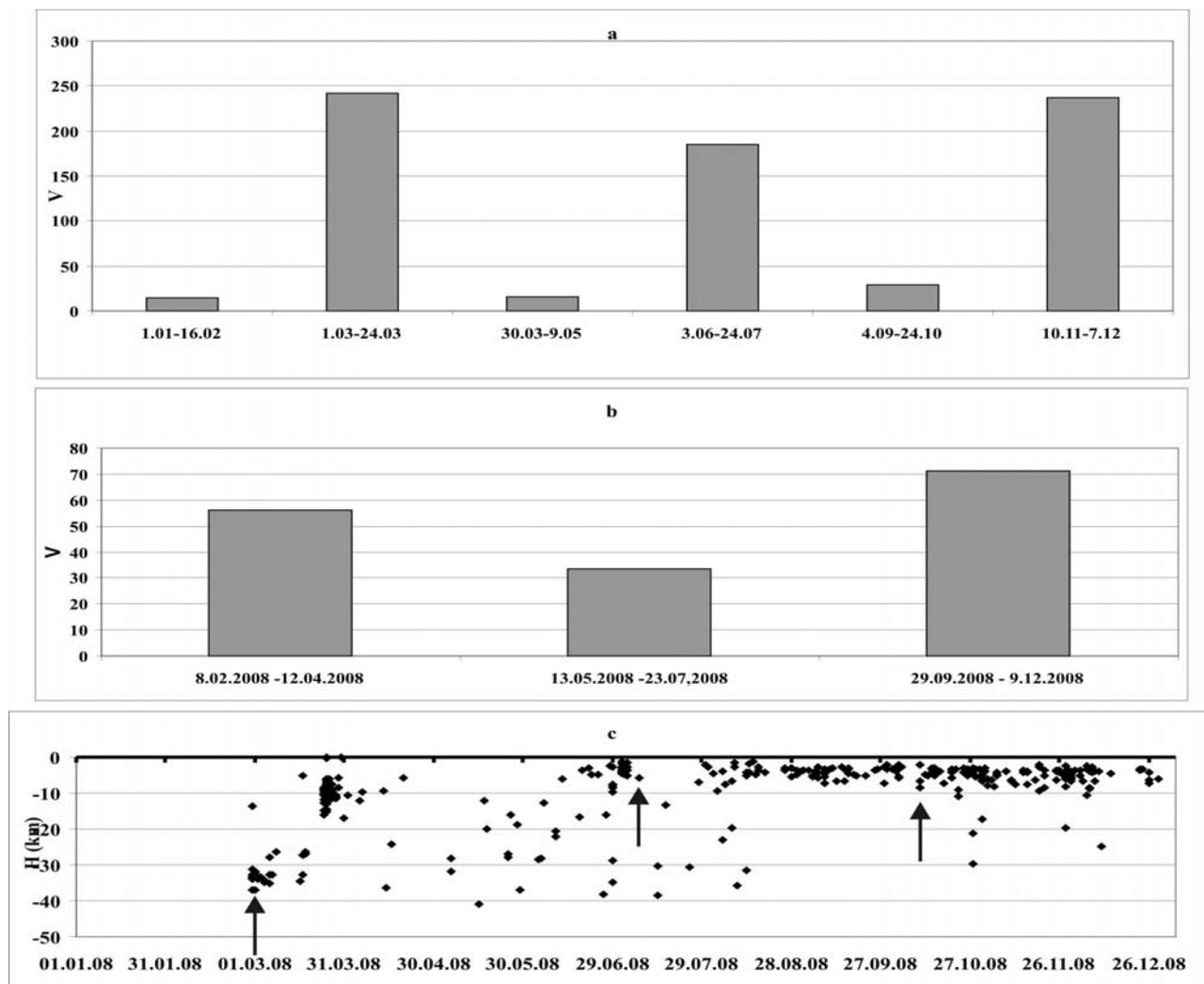


Рис. 2. Сопоставление во времени групп сильных землетрясений планеты (а) и в Курило-Камчатской зоне (б) для $M \geq 4.5$, $H = 100-300$ км с оценкой для них величин V и временной ход вулканических землетрясений Корякского вулкана с $M \geq 4.0$ до начала извержения (с). Стрелками обозначены ключевые события роя вулканических событий. Конец графика соответствует началу извержения.

Заключение

Полученные результаты приводят нас к выводу о планетарном генезисе процесса начавшегося 29 февраля 2008 г. роя вулканических землетрясений под вулканом Корякским на глубинах до 40 км. Показано, что и в дальнейшем сейсмическая подготовка извержения вулкана также зависела от общепланетарных сеймотектонических процессов и связанных с ними мантийных сеймотектонических процессах на глубинах более 100 км в Курило-Камчатской зоне. Еще раз подчеркнем, что важную, хотя и подчиненную, роль в этих процессах играли сеймотектонические движения в Курило-Камчатской зоне субдукции в верхней мантии под поясом действующих вулканов. Представлены результаты выявленного статистически значимого сейсмического отклика Корякского вулкана на подготовку сильных мировых землетрясений. Обнаруженное явление используется в методике ГЛОБАС для оперативного прогноза сильных мировых землетрясений [15].

Полученные результаты могут рассматриваться в качестве подтверждения планетарно-региональной модели подготовки сильных тектонических землетрясений [9] и вулканических извержений [11]. Представляется целесообразным проведение более детальных исследований по изучению влияния сеймотектонических процессов планетарного и регионального масштаба на сейсмичность камчатских вулканов, в том числе Корякского вулкана.

Список литературы

1. Гордеев Е.И., Дроздин В.А., Дубровская И.К. и др. Корякский вулкан: современное состояние и активизация 2008-2009 гг. // Материалы IV Всероссийского симпозиума по вулканологии и палеовулканологии «Вулканизм и геодинамика». Том 2. 22-27 сентября 2008, г. Петропавловск-Камчатский. 2009. С. 588-594.
2. Кропоткин П.Н. Возможная роль космических факторов в геотектонике // Геотектоника. 1970. № 2. С. 30-76.
3. Мелекесцев И.В. Вулканизм и рельефообразование. М.:Наука, 1980. 224 с.
4. Ризниченко Ю.В. Избранные труды. Проблемы сейсмологии. М.: Наука, 1985. 408 с.
5. Селиверстов Н.И. Активизация вулкана Корякский на Камчатке // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2009. № 1. Вып. № 13. С. 7-9.
6. Сирин А.Н., Тимербаева К.М. Извержение Корякского вулкана в начале 1957 г. // Бюлл. вулкан. станций. № 28. М.: Наука, 1959. С. 3-20.
7. Сыгинский А.Д. О связи землетрясений с солнечной активностью // Физика Земли. 1989. № 2. С. 13- 30.
8. Широков В.А. Влияние космических факторов на геодинамическую обстановку и ее долгосрочный прогноз для северо-западного участка Тихоокеанской тектонической зоны // Вулканизм и геодинамика. М.: Наука, 1977. С. 103-115.
9. Широков В.А. Опыт краткосрочного прогноза времени, места и силы камчатских землетрясений 1996-2000 гг. с магнитудой $M = 6-7.8$ по комплексу сейсмологических данных // Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы. Петропавловск-Камчатский, 2001. С. 95- 116.
10. Широков В.А. Влияние общепланетарных космических факторов на возникновение сильных вулканических извержений Земли и проблема их долгосрочного прогноза // Материалы конференции, посвященной Дню вулканолога, 27-29 марта 2008, г. Петропавловск-Камчатский. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2008. С. 305-314.
11. Широков В.А. Разработка моделей подготовки сильных землетрясений и вулканических извержений на основе изучения их связи с космическими ритмами // Материалы Всероссийской конференции, посвященной 100-летию Камчатской экспедиции Русского географического общества 1908-1910 гг. 22-27 сентября 2008, г. Петропавловск-Камчатский. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2009. С. 241-253.
12. Широков В.А., Дубровская И.К. О сеймотектонической природе роев вулканических землетрясений, связанных с подготовкой и ходом извержения Корякского вулкана 2008-2009 гг. // Тезисы докладов. Вторая региональная научно-техническая конференция «Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России», г. Петропавловск-Камчатский, 11-17 октября 2009 г. Петропавловск-Камчатский: ГС РАН, 2009. С. 105.
13. Широков В.А., Руленко О.П. Новая методика исследования и сопоставления вариаций скорости сеймотектонического движения и динамики электрического поля в приземном воздухе // Сборник докладов IV международной конференции «Солнечно-земные связи и предвестники землетрясений», 14-17 августа 2007 г., с. Паратунка Камчатской обл. Петропавловск-Камчатский, 2007. С. 211-217.
14. Широков В.А., Серафимова Ю.К. О связи 19-летнего лунного и 22-летнего солнечного циклов с сильными землетрясениями и долгосрочный сейсмический прогноз для северо-западной части Тихоокеанского тектонического пояса // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2006. № 2. Вып. № 8, с. 120-133.
15. Широков В.А., Степанов И.И., Дубровская И.К. Изучение сейсмического отклика действующих вулканов Корякского и Ключевского (Камчатка) на заключительной стадии подготовки сильных мировых тектонических землетрясений по данным наблюдений 2008-2009 гг. // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2009. № 2. Вып. №14. С. 118-129.