

Сенюков С.Л., Нурждина И.Н.

Камчатский филиал Геофизической службы РАН, г. Петропавловск-Камчатский, sva08@emsd.ru**Введение**

Вулкан Корякский (координаты вершины: $53^{\circ} 19'$ с.ш., $158^{\circ} 43'$ в.д.) – классический стратовулкан высотой 3456 м, входит в Авачинскую группу вулканов, расположенную на юго-востоке полуострова Камчатка в 25-30 км от краевого центра г. Петропавловска-Камчатского и г. Елизово [3]. В связи с существующей вероятностью возможного катастрофического извержения в виде взрыва или обвала склона он представляет наибольшую потенциальную опасность для населения Камчатки. Наиболее интенсивная вулканическая деятельность вулкана наблюдалась в голоцене в интервале 3500-7000 лет назад. Вулкан расположен на пересечении двух разломов: северо-западного и северо-восточного направлений. С северо-запада к Корякскому вулкану примыкают и служат его основанием среднеплейстоценовые постройки вулканов Ааг и Арик. Наличие исторических извержений указывает на то, что вулкан не угас. Последнее слабое эксплозивное извержение Корякского в 20 веке произошло в конце 1956 г. и по март 1957 г. В результате этого извержения в вершинной части конуса на северо-западном склоне образовалась трещина длиной ~ 500 м. Данные сейсмических наблюдений являются первостепенными для прогноза опасности извержения. Детальное исследование зарегистрированной сейсмичности и последующей вулканической активности позволит изучить режим деятельности вулкана в исследуемый период и даст возможность в будущем делать более обоснованные оценки вулканической опасности.

Результаты

За период детальных сейсмологических наблюдений повышение сейсмической активности в районе вулкана Корякский было зарегистрировано в августе 1966 г. (Аагский рой землетрясений [2]), весной 1994 г. [1] и в 2008-2009 гг., рис.1.

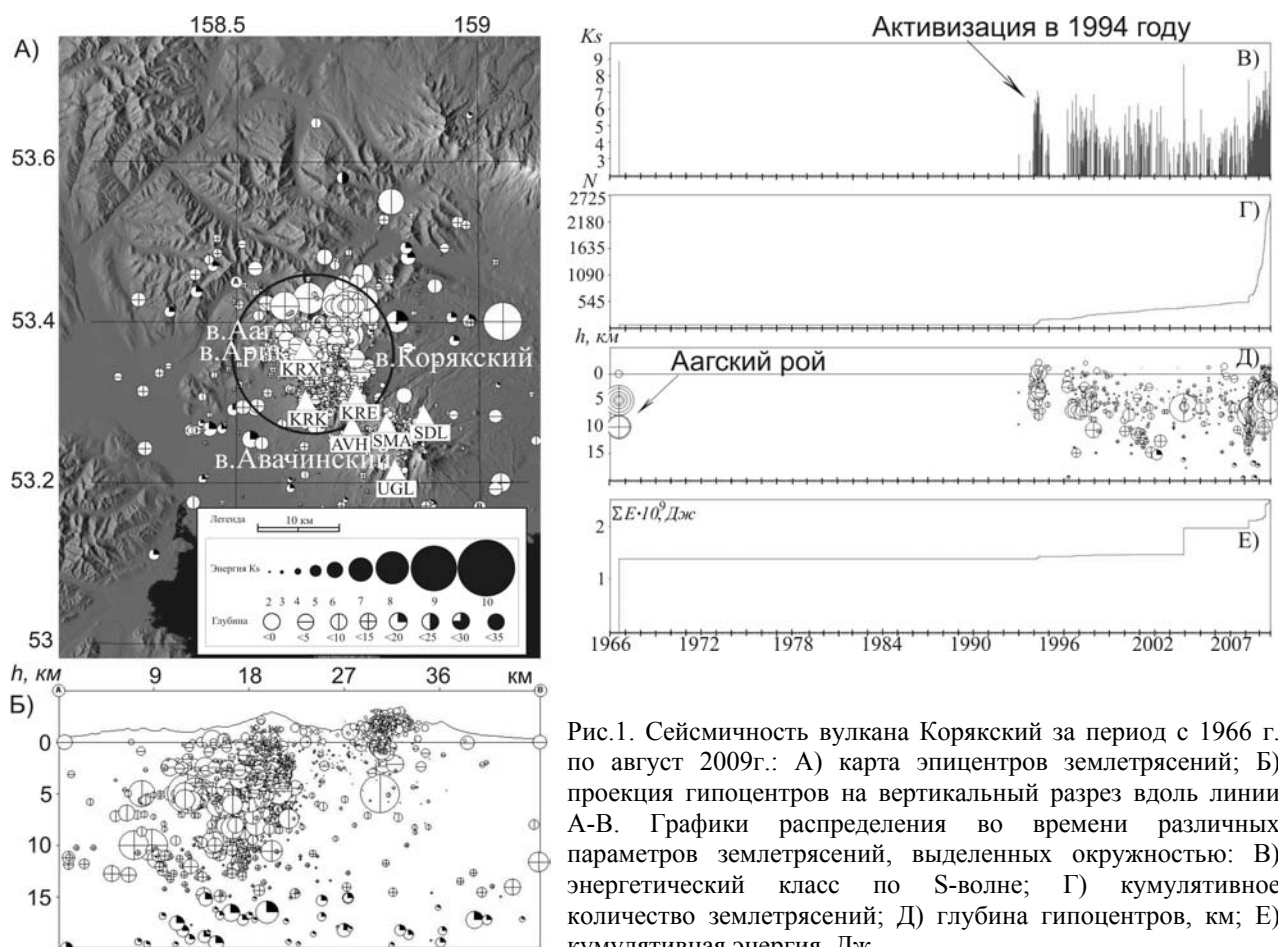


Рис.1. Сейсмичность вулкана Корякский за период с 1966 г. по август 2009г.: А) карта эпицентров землетрясений; Б) проекция гипоцентров на вертикальный разрез вдоль линии А-В. Графики распределения во времени различных параметров землетрясений, выделенных окружностью: В) энергетический класс по S-волне; Г) кумулятивное количество землетрясений; Д) глубина гипоцентров, км; Е) кумулятивная энергия, Дж.

Первая сейсмическая станция «Авача» в районе Авачинской группы вулканов была открыта в 1963 г. В августе 1966 г. в районе потухшего вулкана Ааг произошла серия землетрясений [2], впервые отмеченная здесь за последние три года, с момента установки станции «Авача». С 10 по 13 августа было зарегистрировано 111 землетрясений с энергетическим классом от 4 до 9 в диапазоне глубин от 0 до 10 км. Эпицентры группировались в небольшой области, в восточной и северо-восточной частях построек вулканов Ааг и Арик. (рис.1.А). Для этого роя землетрясений был определен наклон графика повторяемости $\gamma=0.32$. Кроме сейсмограмм, полученных со станции «Авача», при обработке землетрясений роя использовались сейсмограммы со станций Камчатской сети, а также временных станций.

Вторая сейсмическая активизация вулкана Корякский произошла весной 1994 г. [1]. Следует отметить, что в период с 1966 г. по 1992 г. станция «Авача» работала непрерывно, только изменился ее статус, и в 1976 г. она стала телеметрической «AVH». Но землетрясений в районе Корякского вулкана в этот период не зафиксировано, по крайней мере, с классом выше 6.0, которые уже могли быть зарегистрированы другими станциями Камчатской сети и могли быть локализованы. В течение 1991 - 92 гг. на склоне Авачинского вулкана были установлены дополнительные телеметрические станции. В результате локальная сеть в районе Авачинской группы вулканов в 1994 г. включала 4 телеметрические станции: «AVH», «UGL», «SMA» и «SDL».

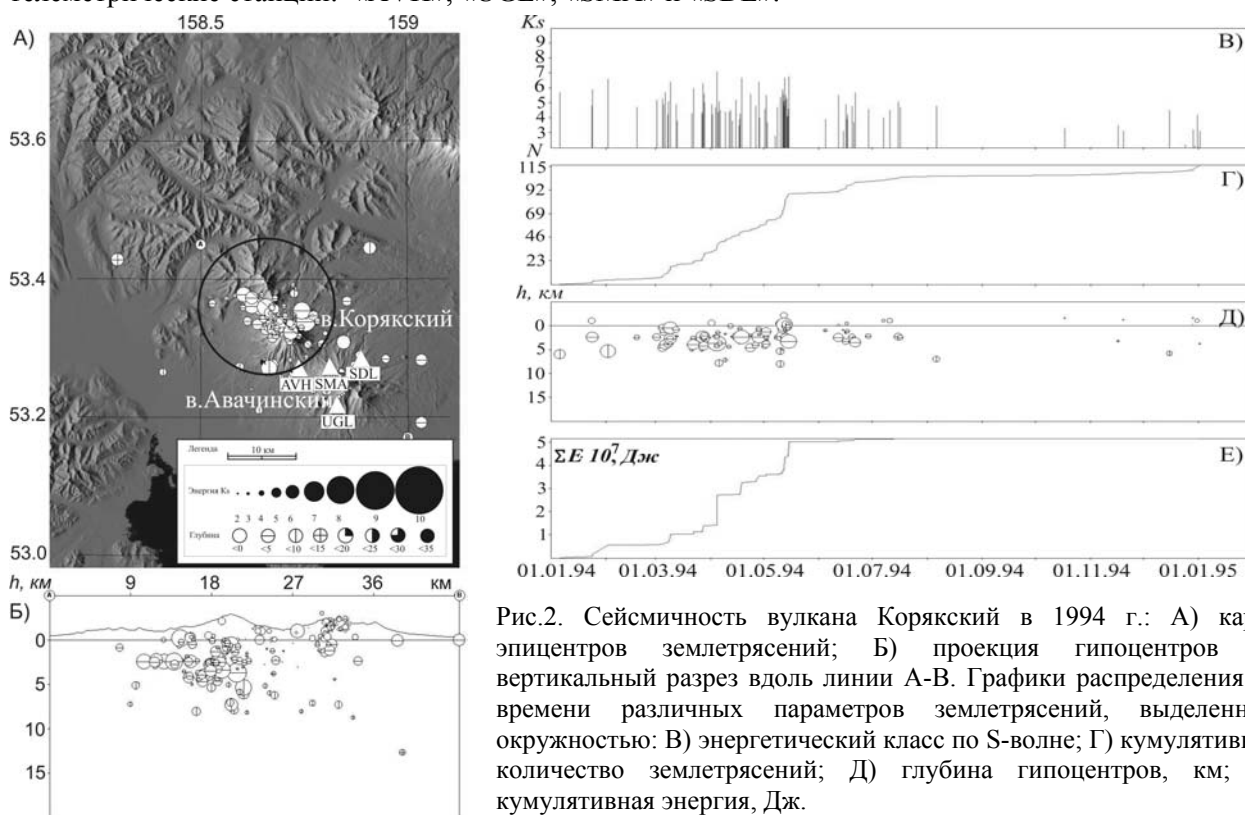
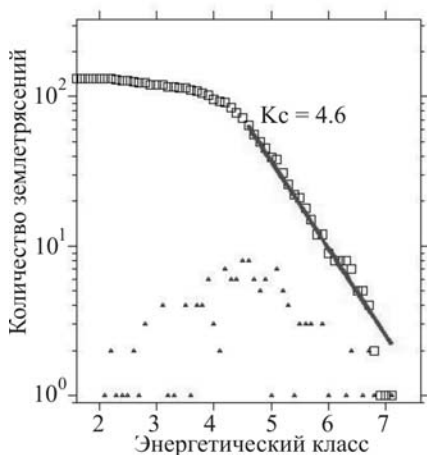


Рис.2. Сейсмичность вулкана Корякский в 1994 г.: А) карта эпицентров землетрясений; Б) проекция гипоцентров на вертикальный разрез вдоль линии А-В. Графики распределения во времени различных параметров землетрясений, выделенных окружностью: В) энергетический класс по S-волне; Г) кумулятивное количество землетрясений; Д) глубина гипоцентров, км; Е) кумулятивная энергия, Дж.



Рой землетрясений под вулканом начался 1 марта, к середине мая количество землетрясений резко понизилось без каких-либо признаков вулканической активности, рис.3. За период активизации было локализовано более 100 землетрясений на глубине от 0 до 8 км под постройкой вулкана. Диапазон энергетических классов в рое составил от 3 до 7, представительный класс K_c был равен 4.6. Угол наклона графика повторяемости $\gamma=0.58 \pm 0.06$. В целом сейсмическая активизация в 1994 г. была слабая, но она указывала на то, что вулкан может активизироваться в любое время.

Рис.3. Графики повторяемости для землетрясений 1994г. Квадратами показан кумулятивный график повторяемости (суммарное число землетрясений с классом K_c и выше). Треугольниками – обычный график повторяемости в форме по классового распределения числа землетрясений.

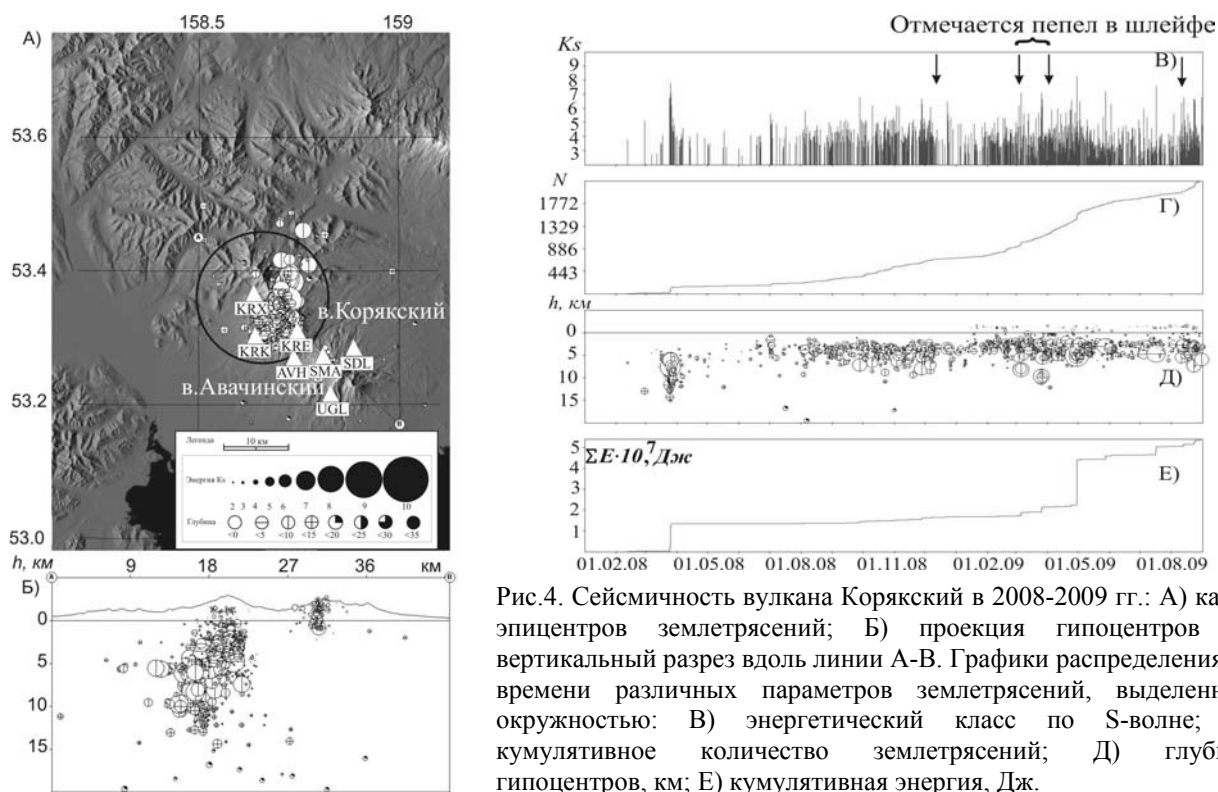


Рис.4. Сейсмичность вулкана Коряжский в 2008-2009 гг.: А) карта эпицентров землетрясений; Б) проекция гипоцентров на вертикальный разрез вдоль линии А-В. Графики распределения во времени различных параметров землетрясений, выделенных окружностью: В) энергетический класс по S-волне; Г) кумулятивное количество землетрясений; Д) глубина гипоцентров, км; Е) кумулятивная энергия, Дж.

Последняя сейсмическая активизация началась в марте 2008 г. С 24 по 28 марта было зарегистрировано 101 землетрясение с энергетическим классом равным или больше 4 (максимальный = 7.7). Очаги землетрясений располагались к северу от вершины Коряжского, как и в 1966 г., на глубинах 5-25 км. После некоторого перерыва, с середины июня 2008 г., сейсмическая активность вновь возросла, но уже непосредственно под Коряжским вулканом на глубинах 3-10 км. До конца года было зарегистрировано более 400 слабых землетрясений. Вместе с повышением сейсмической активности осенью 2008 г. заметно усилилась фумарольная активность. 24, 26, 27 декабря визуальными наблюдениями были зафиксированы парогазовые выбросы высотой до 1 км, содержащие пепел. Расположенная в 5.3 км от вершины ближайшая сейсмическая станция KRX не зарегистрировала сейсмических сигналов, сопровождающих эти выбросы. В начале января 2009 г. сейсмическая и фумарольная активности синхронно понизились. Следующий всплеск сейсмической и вулканической активности был зафиксирован в марте. Усилилась фумарольная активность, протяженность парогазовых шлейфов, содержащих пепел, достигала 200 км. И последняя за наблюдаемый период сейсмическая активность началась 10 августа, за которой вновь с 16 по 27 августа последовало появление пепла в шлейфах. Слабые события, для которых не были определены стандартные характеристики, представлены на рис.5.

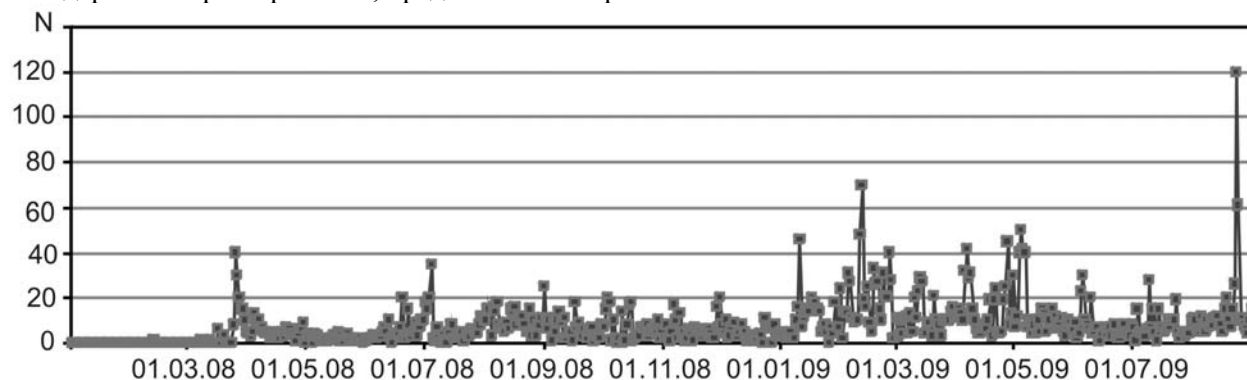


Рис.5. Микросейсмичность вулкана Коряжский в 2008-2009 гг. N- количество землетрясений за сутки.

Для обеспечения полного контроля сейсмического процесса на более низком энергетическом уровне и повышения точности оценок положений землетрясений в пространстве, включая постройку вулкана, в 2009 г. на его склонах были установлены ещё две сейсмические станции – “KRE” и “KRX”, что значительно улучшило возможности сейсмических наблюдений рис.4А.

Для ~2230 событий, локализованных 2008-2009 гг., был проведен пространственно-временной анализ. Для удобства анализа были вычислены параметры центра выделенной сейсмической энергии, рис.6. Центр выделенной сейсмической энергии (ЦВСЭ) за выделенные сутки определялся как одно эквивалентное землетрясение с координатами очага, вычисленными как среднеарифметическое из координат землетрясений зарегистрированных за выбранные сутки с учетом веса, пропорционального энергии события. Энергия этого эквивалентного землетрясения равна сумме энергий выбранных событий. Глубина ЦВСЭ в процессе активизации изменялась следующим образом, рис. 6А. В начале 2008 г. землетрясения в основном происходили на глубине от 3 до 15 км, во второй половине года очаги сместились в диапазон глубин от 3 до 10 км. После установки станции KRE в январе 2009 г. наблюдалось систематическое смещение очагов к уровню моря на ~2 км, а также появились события с гипоцентрами выше уровня моря. В плане очаги землетрясений в процессе активизации сконцентрировались вблизи положения вершины вулкана, рис. 6 Б,В.

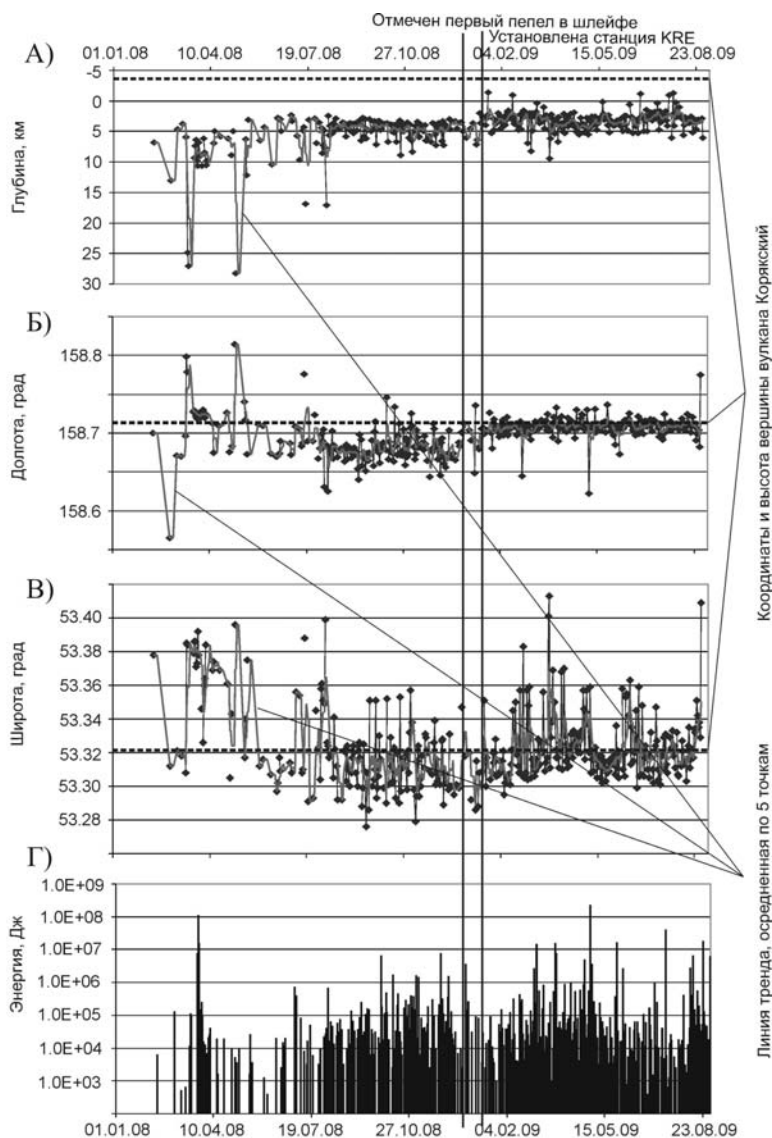


Рис.6 Графики изменения параметров центра выделенной сейсмической энергии во времени: А) –глубина, Б) - долгота, В) - широта, Г) - энергия.

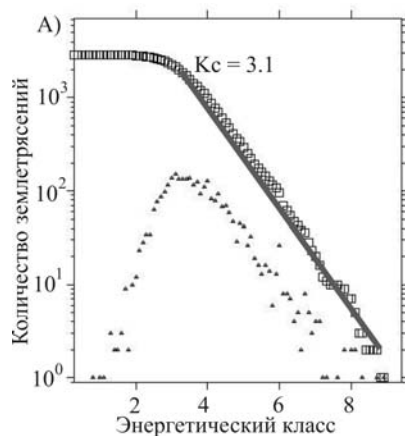


Рис.7.Графики повторяемости для землетрясений 2008-2009 гг. Квадратами показан кумулятивный график повторяемости (суммарное число землетрясений с классом K_s и выше). Треугольниками – обычный график повторяемости в форме по классового распределения числа землетрясений.

Для событий исследуемого периода был построен график повторяемости, рис. 7. Диапазон энергетических классов составил от 2.2 до 8.3. Угол наклона графика повторяемости получился равным γ (b-value) = 0.478. Представительный класс для этого периода K_c равен 3.1.

На рис 8. представлено изменение параметра γ (b-value) (А) и количества землетрясений (Б) с глубиной.

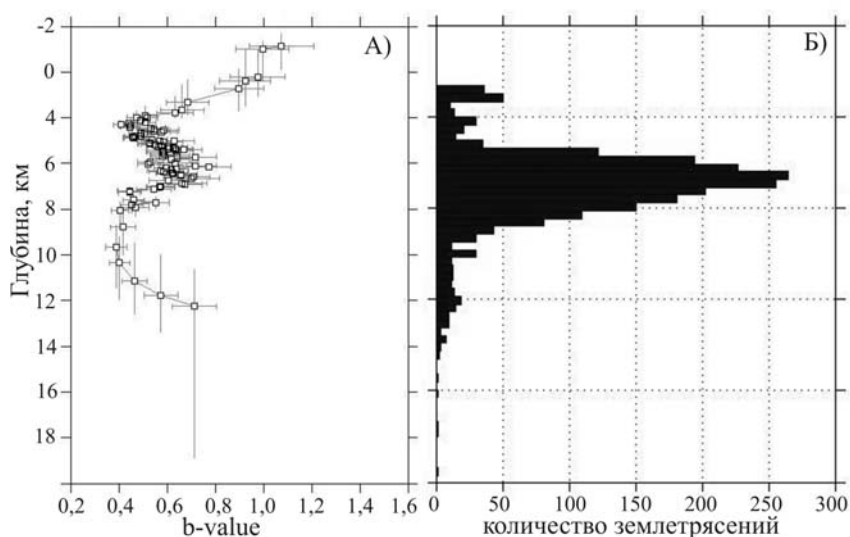


Рис.8. Изменение параметра γ (b-value) (А) и количества землетрясений с глубиной (Б).

Выводы

В период детальных сейсмических наблюдений первый рой землетрясений в районе вулкана Корякский был зарегистрирован в 1966 г., но после него не наблюдалось последующей миграции эпицентров к вулкану Корякский и усиления вулканической активности. Очаги землетрясений следующего роя, произошедшего в начале 1994 г., были локализованы непосредственно под постройкой вулкана. По энергии эти события были слабее, чем в 1966 г., и после них тоже не последовало усиления вулканической активности, как и в 1966 г. Последняя сейсмическая активизация вулкана Корякский началась в марте 2008 г. с роя землетрясений, локализованных к северу от вулкана (как и в 1966 г.) и приуроченных к линейной структуре меридионального направления. После некоторого перерыва, с середины июня 2008 г., сейсмическая активность вновь возросла, но уже непосредственно под Корякским вулканом на глубинах 3-10 км. Вместе с повышением сейсмической активности осенью 2008 г. заметно усилилась фумарольная активность. 24, 26, 27 декабря визуальными наблюдениями были зафиксированы парогазовые выбросы высотой до 1 км, содержащие пепел. В начале января 2009 г. сейсмическая и фумарольная активности синхронно понизились. Следующий всплеск сейсмической и вулканической активности был зафиксирован в марте. Усилилась фумарольная активность, протяженность парогазовых шлейфов, содержащих пепел, достигала 200 км. И последняя за наблюдаемый период относительно кратковременная сейсмическая активность началась 10 августа 2009 г., за которой вновь с 16 по 27 августа последовало появление пепла в шлейфах.

С учетом резургентного состава выброшенного пепла, можно предложить следующее объяснение наблюдаемой сейсмичности. После активизации разлома в районе вулкана Корякский в его магматическую систему, возможно, попали подземные воды и вызвали усиление парогазовой эмиссии. Так как выводящие каналы были недостаточны для вывода большего количества пара и газов, то наблюдалось разрушение стенок выводящих каналов и выбросы резургентного пепла в шлейфах.

Можно также предположить, что сейсмичность, которая будет предшествовать возможному катастрофическому извержению в виде взрыва или обвала склона, должна быть существенно сильнее, чем во время активизации 2008-09 гг.

Литература

1. Гордеев Е.И., Сенюков С.Л. Сейсмическая активизация вулкана Корякский в 1994 г.: гибридные сейсмические события и их применение для оценки вулканической опасности// Вулканология и сейсмология. 1998. №4-5. С.112-126.
2. Горельчик В.И. О рое землетрясений в районе вулкана Ааг// Бюлл. вулк. станций, №45. 1969. с.32-38.
3. Масуренков Ю.П., Пузанков М.Ю., Егорова И.А. Вулкан Корякский // Действующие вулканы Камчатки. М: Наука. 1991. Т.2. С.230-240.
4. Weimer S. A software package to analyze seismicity: ZMAP, Seism.Res.Lett. 72, 373-382.