

III. Результаты детального сейсмического мониторинга локальных зон и объектов

III.1. Сейсмический мониторинг вулканов Камчатки и вулкана Алаид

С.Л. Сеньюков, И.Н. Нурждина, В.Н. Чебров

В 2006 г. телеметрическая сеть КФ ГС РАН позволяла проводить сейсмический мониторинг вулканов Камчатки в режиме, близком к реальному времени с разной степенью детальности. Наиболее детальные наблюдения проводились для Северной (вулканы Шивелуч, Ключевской, Безымянный, Крестовский, Ушковский и Плоский Толбачик, рис. III.1) и Авачинской (вулканы Авачинский и Корякский, рис. III.2) групп вулканов. В августе 2006 г. были введены в систему наблюдений две новые телеметрические станции (KIR и BZM) к западу от вулкана Безымянный, что улучшило возможности сейсмических наблюдений для Северной группы. Для этих групп вулканов составлялись отдельные каталоги землетрясений с помощью адаптированных программ расчета параметров вулканических событий, использующих локальные географы. 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 классом $K_s \geq 6.0$) фиксировались в оперативном каталоге Камчатки и Командорских островов в соответствии с принятой методикой обработки, а для более слабых событий велся только подсчет их количества.

В табл. III.1 приведены сведения о вулканах, для которых проводился сейсмический мониторинг.

**Таблица III.1. Сведения о вулканах Камчатки,
для которых проводился сейсмический мониторинг**

| Название вулкана | Координаты вершины | | Абсолютная высота вершины, м | Диаметр кратера, м |
|-----------------------------------|--------------------|--------|---------------------------------|--------------------|
| | φ, °N | λ, °E | | |
| Авачинская группа вулканов | | | | |
| Авачинский | 53.25 | 158.83 | 2741 | 350 |
| Корякский | 53.32 | 158.72 | 3456 | |
| Северная группа вулканов | | | | |
| 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 | |
| Остальные вулканы | | | | |
| 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 | |

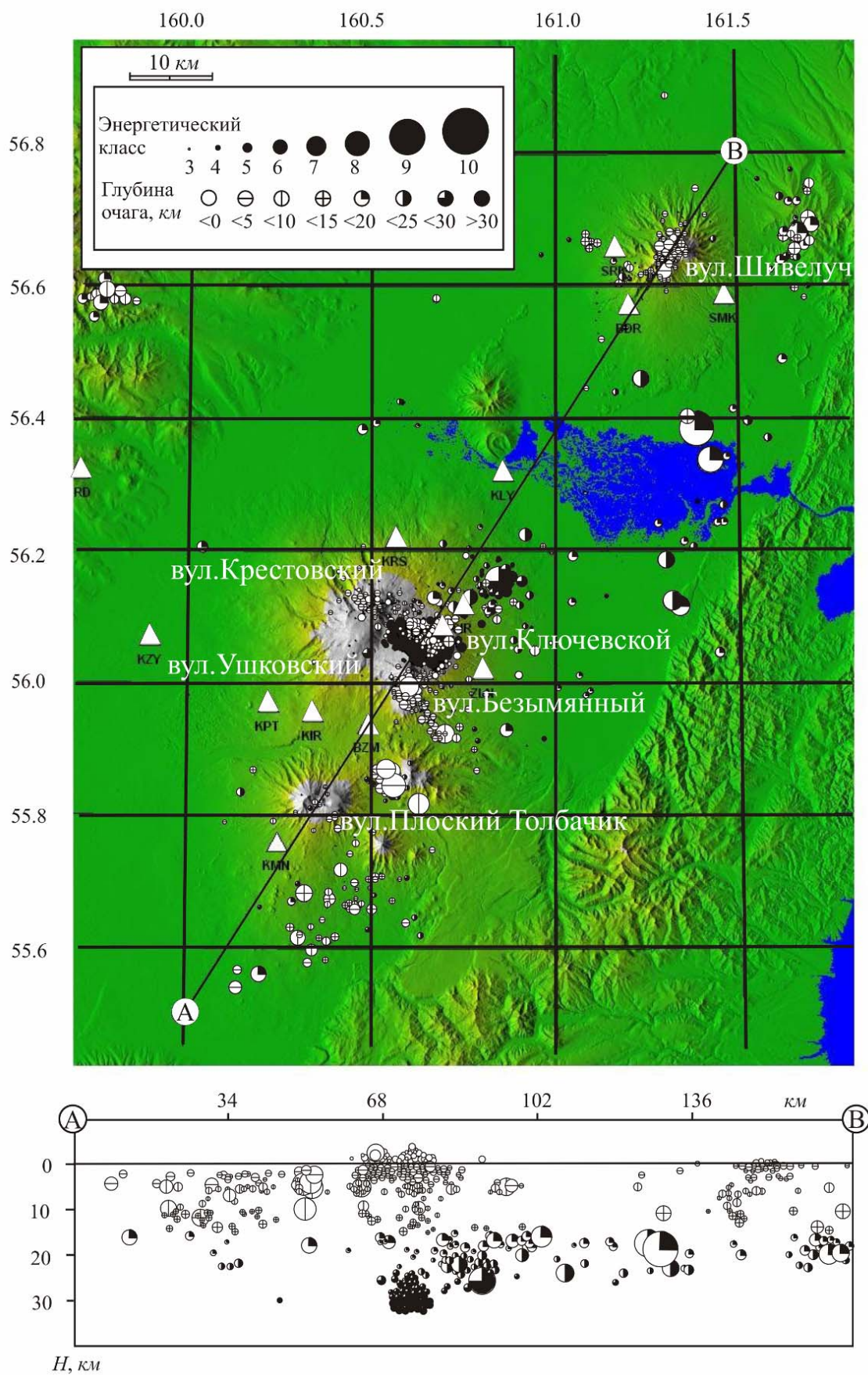


Рис. III.1. Карта эпицентров землетрясений в районе Северной группы вулканов в 2006 г. и проекция очагов на вертикальный разрез А–В

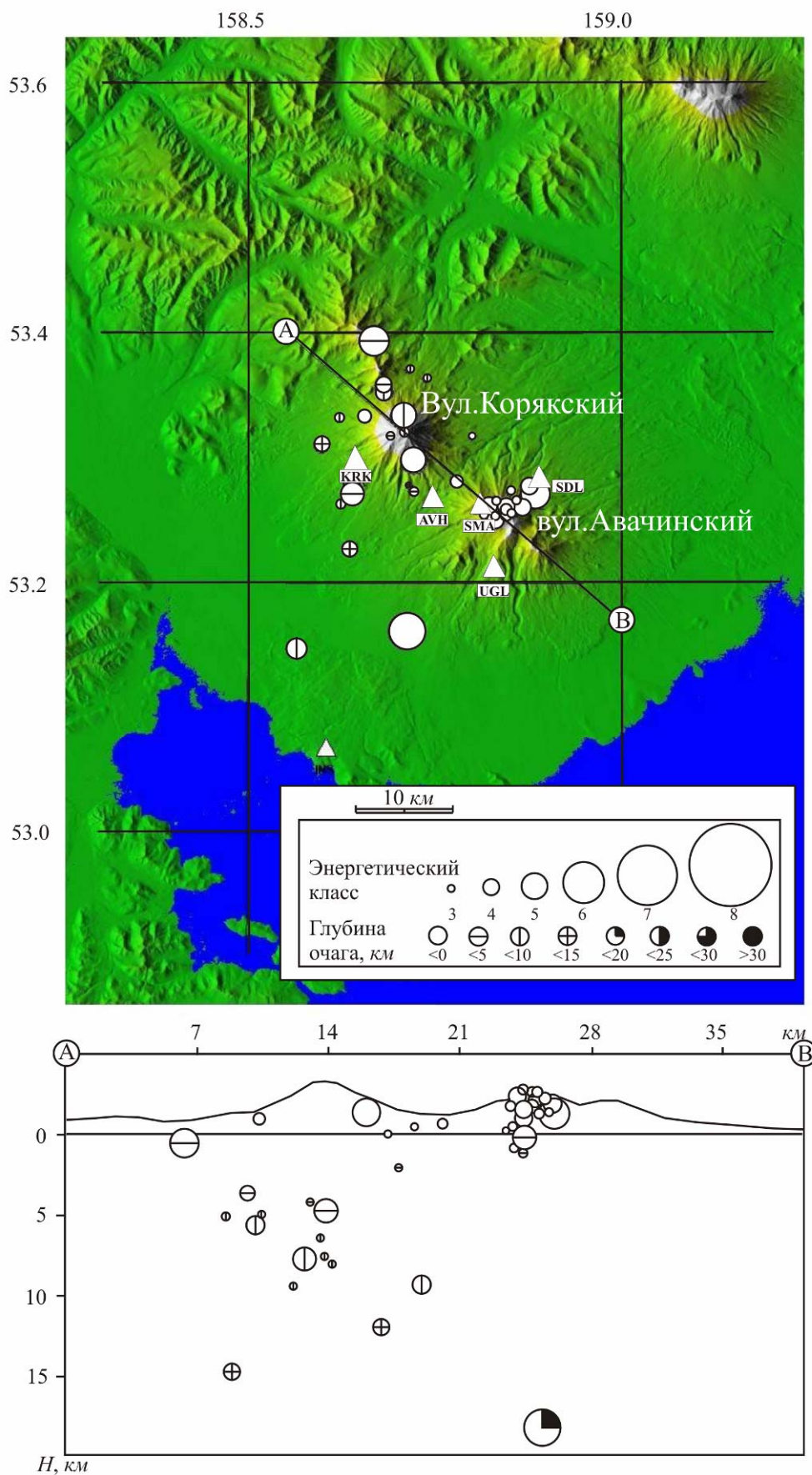


Рис. III.2. Карта эпицентров землетрясений в районе Авачинской группы вулканов в 2006 г. и проекция очагов на вертикальный разрез А-В

В 2006 г. были активны следующие вулканы: Шивелуч, Ключевской, Безымянный и Карымский.

Вулкан Шивелуч – самый северный действующий вулкан Камчатки, расположен в 45 км от г. Ключи. Ближайшие телеметрические станции (SRK, SMK и BDR), установленные в 2005 г., расположены на расстоянии 8.5÷10 км от активного кратера вулкана. Это позволило повысить уровень надежной регистрации до класса ~4.5 по сравнению с представительным классом ~5.5 более ранних наблюдений.

В 2006 г. вулкан Шивелуч был активен только в декабре. С января по ноябрь каких-либо заметных признаков активности по сейсмическим и спутниковым данным выявлено не было. Наблюдалась нормальная, фоновая сейсмичность. Первое слабое извержение по сейсмическим данным началось 4 декабря в 19^h06^m и продолжалось около 15 мин. 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 пеплового выброса достигала высоты 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.

Вулкан Ключевской – самый высокий действующий вулкан Евразии – расположен в 32 км к юго-западу от г. Ключи. Ближайшая телеметрическая станция LGN установлена в 4 км от кратера. Сеть позволяет регистрировать при благоприятных условиях землетрясения с минимальным классом 4.0, но уровень надежной регистрации, определенный с помощью автоматической процедуры программы ZMAP, для 2006 г. оказался равным классу 4.9. Для выяснения причины такого несоответствия были построены графики повторяемости для глубоких землетрясений (диапазон глубин от 20 до 35 км) и отдельно для поверхностных землетрясений (диапазон глубин от –5 до +5 км). Автоматически определенный представительный класс для глубоких землетрясений получился равным 5.1 при угле наклона $\gamma = -1.71 \pm 0.05$, а для поверхностных землетрясений получился равным 3.7 при угле наклона $\gamma = -0.7 \pm 0.04$. Так как количество глубоких землетрясений (~4000) значительно превышает количество поверхностных (~250), то и общий представительный класс получился хуже теоретического (4.0), который рассчитан для поверхностных событий. Следует обратить внимание на большое отличие в угле наклона γ для глубоких и для поверхностных событий, что, возможно, свидетельствует о разной природе источников этих землетрясений.

В 2006 г. 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 (поверхностные события, для которых невозможно получить стандартные характеристики) и появления слабой термальной аномалии в районе кратера. Признаков вулканической активности в виде пепловых выбросов и лавовых потоков отмечено не было.

Вулкан Безымянный в 2006 г. извергался два раза. До августа ближайшие телеметрические станции LGN и ZLN были расположены в 13.5 км от кратера вулкана (рис. III.1). Теоретически рассчитанный минимальный уровень регистрируемой сейсмичности по ближайшим станциям соответствовал классу землетрясений 3.6. 5 августа 2006 г. были введены в систему наблюдений две новые телеметрические станции (KIR и VZM) к западу от вулкана Безымянный, что улучшило возможности сейсмических наблюдений для Северной группы. Так как станция VZM расположена в 7 км от вершины вулкана, то теоретический минимальный уровень улучшился до класса 2.9.

Первое извержение произошло в мае. Признаки активизации вулкана были зафиксированы еще в начале апреля, когда стали регистрироваться первые землетрясения, и сейсмичность превысила фоновый уровень. В течение апреля наблюдался рост

количества и энергии поверхностных землетрясений. Пароксизмальная фаза извержения произошла 9 мая с 08^h21^m до 08^h45^m, когда было зарегистрировано сейсмическое событие с максимальной амплитудой $A/T=23.52$ мкм/с (по станции ZLN). Высота пеплового выброса по визуальным данным в это время достигала отметки 12–15 км над уровнем моря. Спутниковые данные зафиксировали распространение пеплового облака на восток.

Второе извержение произошло в декабре. Перед этим извержением первые признаки активизации вулкана Безымянный были зафиксированы в конце ноября, когда сейсмичность превысила фоновый уровень. В дальнейшем наблюдался волнообразный, постепенный рост количества и энергии поверхностных землетрясений. Нужно отметить, что предвещающая сейсмичность была более слабой по отношению к сейсмичности предыдущего извержения. По сейсмическим данным максимальная фаза взрывного извержения произошла 24 декабря с 09^h17^m до 10^h20^m, когда было зарегистрировано сейсмическое событие с максимальной амплитудой $A/T=42.54$ мкм/с по станции ZLN. Несмотря на сумерки, по визуальным данным сотрудников сейсмостанции «Козыревск» в это время отчетливо наблюдалась пепловая колонна высотой до 13 км над уровнем моря. В колонне периодически наблюдались вспышки молнии. По спутниковым данным продвижение пеплового облака было прослежено на расстояние более 2000 км в восточном направлении.

Для обоих извержений были сделаны успешные краткосрочные прогнозы масштабов и времени извержений, которые были переданы в Камчатский филиал Российского экспертного совета и участникам Международного проекта по безопасности полетов KVERT (Институт вулканологии и сейсмологии и Аляскинская вулканологическая обсерватория).

Вулкан Карымский в исследуемый период продолжал извергаться, как и в предыдущие годы (рис. III.3).

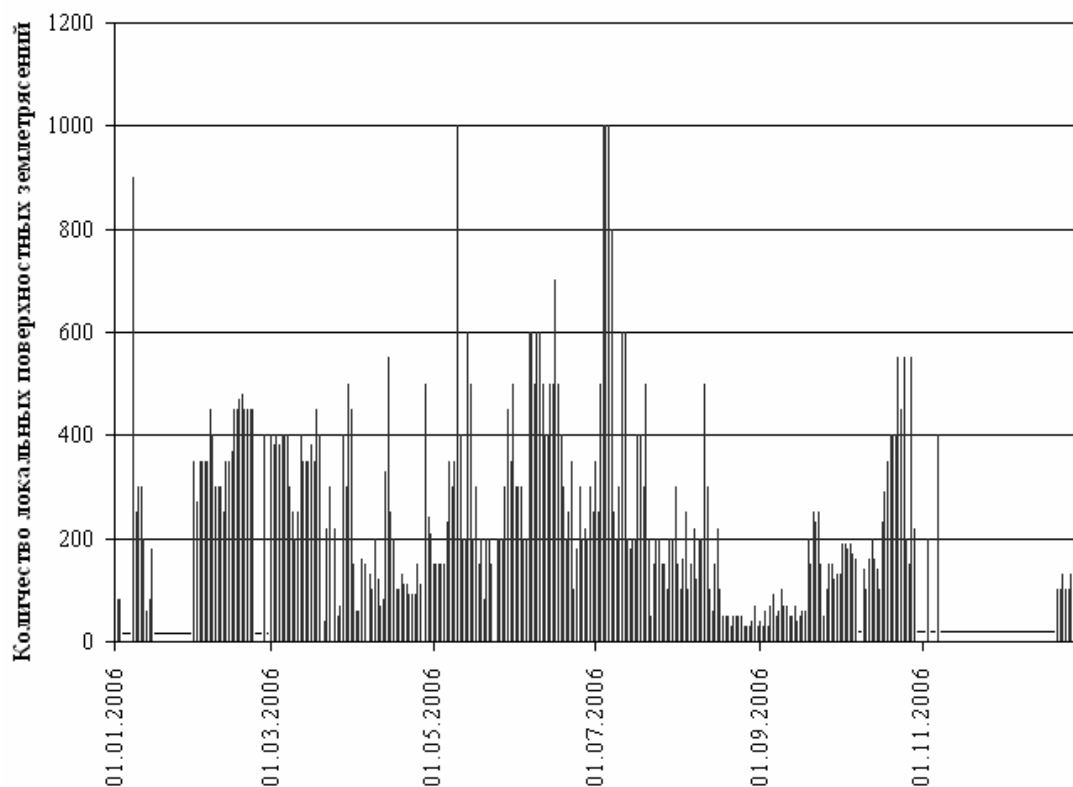


Рис. III.3. Сейсмичность вулкана Карымский в 2006 г. по данным сейсмостанции KRY.
Знак «—» означает отсутствие данных

Ближайшая телеметрическая станция KRY расположена на юго-восточном склоне 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 только с класса 6.5. В 2006 г. в радиусе 10 км от вулкана было зарегистрировано только два землетрясения, поэтому все основные выводы о деятельности вулкана сделаны по данным только одной станции KRY. На рис. III.3 представлено количество локальных ($2 < K_S < 6$) поверхностных землетрясений, большинство из которых – взрывы в кратере. График наглядно показывает периоды усиления и ослабления активности вулкана. Также фиксировались события, обычно сопровождавшие газопепловые выбросы высотой более 1500 м над кратером. Иногда самые большие пепловые выбросы на вулкане удавалось зафиксировать на спутниковых снимках.

На других вулканах наблюдалась «нормальная, фоновая» сейсмичность.

В печатном варианте (раздел V настоящего сборника) каталоги землетрясений за 2006 г. публикуются с $M \geq -0.5$ для Авачинской группы вулканов, с $M \geq 0.9$ – для Северной группы вулканов. В электронном варианте (раздел V на CD-ROM) каталоги землетрясений вулканических районов Камчатки публикуются в полном объеме.