

УДК 550.344.43

ОСОБЕННОСТИ ЗАТУХАНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН В ВУЛКАНИЧЕСКИХ СРЕДАХ КАМЧАТКИ

В.К. Лемзиков, М.В. Лемзиков

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский,
683006; e-mail: lemzikov@kscnet.ru*

Введение

Известно, что геология оказывает большое влияние на условия распространения сейсмических волн и является главным фактором в определении станционных поправок [9, 10]. Исследование особенностей затухания сейсмических волн в вулканических средах Камчатки является частью задачи по определению станционных поправок, которые необходимы как для инженерной сейсмологии при определении интенсивности сотрясения участка на сейсмические колебания, так и для самой сейсмологии и прежде всего для точного определения энергии землетрясений.

Еще в 50-х годах прошлого века проводились работы по определению станционных поправок [13]. Традиционно, для этой цели использовались прямые Р- и S - волны [7, 9], однако в последнее время стали дополнительно использоваться кода-волны. Сравнение результатов прямых S-волн и кода-волн автором работ [14, 15] позволило сделать вывод, что использование кода-волн обеспечивает более устойчивые оценки станционных поправок, чем прямые S-волны. Это связано с тем, что по теоретическим представлениям, которые во многом совпадают с экспериментальными результатами, кода-волны составлены из рассеянных поперечных волн, многократно принизывающие неоднородности, окружающие источник и приемник, что в результате позволяет получить хорошие оценки средних значений параметров среды по всем направлениям от станции.

В [1, 4-7] продолжены работы по идее, изложенной в [2]. Там определялись объемные объекты под вулканами Камчатки («корни вулканов»), в которых наблюдается сильное поглощение сейсмических волн. Причем в «корнях вулканов» наблюдается значительное поглощение не только поперечных, но и продольных сейсмических волн. Размеры таких экранирующих тел под вулканами Камчатки определяются на глубинах 30-100 км. Этот факт влияет на определение энергии землетрясений по станциям, установленным на вулканах, так как этот параметр по таким станциям занижается на величину 0.4-0.5 единиц. В [7] поправка к энергетическому классу местных землетрясений для станций, установленных на вулканах, разделяется на две части, $\Delta K = \Delta K_{\alpha} + \Delta K_{\beta}$, где ΔK_{α} определяется как поправка к энергетическому классу по грунтовым условиям, а ΔK_{β} - по эффекту прохождения сейсмических волн в «корнях вулканов». Эти работы были выполнены по прямым Р- и S-волнам. Для практического определения энергии местных землетрясений, в том числе и по станциям, установленным на вулканах, необходимы значения станционных поправок, пока вклад различных составляющих в эти поправки имеют только теоретический смысл. Так как кода-волны обеспечивают более надежные оценки в определении различных параметров, то в этой связи возникает вопрос, какое влияние на распространение кода-волны оказывают «корни вулканов».

В работе поставлена цель сравнить амплитудные уровни прямых Р-, S-волн и кода-волн (определить станционные поправки) сейсмических станций Камчатки, установленных в различных геологических условиях, в том числе на восточном побережье и вблизи действующих вулканов.

Метод исследования

Непосредственно сравнить уровни амплитуд местных землетрясений по станциям, установленным в разных геологических условиях можно только в некоторых частных случаях. Разные гипоцентральные расстояния, энергии очага, диаграммы направленности излучения очага землетрясений и другие факторы влияют на возможности непосредственного сравнения амплитуд сейсмических волн разных станций. Для уменьшения влияния этих факторов применяются различные способы. Например, в работе [8] использовались для этой цели группы станций, установленных близко друг к другу, что соответствует использованию местных землетрясений в качестве одинакового калибровочного сигнала для некоторой группы станций. В работе [16] при определении станционных поправок применялся рекурсивный стохастический инверсный метод анализа амплитуд местных землетрясений.

Для сравнения уровней амплитуд прямых P-, S-волн и кода-волн на сейсмических станциях, установленных в разных геологических условиях, будем использовать калибровочный сейсмический сигнал, в качестве которого выберем тектоническое землетрясение с глубиной очага более 100 км, которое одновременно зарегистрировано всеми анализируемыми станциями. В качестве метода исследования используем спектральный анализ участков P-, S-волн и кода-волн.

Очаговый спектр землетрясения может быть определен коррекцией экспериментальных спектров землетрясений, полученных по записям отдельных каналов сейсмических станций. Значения корректировочных параметров и вид соответствующих корректирующих функций – это основные и, в большинстве случаев, самые сложные элементы в нахождении очагового спектра. Зависимость очагового спектра мощности землетрясения $X(\omega)$ от основных функций и параметров можно представить так [11, 12]:

$$Y(\omega) = X(\omega) * I(\omega) * G(R) * D(\omega) * S(\omega) * \mathfrak{R}(\omega), \quad (1)$$

где $Y(\omega)$ – спектр мощности землетрясения, полученный по одному каналу сейсмической станции; $I(\omega)$ – амплитудно-частотная характеристика сейсмического канала регистрации; $D(\omega)$ – функция, описывающая поглощение сейсмических волн в среде; $G(R)$ – функция, характеризующая ослабление сейсмических волн из-за геометрического расхождения; $S(\omega)$ – спектральная станционная поправка, $\mathfrak{R}(\omega)$ – функция, характеризующая направленность излучениям очага землетрясения; ω – круговая частота колебаний сейсмических волн; R – гипоцентральное расстояние в км. Запишем соотношение (1) в следующем виде:

$$Y_i(\omega) = X(\omega) * G(R) * D(\omega) * S_i(\omega) * \mathfrak{R}(\omega), \quad (2)$$

где $Y_i(\omega) = \frac{Y(\omega)}{I_i(\omega)}$, а символ i обозначает, что данное соотношение относится к определенному типу волны для определенного сейсмического канала i -ой станции. Написав такое же соотношение для реперной станции, с которой выполняется сравнение i -ой станции, и при условии, что величины R_i и R_{reper} для данного глубокого землетрясения ($H \sim 100$ км) различаются на величину не более $10 \div 20$ км, и разделив (2) на соответствующее выражение для реперной станции, получим

$$\frac{Y_i}{Y_{reper,i}} = \frac{S_i(\omega)}{S_{reper,i}(\omega)} \quad (3)$$

где символ «*reper,i*» обозначает, что сравниваются спектры соответствующих типов волн сейсмических каналов реперной и i -ой станций.

Для кода-волн также можно записать спектр мощности $X(\omega | t)$ некоторого ее участка как в работе [16]:

$$X(\omega | t) = source(\omega) * site(\omega) * path(\omega | t), \quad (4)$$

где ω – круговая частота, t – время, измеренное от времени в очаге землетрясения, и множители, соответственно, характеризуют: *source* – очаг землетрясения, *site* –

станционные условия (станционная поправка), $path$ - условия распространения сейсмических волн на пути от очага до станции. Для кода-волн можно также записать выражение, аналогичное выражению (3) при условии, что географическое положение некоторой и реперной станций будет примерно одинаково относительно очага землетрясения и время t для обеих станций выбрано одно и то же.

Таким образом, при одинаковом гипоцентральной расстоянии при условии выбора глубокого местного землетрясения для некоторой пары станций в соотношении (1) и (4) только коэффициенты $S(\omega)$ и $site(\omega)$ (станционные поправки) будут разными, а все остальные - одинаковыми. Глубокие тектонические землетрясения Восточно-Камчатской тектонической зоны (с $H \sim 100$ км) наиболее близко соответствуют поставленным целям (т.е. можно использовать их в качестве калибровочного сигнала), т.к. для них для нескольких станций Камчатки не только примерно равны гипоцентральные расстояния, но и функции направленности излучения $\mathcal{R}(f)$. Кроме того, сейсмические лучи первых вступлений прямых P-, S-волн приходят в точку регистрации практически вертикально, а кода-волн формируются в основном в верхних слоях среды непосредственно под станциями.

На записях глубоких тектонических землетрясений выбирались участки P-, S-волн и кода-волн. Дополнительно выбирался участок микросейсм в интервале перед записью землетрясения. Длительности всех участков была одинакова и равна 4 с. Запись глубокого тектонического землетрясения проверялась визуально и на ней отмечались моменты вступления P-, S-волн. Начало участка кода-волн выбиралось автоматически по принципу, что при запаздывании, равном двойному времени пробега S-волн из очага до станции, огибающая кода-волн приобретает стандартный асимптотически-спадающий вид. Пример выбора участков P-, S-волн, кода-волн и микросейсм перед началом записи для глубокого тектонического землетрясения приведен на рис. 1.

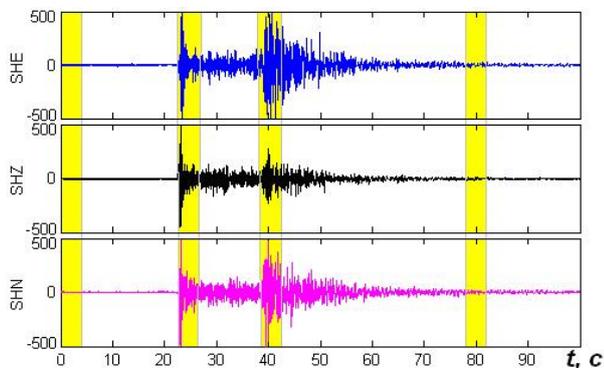


Рис. 1. Пример выбора участков P-, S-волн, кода-волн и микросейсм для спектрального анализа. По горизонтальной оси время измеряется от времени в очаге. Сейсмограмма по станции «Крутоберегово» (КВТ) землетрясения: 2008 7 11 19 30 25.6 55.22 161.80 82 9.5, где приведено время в очаге, координаты и энергия землетрясения.

энергия местных землетрясений. Обозначенные частоты находятся на «полочке» амплитудно-частотных характеристик сейсмических каналов SHZ, SHE и SHN. Результаты по P-, S-волнам анализировались отдельно от данных по кода-волнам. Причем различия между результатами продольных и поперечных сейсмических волн

Перед проведением спектрального анализа выбранные участки записей корректировались стандартными процедурами: устранение тренда, выравнивание нулевой линии и сглаживание концов отрезка косинусным окном. Полученный спектр мощности полезного сигнала корректировался на амплитудно-частотную характеристику сейсмического канала и из него вычитался спектр шума, который также предварительно корректировался на амплитудно-частотную характеристику сейсмического канала.

Спектры участков P-, S-волн и кодаволн оценивались на следующих частотах: 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12 Гц. Значения спектров в этих значениях частот определялись как средние в полосе шириной 1 Гц с центрами на соответствующих частотах. В полосе частот 1-10 Гц выделяется основная

не было. На рис. 2 приведены спектры землетрясений, удовлетворяющих соотношению 1 и их отношению.

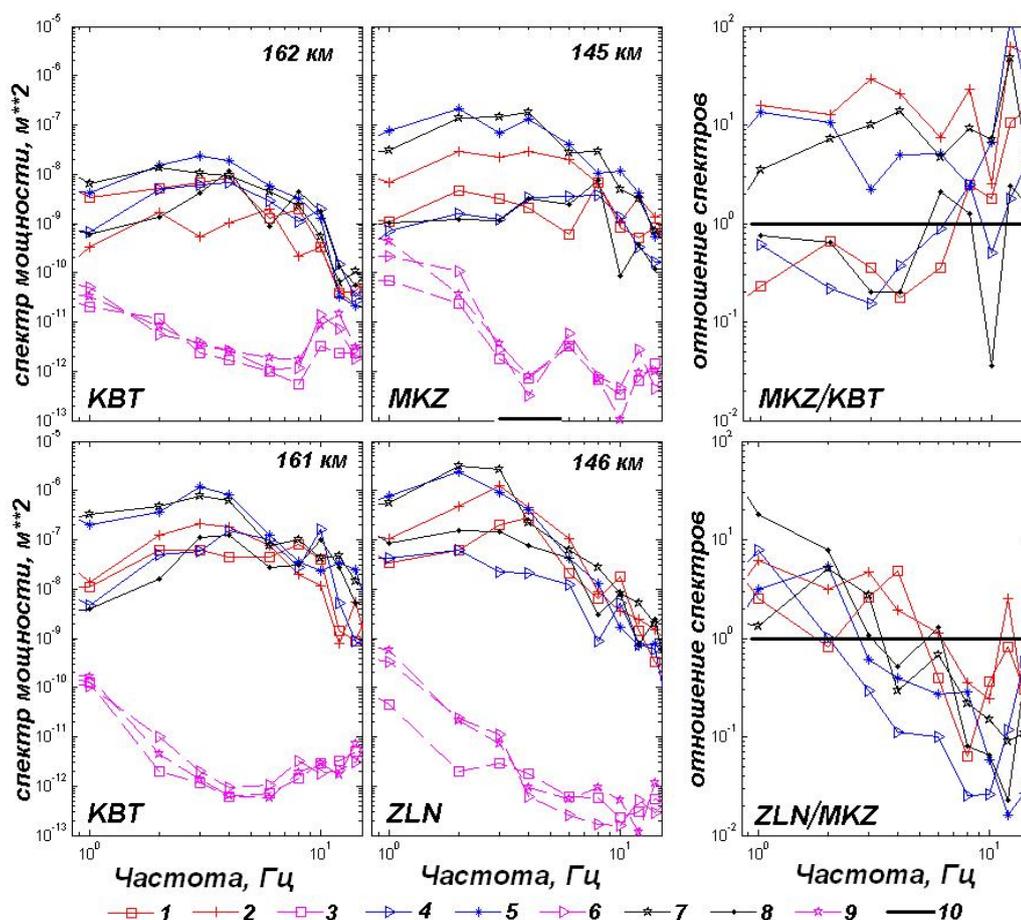


Рис. 2. Примеры спектров и их отношений. На верхней части рисунка приведены результаты по сейсмическим каналам SHZ, SHE и SHN станций «Крутоберегово» (KBT) и «Мыс Козлова» (MKZ) для землетрясения: 2007 5 25 14 29 32.2 55.38 161.45 107 9.4; здесь же приведены спектры мощности уровня микросейсм перед началом записи землетрясения по этим каналам; цифрами показано гипоцентральное расстояние в км. В нижней части – то же по станциям KBT и «Зеленая» (ZLN) для землетрясения: 2007 9 8 19 46 18.8 55.22 161.76 98 10.0. Обозначения: 1 – канал SHZ, P-волна; 2 - то же, S-волна; 3 – то же, шум; 4 - канал SHE, P-волна; 5 - то же, S-волна; 6 – то же, шум; 7 – канал SHN, P-волна; 8 - то же, S-волна; 9 – то же, шум; 10 – линия, обозначающая равенство амплитуд спектров.

На рис. 2 видно, что отношение сигнал/шум почти на всех частотах превосходит 2 порядка. Это обеспечивает получение надежного результата, однако, для уменьшения влияния уровня шума на результат выполнялась коррекция спектра полезного сигнала на спектр шума. Исходные данные по фазам P-, S-волн по всем трем каналам рассматриваются как равнозначные, поэтому они анализировались совместно. По графику отношений на каждой частоте по 6-ти точкам выбиралась медиана, которая обозначает величину отклонения на данной частоте для данной станции относительно «реперной», полученную для данного землетрясения.

Результаты

При одинаковом гипоцентральном расстоянии для тектонических землетрясений с глубиной очага $H \sim 100$ км только вблизи станций в поверхностных слоях среды различаются условия распространения сейсмических волн. То же самое можно отметить и для кода-волн; кроме того, сейсмические кода-волны неоднократно

пронизывают все пространство между очагом и станцией. Если признать, что под вулканами существуют достаточно протяженные тела, так называемые «корни вулканов», экранирующие сейсмические волны, то это легко заметить по первым вступлениям и кода-волнам глубоких тектонических землетрясений Восточно-Камчатской сейсмической зоны.

Глубокие тектонические землетрясения с очагами в Авачинском заливе, использовались для анализа станционных поправок станций Авачинского телеметрического куста. В этом кусте имеется достаточно плотное расположение сейсмических станций: «Авачинская» (AVH), «Корякская» (KRK), «Седловина» (SDL), «Сомма» SMA, «Угловая» (UGL), расстояние между которыми не превышает 5-15 км. Все вместе они находятся на расстоянии порядка 30 км от станции «Петропавловск» (PET), которую удобно выбрать как «реперную». Во многих работах грунты под ней характеризуются как самые жесткие, скальные, амплитудно-частотные характеристики которых не имеют особых резонансных частот [3], поэтому она часто выбиралась в качестве станции, с которой сравнивались результаты всех остальных.

Высокий уровень сейсмичности района Авачинского залива позволяет выбрать за ограниченное время достаточное количество исходных данных; всего за 2006-2008 гг. было использовано 52 глубоких тектонических землетрясения. Дополнительно к вышеперечисленным, по этим землетрясениям были обработаны результаты по станциям: «Русская» (RUS), «Налычево» (NLC), «Шипунский» (SPN), «Ганалы» (GNL), «Горелый» (GRL), «Малая Ипелька» (MIP) – в каждом случае при сравнении со станцией PET.

Землетрясения, с очагами в Кроноцком заливе, в основном использовались для анализа станционных поправок станций «Мыс Козлова» (MKZ), SPN, «Тумрок» (TUM). Всего за 2006-2008 гг. было обработано 19 глубоких тектонических землетрясений с очагами в этом районе. Землетрясения с очагами в Камчатском заливе использовались для анализа станционных поправок станций, установленных на вулканах Ключевской, Безымянный, Толбачик и Шивелуч. Для вулканов Ключевской, Безымянный, Толбачик, так как они расположены близко (не более 10-30 км) друг от друга, использовались станции: «Цирк» (CIR), «Логинова» (LGN), «Каменистая» (KMN), «Крестовская» (KRS), «Зеленая» (ZLN), «Копы-то» (KPT), «Ключи» (KLY), «Безымянный» (BZM), «Безымянный, Грива» (BZG), «Безымянный, запад» (BZW), «Киришева» (KIR) и «Козыревск» (KOZ). Для вулкана Шивелуч, расположенного на расстоянии 80-110 км от вулканов Ключевской группы, использовались станции: «Байдарная» (BDR), «Сорокина» (SRK) и «Семкорок» (SMK). Эти станции отдалены друг от друга на расстояние не более 15 км. В качестве «реперной» станции для глубоких тектонических землетрясений с очагами в Камчатском заливе использовалась станция «Крутоберегово» (КВТ). Всего за 2006-2008 гг. было обработано 24 глубоких тектонических землетрясения с очагами в Камчатском заливе. Следует отметить, что в каждом случае выбирались пары станций, одной из которой являлась «реперная», поэтому реальные выборки для станций составляли 10-20 элементов. Углы выхода сейсмических лучей глубоких тектонических землетрясений ($H \sim 100$ км) с очагами в Камчатском заливе различаются для станции КВТ и всех станций Ключевской группы вулканов не более чем на 5° , что можно признать как незначительно влияющее на диаграмму направленности излучения очага для станций Ключевской группы вулканов вместе с КВТ. На рис. 3 приведена карта эпицентров землетрясений вместе с сейсмическими станциями Камчатки.

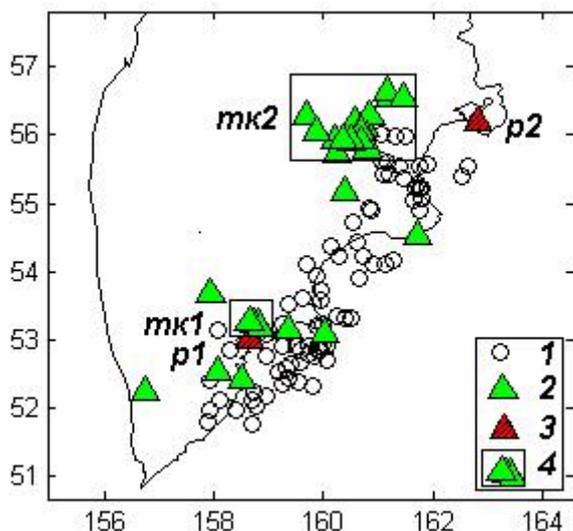


Рис. 3. Карта эпицентров местных глубоких землетрясений и сейсмических станций: 1 – эпицентры; 2 – станции; 3 – «реперные» станции: *p1* – «Петропавловск» (PET), *p2* – «Крутоберегово» (КВТ); 4 – кусты радиотелеметрических станций, *mk1* – Авачинский, *mk2* – Ключевской.

Предварительный анализ показал, что станции, расположенные на восточном побережье Камчатки (PET, SPN, NLC, MKZ, КВТ) по геологическим стационарным условиям, возможно, не отличаются друг от друга, но по станции MKZ имеются различия в уровне стационарных поправок, что требует более тщательного изучения. Однако самые заметные различия отмечаются между сейсмическими сигналами со станций, расположенными на восточном побережье Камчатки и на вулканах, особенно на вулканах Ключевской группы.

На рис. 4 результаты по первым вступлениям P-, S-волн и по кода-волнам по станциям SPN и NLC совпадают. По станции MKZ результаты по первым вступлениям P-, S-волн различаются относительно «реперных» станций PET и КВТ, в то же время результаты по кода-волнам показывают почти совпадающие значения. Так как в литературе, например в [14, 15], отмечается больше доверия результатам по кода-волнам, в отличие от таких же результатов по первым вступлениям P-, S-волн, то можно, учитывая это, отметить, что поправка для станции MKZ определяется данными по кода-волнам, а результаты по первым вступлениям P-, S-волн станции MKZ не вызывают доверия. В целом можно сказать, что по предварительным результатам грунтовые условия для станций PET и КВТ почти идентичны. Для станций SPN и NLC тоже можно заметить сходство их грунтовых условий со станциями PET и КВТ. Для станции MKZ грунтовые условия, возможно, схожи с перечисленными станциями, но значение энергетического класса землетрясения $K_{S1.2}^{\Phi}$, определенного по этой станции, больше примерно на величину 0.5. На рис. 5 отмечается увеличение поглощения высокочастотных сейсмических колебаний P-, S-волн и кода-волн по всем станциям, установленных в районе Авачинской группы вулканов, по сравнению со станцией PET. Также отмечается, что уровень амплитуд кода-волн по всем станциям выше, чем по

Глубокие тектонические землетрясения выбирались в узком диапазоне энергий $9.5 < K_{S1.2}^{\Phi} < 10.5$, где $K_{S1.2}^{\Phi}$ – шкала энергии землетрясений С.А. Федотова. Землетрясения с $K_{S1.2}^{\Phi} < 9.5$ имеют низкое значение отношения сигнал/шум, а с $K_{S1.2}^{\Phi} > 10.5$ имеют насыщение амплитуд из-за слабого динамического диапазона аппаратуры регистрации. Таким образом, можно сказать, что очаговые спектры мощности местных глубоких тектонических землетрясений в диапазоне энергий не более одного класса примерно одинаковые и имеют угловую частоту около 10 Гц. На рис. 2 приведены спектры мощности глубоких тектонических землетрясений. Видно, что спектры землетрясений по станции ZLN более низкочастотные, по сравнению с такими же спектрами по станции КВТ и МКЗ. Предварительный анализ показал, что станции, расположенные на восточном побережье Камчатки (PET, SPN, NLC, MKZ, КВТ) по геологическим стационарным условиям, возможно, не отличаются друг от друга, но по станции MKZ имеются различия в уровне стационарных поправок, что требует более тщательного изучения. Однако самые заметные различия отмечаются между сейсмическими сигналами со станций, расположенными на восточном побережье Камчатки и на вулканах, особенно на вулканах Ключевской группы.

станции РЕТ, на низких частотах: 1, 2, 3 и 4 Гц, разница в уровнях между результатами Р-, S-волн и по кода-волн статистически значима. На рис. 6 отмечается более сильное увеличение поглощения высокочастотных сейсмических колебаний Р-, S-волн и кода-волн по всем станциям, установленным в районе

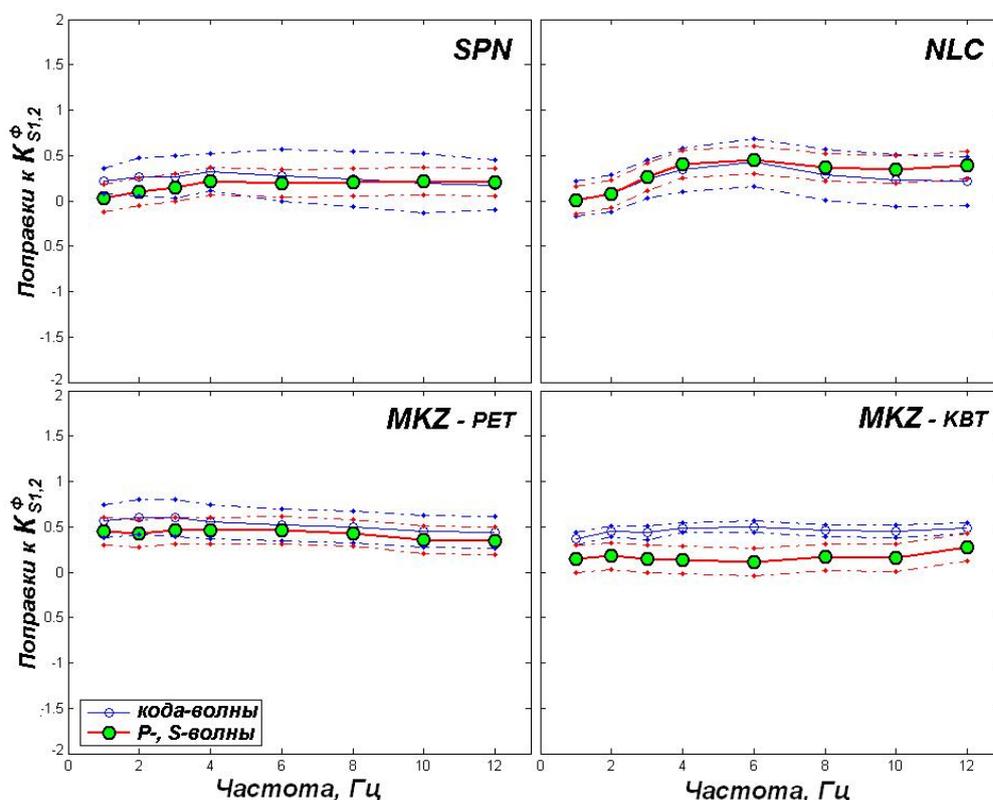


Рис. 4. Отношения спектров в виде поправок к величине энергетического класса $K_{S1,2}^{\Phi}$ (по С.А. Федотову). На верхних графиках данные по станциям SPN и NLC по отношению к «реперной» станции РЕТ. На нижних графиках данные по станции MKZ по отношению к «реперной» станции РЕТ (слева) по данным из Кроноцкого залива и по отношению к «реперной» станции КВТ по данным из Камчатского залива. Крупные кружки относятся к результатам по первым вступлениям Р- и S-волн, мелкие – к результатам по кода-волнам. Пунктирные линии показывают соответствующие среднеквадратичные отклонения. Расшифровка названий станций дана в тексте статьи.

Ключевской группы вулканов, по сравнению со станцией КВТ, чем для Авачинской группы сейсмических станций. Однако, на этих графиках результаты по первым вступлениям Р-, S-волн и по кода-волнам значительно различаются, что не наблюдается по результатам Авачинской группы вулканов. Кроме того, отмечается более сильное, чем на рис. 5, увеличение поглощения высокочастотных колебаний. Тренд поглощения с увеличением частоты более крутой, чем на рис. 5. Спектральный анализ позволяет оценить это различие количественно, но это так же видно непосредственно на сейсмограммах.

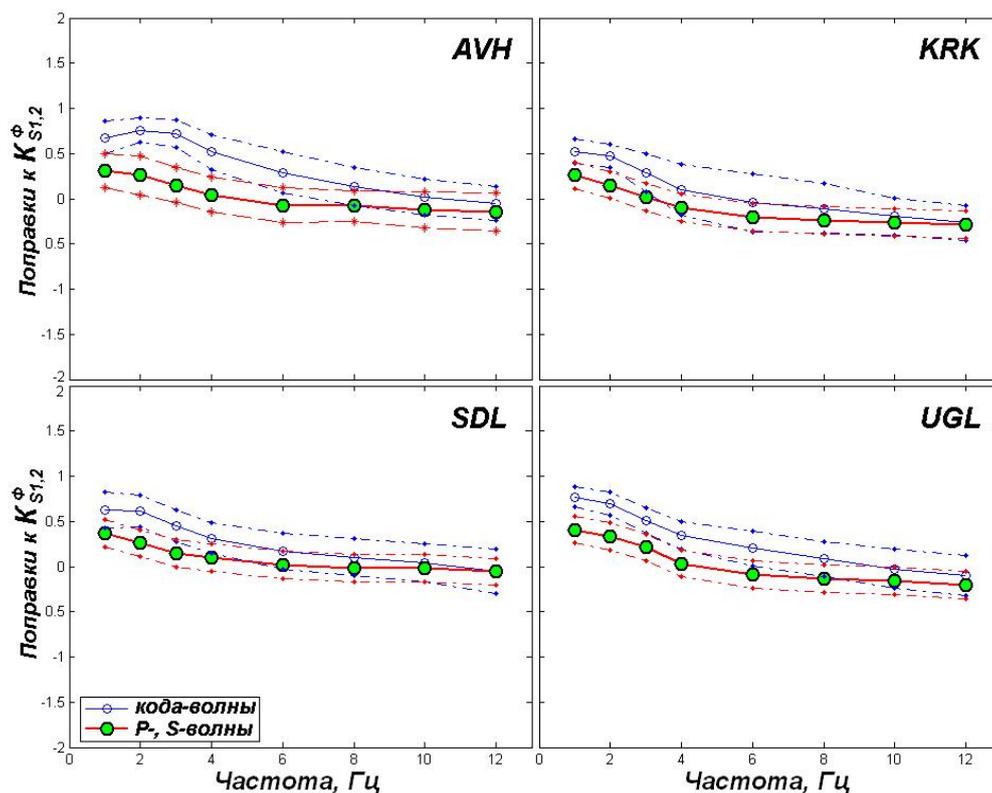


Рис. 5. Средние значения отношения спектров отдельных станций к соответствующей реперной станции РЕТ по землетрясениям в Авачинском заливе. Обозначения соответствуют рис. 4

Таким образом, можно отметить, что условия распространения высокочастотных сейсмических колебаний в вулканических средах отличаются от сред восточного побережья Камчатки. В вулканических средах наблюдается сильное поглощение высокочастотных сейсмических колебаний. В то же время уровень кода-волн по станциям, установленным в вулканических областях, выше по сравнению со станциями восточного побережья Камчатки.

Выводы

В результате предварительного анализа на Камчатке выделяются два типа станционных поправок, которые, соответственно, характеризуют разные условия распространения сейсмических волн в средах под станциями. Такие различия получены для станций, установленных вдоль восточного побережья Камчатки и на вулканах. Среда под станциями на вулканах отличается сильным поглощением высокочастотных сейсмических волн. Кроме того, для этой среды наблюдается повышенный уровень генерации низкочастотных кода-волн. Особенно четко это проявляется для Северной группы вулканов Камчатки.

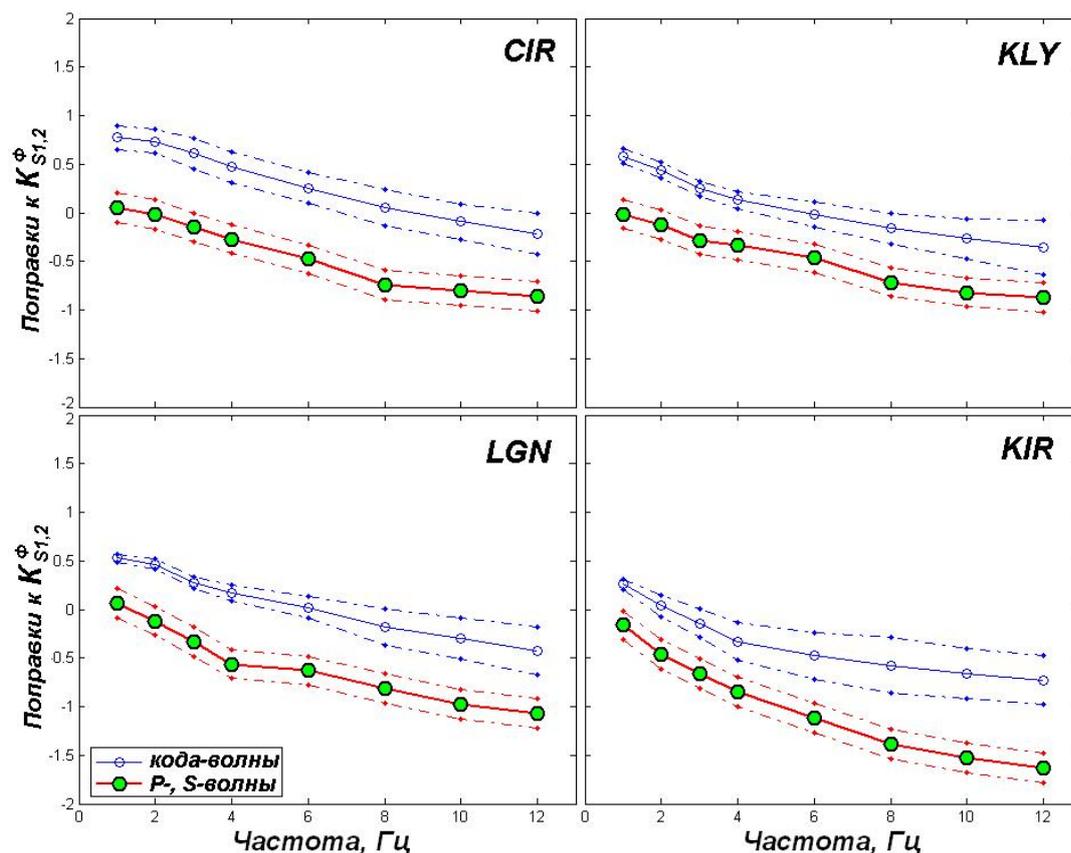


Рис. 6. Средние значения отношения спектров отдельных станций к соответствующей реперной станции КВТ по землетрясениям из Камчатского залива. Обозначения соответствуют рис. 4.

Список литературы

1. Горельчик В.И., Фарберов А.И. Некоторые особенности глубинного строения вулканических областей по сейсмологическим данным // Вулканизм и глубины Земли. Материалы III Всесоюзного вулканологического совещания 28-31 мая 1969. М.: Наука. 1971. С. 107-113.
2. Гориков Г.С. О глубине магматического очага Ключевского вулкана // ДАН СССР, 1956. Т. 106. № 4. С. 703-707.
3. Еришов И.А., Медведев С.В., Федотов С.А. и др. Сейсмическое микрорайонирование Петропавловска-Камчатского // Сейсмическое микрорайонирование. М.: АН СССР, 1965. ТРУДЫ ИФЗ. С. 107-113.
4. Федотов С.А., Потапова О.В. Предварительная карта тел на глубинах 30-100 км в верхней мантии под Камчаткой, экранирующие Р- и S-волны // Сейсмичность и сейсмический прогноз, свойства верхней мантии и их связь с вулканизмом на Камчатке. М.: Наука. 1974. С. 176-179.
5. Федотов С.А., Фарберов А.И. Об экранировании поперечных волн и магматическом очаге в верхней мантии в районе Авачинской группы вулканов // Вулканизм и глубинное строение Земли. М.: Наука, 1966. С. 43-48.
6. Фирстов П.П., Широков В.А. Локализация корней вулканов Ключевской группы по сейсмологическим данным // Вулканизм и глубины Земли. Материалы III Всесоюзного вулканологического совещания 28-31 мая 1969. М.: Наука. 1971. С. 113-117.

7. Фирстов П.П., Широков В.А. Влияние корней Камчатских вулканов на распространение сейсмических волн близких землетрясений // Сейсмичность и сейсмический прогноз, свойства верхней мантии и их связь с вулканизмом на Камчатке. М.: Наука, 1974, С. 179-188.
8. Andrews, D. J. Objective determination of source parameters and similarity of earthquakes of different size // Earthquake Source Mechanics, 1986. AGU. Washington. P. 259-268.
9. Borchardt, R. D. Effects of local geology on ground motion near San Francisco Bay // Bull Seism. Soc. Am. 1970. 60. P. 29-61.
10. Borchardt, R. D. and J. F. Gibbs. Effects of local geological conditions in the San Francisco Bay region on ground motions and the intensities of the 1906 earthquake // Bull. Seism. Soc. Am. 1976. 66. P. 467-500.
11. Boatwright, J., J. B. Fletcher, and T. E. Fumal. A general inversion scheme for source, site, and propagation characteristics using multiply recorded sets of moderate-sized earthquakes // Bull. Seism. Soc. Am.. 1991. 81. P. 1754-1782.
12. Field E. H. and Jacob K. H. A Comparison and Test of Various Site-Response Estimation Techniques, Including Three That Are Not Reference-Site Dependent // Bulletin of the Seismological Society of America, August 1995. V 85. N 4. P. 1127-1143.
13. Gutenberg, B. Effects of ground on earthquake motion // Bull. Seism. Soc. Am. 1957. 47. P. 221-250.
14. Tsujiura, M. Spectral analysis of the coda waves from local earthquakes // Bull. Earthq. Res.Inst. Tokyo Univ. 1978. 53. P. 1-48.
15. Tucker, B. E. and J. L. King (1984). Dependence of sediment-filled valley response on the input amplitude and the valley properties // Bull. Seism. Soc. Am. 1978. 74. P. 153-165.
16. Su.F., K. Aki, T. Teng et. al. The relation between site amplification factor and surficial geology in central California // Bull. Seism. Soc. Am. 1992. 82. № 2. P. 580-602.

ATTENUATION OF SEISMIC WAVE IN THE KAMCHATKAN VOLCANIC ROCKS

V.K. Lemzиков, M.V. Lemzиков

The Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, 683006, Petropavlovsk-Kamchatsky,;
e-mail lemzиков@kscnet.ru

Preliminary study revealed 2 types of rocks in Kamchatka that differ greatly in conditions for propagation of HF and LF seismic oscillations. Seismic stations installed on Kamchatkan volcanoes showed higher absorption of HF seismic waves by rocks than the stations deployed along the eastern coast of Kamchatka. Besides, seismic data from the volcanoes reveal higher level of the coda-waves amplitude compared to that of from the stations located along the eastern coast of Kamchatka.