

## II. Результаты детального сейсмического мониторинга локальных зон и объектов

### II.1. Сейсмический мониторинг вулканических районов Камчатки

*С.Л. Сеников, И.Н. Нуждина, В.Н. Чебров*

По состоянию на 2005 г. телеметрическая сеть КФ ГС РАН позволяла проводить сейсмический мониторинг вулканов Камчатки в реальном режиме времени с разной степенью детальности. Наиболее детальные наблюдения проводились для Северной (вулканы Шивелуч, Ключевской, Безымянный, Крестовский, Ушковский, Плоский Толбачик) (рис. 32) и Авачинской (вулканы Авачинский и Корякский) (рис. 33) групп вулканов. Для этих групп вулканов составлялись отдельные каталоги землетрясений с помощью адаптированных программ расчета параметров вулканических событий, использующих локальные годографы. Вблизи вулканов Кизимен, Карымский, Горелый, Мутновский и Алаид установлено только по одной станции, что дает возможность фиксировать слабые локальные землетрясения этих вулканов, но не позволяет определять их пространственное положение и составлять отдельные каталоги. Поэтому более сильные землетрясения этих вулканов (обычно с  $K_S \geq 6.0$ ) фиксировались в оперативном каталоге Камчатки и Командорских островов в соответствии с принятой методикой обработки, а для более слабых событий проводился только подсчет их количества.

В табл. 18 приведены сведения о вулканах, для которых проводился сейсмический мониторинг.

*Таблица 18. Сведения о вулканах Камчатки, для которых проводился сейсмический мониторинг*

Название вулкана	Координаты вершины		Абсолютная высота вершины, м	Диаметр кратера, м
	55.13	160.33		
<b>Авачинская группа вулканов</b>				
Авачинский	53.25	158.83	2741	350
Корякский	53.32	158.72	3456	
<b>Северная группа вулканов</b>				
Шивелуч	56.63	161.32	2500	
Ключевской	56.07	160.63	4750	700
Безымянный	55.97	160.58	2869	
Крестовский	56.12	160.50	4108	
Ушковский	56.07	160.47	3943	
Плоский Толбачик	55.82	160.37	3085	
<b>Остальные вулканы</b>				
Кизимен	55.13	160.33	2375	
Карымский	54.05	159.43	1536	250
Горелый	52.55	158.03	1829	
Мутновский	52.45	158.20	2323	
Алаид	50.86	155.55	2239	

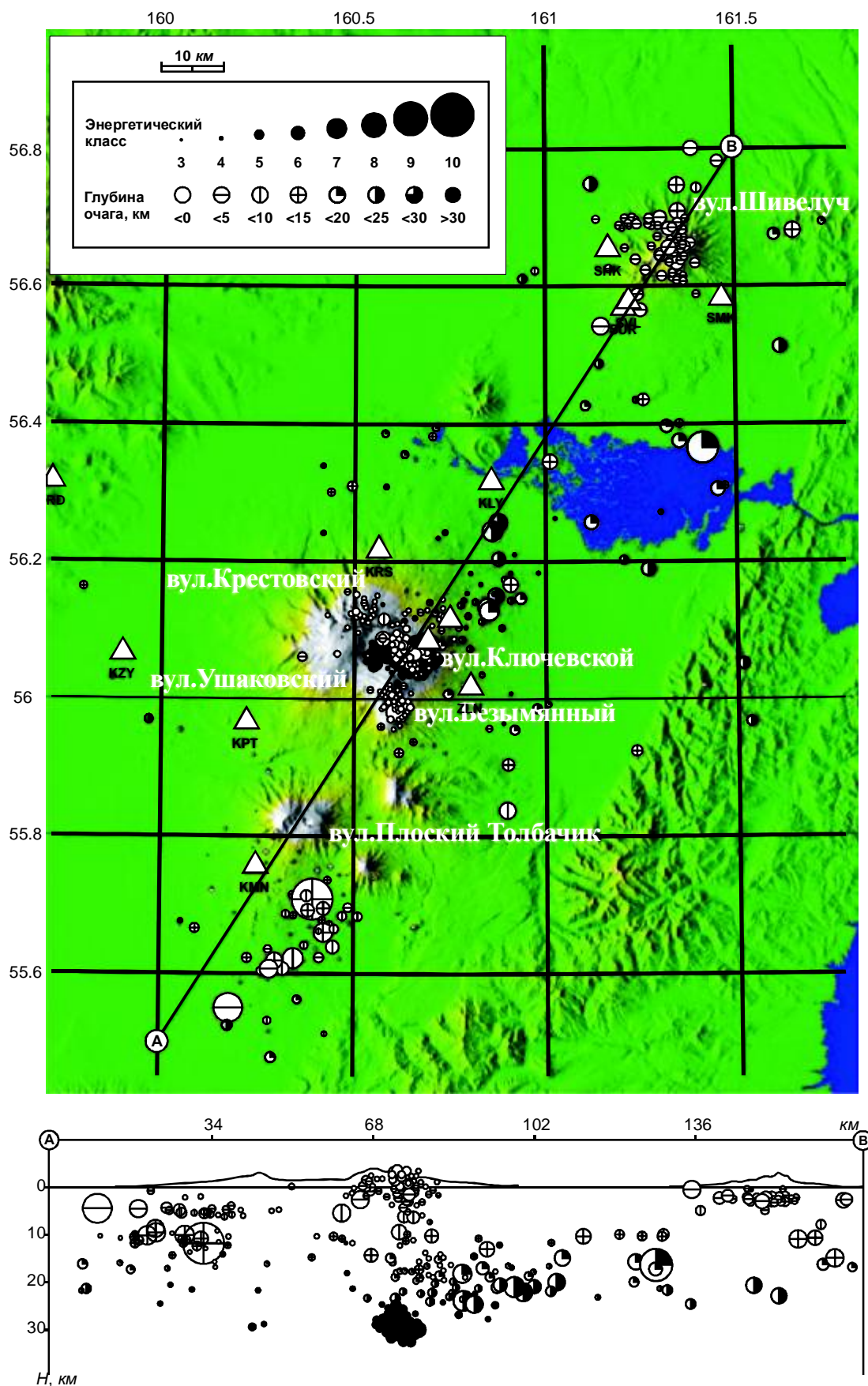


Рис. 32. Карта эпицентров землетрясений в районе Северной группы вулканов в 2005 г. и проекция очагов на вертикальный разрез А-В

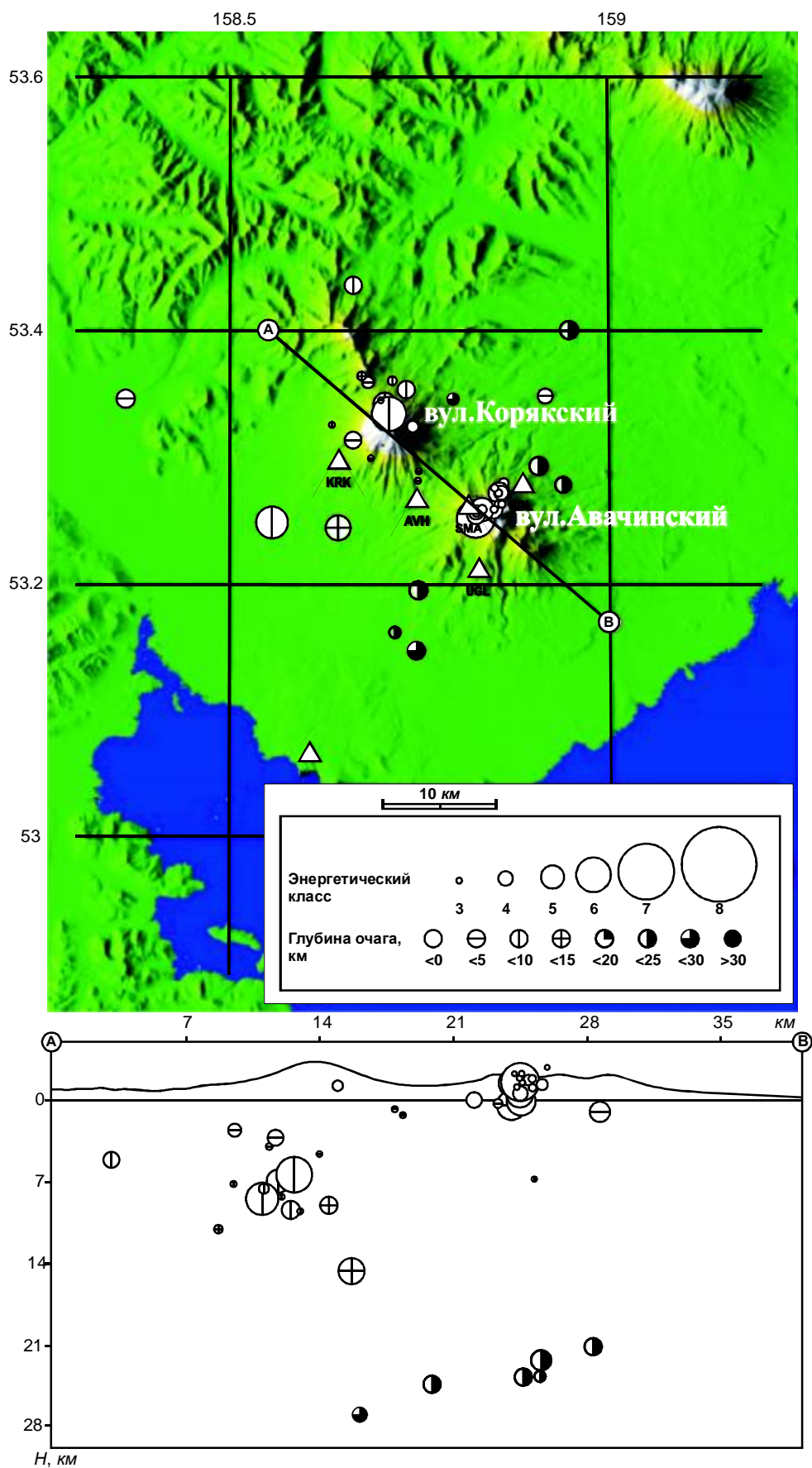


Рис. 33. Карта эпицентров землетрясений в районе Авачинской группы вулканов в 2005 г. и проекция очагов на вертикальный разрез А-В

В 2005 г. были активны следующие вулканы: Шивелуч, Ключевской, Безымянный и Карымский.

**Вулкан Шивелуч** – самый северный действующий вулкан Камчатки, расположен в 45 км от пос. Ключи. Ближайшая телеметрическая станция SVL была расположена в 8.5 км от активного кратера вулкана, но во время извержения 27 февраля 2005 г. была уничтожена. Три новые телеметрические станции были установлены в сентябре – октябре 2005 г. Поэтому сейсмический мониторинг активности вулкана проводился в течение 7 месяцев только по данным удаленных станций.

В 2005 г. на вулкане Шивелуч продолжала наблюдаться интенсивная вулканическая деятельность, связанная с ростом нового купола, появление которого впервые было отмечено еще 12 мая 2001 г. В течение всего года по спутниковым данным наблюдалась термальная аномалия, свидетельствующая о постоянном выходе на поверхность горячего магматического материала, также регистрировалось вулканическое дрожание. Два наиболее сильных извержения были зафиксированы весной и осенью.

Первое сильное извержение произошло 27 февраля с 06<sup>h</sup>25<sup>m</sup> до 11<sup>h</sup>50<sup>m</sup>. В это время было зарегистрировано сильное сейсмическое событие, возможно, сопровождавшее сход пирокластического потока, сход обломочных лавин и мощные пепловые выбросы. К сожалению, визуальных данных нет, т.к. во время извержения вулкан был закрыт облачностью. Спутниковые данные позволили зарегистрировать большую, протяженную термальную аномалию над свежим пирокластическим потоком и проследить перемещение пеплового облака на удалении до 700 км к юго-западу от вулкана.

Второе сильное извержение произошло 22 сентября, когда полевой отряд КФ ГС РАН устанавливал новую телеметрическую станцию BDR на склоне вулкана. По сейсмическим данным, максимальная фаза извержения была зафиксирована с 07<sup>h</sup>38<sup>m</sup> до 16<sup>h</sup>00<sup>m</sup>, когда регистрировались сильные сейсмические события, вероятно, сопровождавшие сход пирокластического потока, сход лавин и мощные пепловые выбросы. К сожалению, визуальные наблюдения были невозможны из-за плохой погоды. По спутниковым данным была сделана приблизительная оценка высоты пепловых облаков – ~6.5 км над уровнем моря. По наблюдениям полевого отряда КФ ГС РАН, на следующий день после извержения был отмечен свежий пирокластический поток вдоль р. Байдарной протяженностью около 15 км.

**Вулкан Ключевской** – самый высокий действующий вулкан Евразии, расположен в 32 км к юго-западу от пос. Ключи. Ближайшая телеметрическая станция LGN установлена в 4 км от кратера. Сеть позволяет регистрировать при благоприятных условиях землетрясения с минимальным классом 4.0, а теоретический уровень надежной регистрации соответствует классу 4.5.

В 2005 г. на вулкане Ключевской была зафиксирована одна активизация, закончившаяся продолжительным извержением. Можно предположить, что сейсмическая активизация началась еще в 2004 г., когда в сентябре – октябре был зарегистрирован рой глубоких землетрясений на глубине около 30 км под центральным кратером. Начиная с 11 января 2005 г., наряду с глубокими землетрясениями были зарегистрированы события с глубины 3–7 км, которые впоследствии постепенно поднялись к кратеру вулкана. Также в это время было зафиксировано вулканическое дрожание, амплитуда которого в дальнейшем постепенно увеличивалась. Первая термальная аномалия в районе центрального кратера была отмечена на спутниковом снимке в ночь с 15 на 16 января. А уже на следующую ночь по визуальным данным с сеймостанции «Ключи» наблюдалось свечение над кратером в темное время суток.

17 января был сделан успешный прогноз времени и масштабов возможного извержения вулкана Ключевской, который был передан в Камчатский филиал Российского экспертного совета (КФ РЭС) по прогнозу землетрясений и извержений. Первые выбросы раскаленного материала были зафиксированы 21 января – начало извержения. 31 января были отмечены первые пепловые выбросы, а через некоторое время на фоне постоянно увеличивающейся амплитуды вулканического дрожания появился лавовый поток на западном склоне вулкана. В дальнейшем, в течение двух месяцев, происходило извержение вулкана Ключевской с излиянием лавового потока протяженностью до нескольких километров и пепловыми выбросами до 4 км над кратером. К концу апреля вулканическая активность ослабела и сейсмичность снизилась до фонового уровня.

**Вулкан Безымянный** в течение последних лет обычно извергался один или два раза год. Ближайшие телеметрические станции LGN и ZLN расположены в 13.5 км от кратера вулкана. Минимальный уровень регистрируемой сейсмичности по ближайшим станциям соответствует классу землетрясений 3.6, а теоретический уровень надежной регистрации по трем станциям равен 4.5.

В 2005 г. вулкан Безымянный извергался два раза. Перед зимним извержением первые признаки активизации зафиксированы еще 25 декабря 2004 г., когда были зарегистрированы первые землетрясения и сейсмичность превысила фоновый уровень. В дальнейшем наблюдался рост количества и энергии поверхностных землетрясений, появились поверхностные события, вероятно, сопровождавшие сход лавин. Утром 11 января в КФ РЭС был передан краткосрочный прогноз масштабов и времени возможного извержения. Согласно прогнозу, эксплозивное извержение умеренной силы (пепловые выбросы до 10 км над уровнем моря) ожидалось в ближайшие 7 дней. По сейсмическим данным, эксплозивное извержение произошло вечером 11 января с 08<sup>h</sup>02<sup>m</sup> до 08<sup>h</sup>45<sup>m</sup> с возможной высотой газо-пепловых выбросов до 8–10 км над уровнем моря. К сожалению, из-за непогоды и темного времени суток визуальные наблюдения были невозможны. Спутниковые данные позволили проследить распространение пеплового облака на высоте 7–9 км над уровнем моря на расстояние более 350 км в юго-западном направлении.

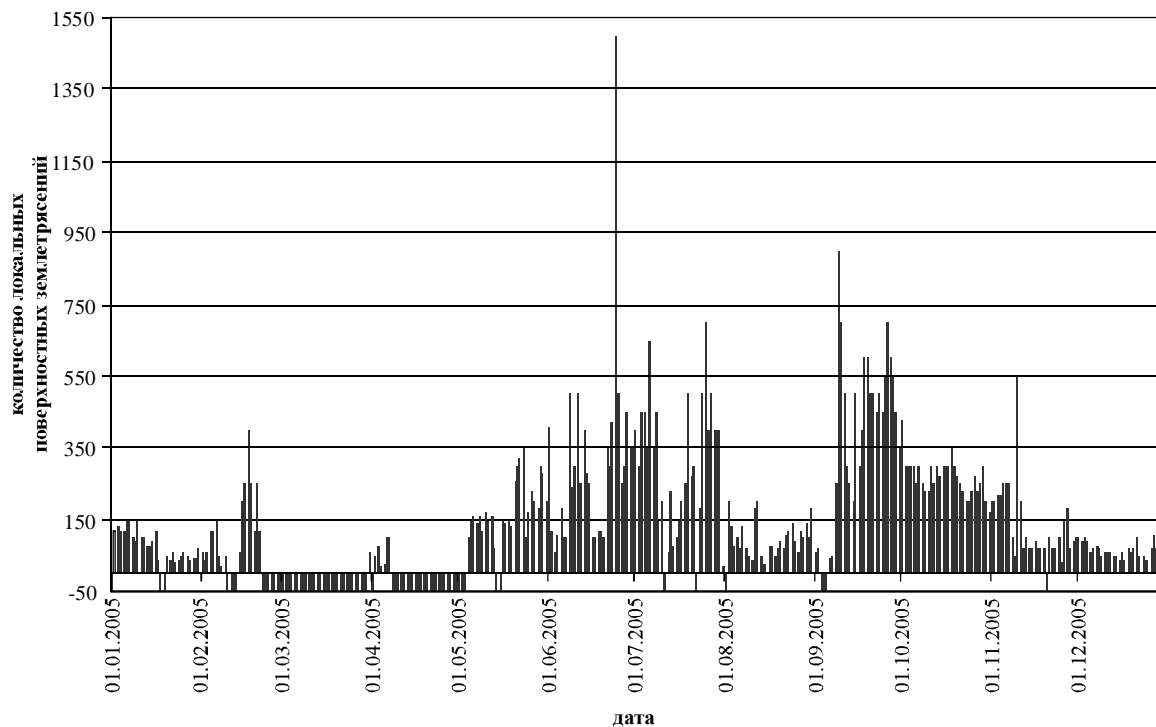
Второе извержение вулкана Безымянный произошло в ноябре 2005 г. Для этого извержения также был сделан успешный краткосрочный прогноз времени и масштабов события, который был зарегистрирован в КФ РЭС. 18 ноября были зарегистрированы первые землетрясения в постройке вулкана, и сейсмичность превысила фоновый уровень. В дальнейшем наблюдался постепенный рост количества и энергии поверхностных событий. По сейсмическим данным, эксплозивное извержение произошло 30 ноября с 12<sup>h</sup>00<sup>m</sup> до 13<sup>h</sup>15<sup>m</sup>. По спутниковым данным было прослежено распространение пеплового облака на высоте около 6 км над уровнем моря на расстояние 400 км в западном направлении. Извержение произошло ночью, поэтому визуальные наблюдения были невозможны.

**Вулкан Карымский** в исследуемый период продолжал извергаться, как и в предшествующие годы, начиная с 1 января 1996 г.

Ближайшая телеметрическая станция KRY расположена на юго-восточном склоне в 1.5 км от кратера, что обеспечивало уровень регистрации по одной станции землетрясений класса 1.0 и выше. Другие телеметрические станции расположены на расстоянии свыше 100 км и могли обеспечить надежное определение параметров землетрясений по трем станциям с занесением в каталог только с класса 6.5. Поэтому все основные выводы о деятельности вулкана сделаны по данным только одной станции KRY. На рис. 34 показано количество локальных ( $2 < K_S < 6$ ) поверхностных землетрясений, большинство

из которых расположены в кратере. График наглядно показывает периоды усиления и ослабления активности вулкана. Также фиксировались события, обычно сопровождавшие газо-пепловые выбросы высотой более 1500 м над кратером. Иногда самые сильные (более 6 км над уровнем моря не отмечено) пепловые выбросы удавалось зафиксировать на спутниковых снимках.

Остальные вулканы были спокойны, и на них наблюдалась нормальная, фоновая сейсмичность.



**Рис. 34. Сейсмичность вулкана Карымский в 2005 г. по данным сейсмостанции KRY.**  
Значение «-50» означает отсутствие данных

В печатном варианте раздела IV настоящего сборника каталоги землетрясений за 2005 г. публикуются с  $ML \geq 1.3$  для Авачинской группы вулканов, с  $ML \geq 2.2$  – для Северной группы вулканов. В электронном варианте раздела IV (на CD-ROM) каталоги землетрясений вулканических районов Камчатки публикуются в полном объеме.