УДК 550.34.097

ДОБРОТНОСТЬ ЗЕМНОЙ КОРЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ ЗОНЫ ПО ДАННЫМ СТАНЦИЙ «ХУРАМША» И «ФОФОНОВО»

¹Герман Е.И., ¹Тубанов Ц.А., ¹Предеин П.А.

¹Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6а, e-mail: net-admin@list.ru

Для определения добротности земной коры предложена методика расчета затухания по прямым S-волнам, основанная на сравнении величин амплитуд сигнала одного события зарегистрированного двумя сейсмостанциями, расположенными на пути движения волны. Приведены результаты апробации данной методики по записям со станций «Хурамша» и «Фофоново» локальной сети БурФ ГС СО РАН.

Ключевые слова: добротность, затухание сейсмических волн, распространение сейсмических волн.

CRUST Q-FACTOR OF THE CENTRAL PART OF THE BAIKAL RIFT ZONE ACCORDING DATA FROM STATIONS «HURAMSHA» AND «FOFONOVO»

¹German E.I., ¹Tubanov TS.A., ¹Predein P.A.

¹Geological Institute SB RAS, Ulan-Ude, 6a Sakhyanovoy Str., e-mail: net-admin@list.ru

To determine Q-factor of the crust proposed calculating the attenuation of the direct S-wave method which based on a comparison of the amplitudes of the signal events which recorded two seismic stations located in the path of the wave. The results of testing this method on records from the stations «Huramsha» and «Fofonovo» BurF GS SB RAS are presented.

Keywords: Q-factor, attenuation of seismic waves, seismic wave propagation

Введение

Сейсмическая добротность является важной упругой характеристикой земной коры, описывающей затухание сейсмической энергии при прохождении волн в геологической среде. Мониторинг этого параметра позволяет обнаружить структурные изменения в земной коре, а корректное определение сейсмической добротности, имеет большое значение в задачах оценки сейсмического воздействия при моделировании синтетических сейсмограмм.

Большинство методов расчета добротности дают довольно грубые и усредненные характеристики земной коры. Использование неточных значений добротности при моделировании синтетических сейсмограмм может привести к некорректным оценкам сейсмического воздействия.

Цель работы

Целью данной работы является сравнительный анализ результатов использования наиболее распространенных методик оценки добротности земной коры центральной части Байкальской рифтовой зоны и апробация предложенного нами метода, основанного на сравнении величин амплитуд сигнала одного события зарегистрированного двумя сеймостанциями, расположенными на пути движения волны.

Материал и методы исследования

Согласно модели, предложенной Battaglia и Aki [4], интенсивность сейсмической волны, распространяющейся в геологической среде, уменьшается с расстоянием по закону

$$I(r) = I_0 \frac{1}{r} e^{-\frac{\pi f r}{Q c S}}, \quad (1)$$

где I_0 – интенсивность волны в очаге, cS – скорость поперечной волны, Q – добротность среды, в которой распространяется волна, множитель $1/r$ учитывает расхождение объемной волны.

Данная эмпирическая закономерность находит большое распространение в задачах локации сейсмических событий и моделирования сейсмических

процессов [7, 5, 3], однако большую погрешность в таких расчетах вносят невозможность определения интенсивности волны в очаге и неточность в задании значения добротности.

Сейсмическая добротность Q – величина безразмерная, обратная затуханию. Добротность определяет отношение всей принятой и проведенной средой энергии к энергии, поглощенной и рассеянной этой средой за один период волны.

Существует довольно много методик определения добротности земной коры, наиболее распространенные из них основаны на расчете затухания кода-волн [6, 1].

Кода-волны – это пакет неоднократно отраженных волн, который вступает через несколько секунд после прямых Р- и S-волн. Согласно Акі [3] закономерность затухания таких волн не зависит от расстояния и пути от источника до приемника. Основываясь на этой теории, в работе [2] были рассчитаны значения добротности по методу, описанному в [6] с использованием данных локальной сети Бурятского филиала ГС СО РАН, однако, ряд полученных результатов имеет большую дисперсию, а значения добротности, полученной при нормировке кода волн на Р-волну и S-волну имеют существенные отличия, что свидетельствует о высокой погрешности расчета Q по данному методу. Так же, нами был произведен расчет добротности земной коры по методу, описанному в [1], результаты, рассчитанные по записям 60-ти событий дали относительную погрешность в 28%.

Основываясь на модели Акі [4] в данной работе предложена другая методика определения добротности.

Обозначив за I_1 и I_2 интенсивности прямой поперечной волны, зарегистрированные на приемниках 1 и 2, которые находятся на одном профиле от источника O на расстояниях r_1 и r_2 соответственно (Рис. 1), можно записать выражение (1) в виде:

$$I_1 = I_0 \frac{1}{r_1} e^{-\frac{\pi f r_1}{Q c_s}}$$

$$I_2 = I_0 \frac{1}{r_2} e^{-\frac{\pi f r_2}{Q c_s}}. \quad (2)$$

Рис. 1. Схема расположения источника и приемников

Выполнив преобразования, получаем выражение для добротности в среде между приемниками:

$$Q = \frac{\pi f}{c_s} \left(\ln \frac{I_1 r_1}{I_2 r_2} \right)^{-1} (r_2 - r_1) \quad (3)$$

Для апробации методики нами сделана выборка из записей 25 событий, зарегистрированных станциями «Хурамша» (hrm) и «Фофоново» (ffn) (Рис. 2).

Рис. 2. Схема расположения станций локальной сети и очагов землетрясений

Сейсмограммы событий с каждой станции отфильтрованы полосовым фильтром Баттерворта в октавных диапазонах в ряде частот от 1 до 20 Гц с шагом в 1 Гц.

Так как S-волна представляет из себя запись пакета прямых, отраженных и преломленных волн, для определения ее интенсивности будем использовать квадрат первого максимума модуля вступившей волны (Рис. 3).

Рис. 3. Сейсмограммы события 29.04.2002 20:20:39, зарегистрированные сеймостанциями FFN (слева) и HRM (справа), отфильтрованные в частотном диапазоне 2,5-7,5 Гц
Штрихпунктирные линии – записи с каналов NS, сплошные линии - модули сигналов. Начала временных рядов - времена вступления Р-волн

Результаты и обсуждение

В результате апробации методики получена зависимость средней по событиям добротности от частоты (Рис. 4).

Относительная погрешность в расчетах добротности земной коры составила 3%, что, безусловно, является большим преимуществом данной методики.

Недостатком данной методики можно считать большую трудоемкость, необходимость визуального просмотра и анализа отфильтрованных сейсмограмм с двух станций. Также высоки критерии выборки сейсмограмм: необходимо выбирать записи с высоким соотношением сигнал/шум и схожей формой первых периодов вступившей волны.

Рис. 4. Зависимость измеренной добротности от частоты

Заключение

В ходе выполнения работы был произведен расчет добротности земной коры центральной части Байкальской рифтовой зоны тремя различными методиками. Два метода, основанных на вычислении затухания по кода-волнам, дали довольно грубые результаты. Предложенный метод расчета добротности земной коры, основанный на сравнении величин амплитуд сигнала одного события зарегистрированного двумя сеймостанциями, расположенными на пути движения волны, показал наибольшую достоверность.

Список литературы

1. Добрынина А.А., Чечельницкий В.В., Саньков В.А. Сейсмическая добротность литосферы юго-западного фланга Байкальской рифтовой системы // Геология и геофизика. – 2011. – №5. – С. 712-724.
2. Предеин П.А., Тубанов Ц.А., Герман Е.И. Изучение затухания сейсмических волн в земной коре Байкальского рифта методом нормализации // Строение литосферы и геодинамика: Материалы XXVI Всероссийской молодежной. – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2015. С. 140–142.
3. Aki K., Chouet B., Origin of the coda waves: source, attenuation and scattering effects // Journal of Geophysical Research. – 1975. № 80 (23). – P. 3322-3342.
4. Battaglia, J., Aki. K., Location of seismic events and eruptive fissures on the Piton de la Fournaise volcano using seismic amplitudes // Journal of Geophysical Research. – 2003. № 108(B8). – P. 2364-2375.
5. Eibl E., Bean C., Persistent shallow background microseismicity on Hekla volcano, Iceland: A potential monitoring tool. // Journal of Volcanology and Geothermal Research. – 2014. №289. – P. 224-237.
6. Parvez I., Yadav P., Attenuation of P, S and Coda Waves in the NW-Himalayas, India. // International Journal of Geosciences. – 2012. № 3. – P. 179-191.
7. Taisne B., Brenguier F. Imaging the dynamics of magma propagation using radiated seismic intensity // Geophysical research letters. – 2011. Vol. 38. – P. 1029-1034.