

УДК 550.34

Л.Є. Назаревич, інж.,
О.В. Кендзера, канд. фіз.-мат. наук,
А.В. Назаревич, канд. фіз.-мат. наук

МЕТОДИКА УТОЧНЕННЯ МАГНІТУД ЗА ОБ'ЄМНИМИ ХВИЛЯМИ ЗЕМЛЕТРУСІВ КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ

Проведено аналіз частотного складу сейсмічних коливань (об'ємних хвиль) залежно від магнітуди землетрусу. На цій основі встановлено формули для врахування усереднених частотних поправок для магнітуд землетрусів Карпатського регіону України. За результатами порівняльного аналізу показано, що магнітуди слабких карпатських землетрусів насправді (з урахуванням частотного складу сейсмічних коливань) є суттєво більшими, ніж визначені раніше за спрощеною методикою без такого врахування.

The analysis of frequency composition of seismic vibrations (body waves) depending on magnitude of earthquake have been realized. On this basis the formulas for consideration of average frequency amendments for magnitude of earthquakes of the Carpathians region of Ukraine are definite. By the result of comparative analysis it is shown, that magnitude of weak Carpathians earthquakes in reality (taking into account frequency composition of seismic vibrations) are substantially greater, than are those, which are determined earlier using the simplified method without taking such into consideration.

Вступ. Якнайточніше визначення параметрів землетрусів, у першу чергу енергетичних, з метою їх подальшого врахування при оцінці ступеня сейсмічного впливу на житлові будинки і промислові об'єкти в сейсмічних регіонах є актуальним завданням сейсмологічних досліджень. Щодо Карпатського регіону України і прилеглих територій, то уточнення параметрів місцевих землетрусів потребує визначення величини магнітудно-частотних поправок і їх врахування при визначенні магнітуд цих землетрусів.

Постановка задачі. Установлення величини магнітудно-частотних поправок є актуальним у зв'язку з тим, що до недавнього часу в практиці сейсмологічних досліджень у Карпатському регіоні магнітуди місцевих землетрусів за об'ємними хвилями (M_{PV} , M_{SH}), на відміну від загальноприйнятої у світі практики, визначалися з використанням спрощених співвідношень (палеток).

Зазначимо, що за загальноприйнятою у світі методикою станційні значення магнітуди конкретного землетрусу визначаються таким чином:

$$M_{PV} (M_{SH}) = \lg (A_{PV(SH)} / T) + k \lg \Delta, \quad (1)$$

де M_{PV} – магнітуда землетрусу за PV-хвилею; M_{SH} – магнітуда землетрусу за SH-хвилею; $A_{PV(SH)}$ – максимальна амплітуда PV- і SH-хвилі відповідно; T – відповідний період PV- або SH-хвилі; k – коефіцієнт загасання сейсмічної енергії з відстанню; Δ – епіцентрально відстань.

Тобто як основна вхідна величина при обчисленні магнітуди використовується відношення максимальної амплітуди відповідної об'ємної хвилі до періоду коливань. Доданок $k \lg \Delta$ враховує загасання сейсмічних хвиль з відстанню.

У Карпатах магнітуди M_{PV} , M_{SH} визначалися лише за амплітудами коливань у сейсмічних хвилях, без врахування їх частот (періодів), за формулою М.В.Шебаліна, адаптованою для Карпатського регіону [1]:

$$M_{SH} = \lg A_{\max} (SH) + 1,32 \lg \Delta. \quad (2)$$

У цій формулі коефіцієнт k (див. формулу (1)) прийнято рівним 1,32.

Використання спрощеної методики історично було пов'язано з тим, що відносно невелика для Карпатського регіону сейсмічна мережа (а отже, значна середня віддаленість сейсмостанцій від епіцентрів реєстрованих землетрусів) разом з невеликою інтенсивністю більшої частини місцевих землетрусів (як наслідок, невеликі амплітуди реєстрованих коливань), а також низькі технічні параметри використовуваної сейсмічної апаратури з аналоговою реєстрацією (швидкість протяжки діаграмною стрічки, товщина лінії запису) не дозволяли надійно визначати видимі періоди сейсмічних коливань (T_P , T_S), необхідні для визначення магнітуд за стандартною методикою.

Водночас, з публікацій [2; 3] відомо, що частоти сейсмічних коливань є різними для землетрусів різної магнітуди (енергії), оскільки ці частоти залежать від геометричних розмірів джерела. Але від розмірів (об'єму) джерела залежить також і запасена та вивільнена в процесі землетрусу пружна енергія, а отже, амплітуди сейсмічних хвиль і магнітуда землетрусу. Тому очевидно, що між магнітудою землетрусу і частотним складом випромінених ним сейсмічних коливань повинен існувати кореляційний зв'язок. Такий зв'язок нами було встановлено і використано для розрахунку значень магнітудно-частотних поправок для магнітуд землетрусів Карпатського регіону.

Частотні характеристики землетрусів. Як вхідні дані для розрахунку поправок використовувалися побудовані К.Акі, П.Річардсом, З.Арановичем та іншими сейсмологами [2; 3] з використанням світових даних середні стандар-

тні спектри землетрусів різної магнітуди, представлені на рис. 1 і 2. Для переходу від магнітуди до класу і навпаки при роботі з даними З.Арановича використано відому формулу Т.Раутіан [4] ($K=1,8M+4$).

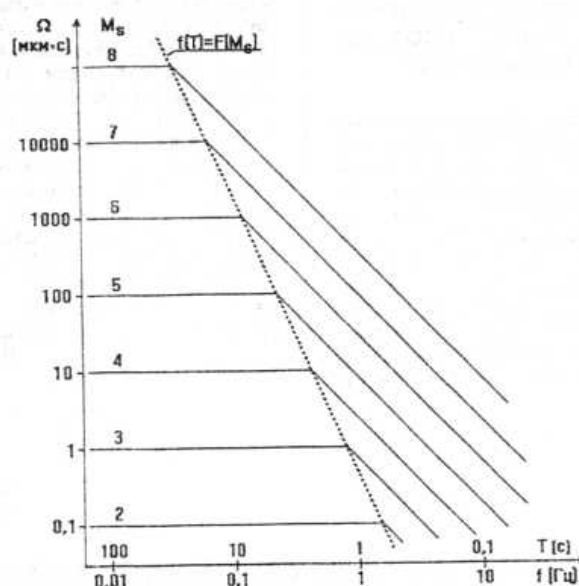


Рис. 1. Спектри об'ємних хвиль у дальній зоні для землетрусів різної магнітуди (за даними [2])

На основі зазначених матеріалів було визначено кореляційну залежність середньої частоти (періоду) сейсмічних коливань (об'ємних хвиль) зареєстрованого землетрусу від його магнітуди. За цими даними, а також результатами аналізу цифрових записів місцевих землетрусів, зареєстрованих на станціях Карпатської дослідно-методичної геофізичної партії, було встановлено, що періоди 1 с для Р- і S-хвиль характерні для маг-

нітуд карпатських землетрусів $M_{PV}=3,32$ і $M_{SH}=3,27$ відповідно. Тобто ці значення магнітуд можна розглядати, як точки нульових значень частотних поправок. При зменшенні вказаних магнітуд на одиницю логарифми характерних періодів Р- і S-хвиль зменшуються на 0,36 (це число є кутовим коефіцієнтом нахилу прямих, що характеризують залежність логарифма характерного періоду Р- і S-хвиль від магнітуди (див. рис. 1 і 2).

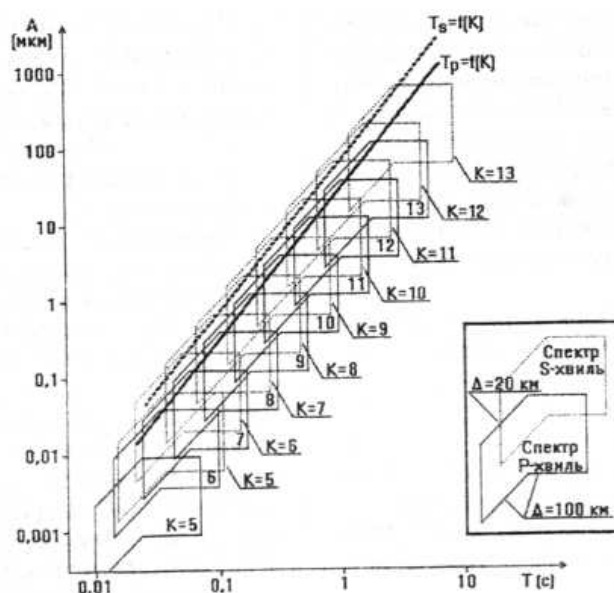


Рис. 2. Спектри об'ємних хвиль у дальній зоні для землетрусів різного класу (за даними [3])

Визначені за цими даними формули кореляційної залежності між $T_P(T_S)$ і $M_{PV}(M_{SH})$ мають вигляд:

$$*T_P = 10^{0,36(M_{PV} - 3,32)} \quad (3)$$

$$*T_S = 10^{0,36(M_{SH} - 3,27)} \quad (4)$$

Магнітудно-частотні поправки для карпатських землетрусів. На основі формул (1)–(4) отримано співвідношення для визначення магнітудно-частотних поправок для магнітуд карпатських землетрусів у вигляді:

$$\delta M_{PV} = 0,36 (M_{PV} - 3,32) \quad (5)$$

$$\delta M_{SH} = 0,36 (M_{SH} - 3,27) \quad (6)$$

Тоді відкоректовані за частотні поправки магнітуди $*M_{PV}$ і $*M_{SH}$ місцевих землетрусів Карпатського регіону будуть визначатися за формулами

$$*M_{PV} = 0,64 M_{PV} + 1,2 \quad (7)$$

$$*M_{SH} = 0,64 M_{SH} + 1,18 \quad (8)$$

Формули (7) і (8) можна використати для уточнення магнітуд землетрусів Карпатського регіону, визначених за старою методикою.

Аналіз результатів врахування магнітудно-частотних поправок. На рис. 3 наведено порівняльні результати визначення магнітуд карпатських землетрусів за "старою" шкалою (формула (2)) і "новою" (стандартною) шкалою (формулами (7) та (8)). "Старий" шкалі магнітуд відповідає нижня пряма, а "новий" – верхня, заштрихована область відображає величини відповідних магнітудно-частотних поправок до "старих" магнітуд (логарифмів амплітуд об'ємних хвиль, приведених до однієї епіцентральної відстані Δ).

Видно, що для переважної більшості місцевих карпатських землетрусів, для яких значення магнітуд M_{PV} (M_{SH}) за формулою (2) дорівнювали: 0; 1; 2; 3, значення

уточнених магнітуд $*M_{PV}$ за формулою (7) будуть 1,2; 1,84; 2,48; 3,12 відповідно, а за формулою (8) нові значення $*M_{SH}$ будуть на 0,02 меншими. Різниця між "старими" (M_{PV} (M_{SH})) і "новими", поправленими ($*M_{PV}$ ($*M_{SH}$)) значеннями магнітуд місцевих землетрусів становить 1,2; 0,84; 0,48; 0,12, що значно перевищує для менших магнітуд середні станційні відхилення для таких визначень, які згідно з [5; 6] оцінюються як 0,23–0,27. Причому "старі" значення магнітуд виявляються заниженими відносно стандартних значень на ці величини різниць.

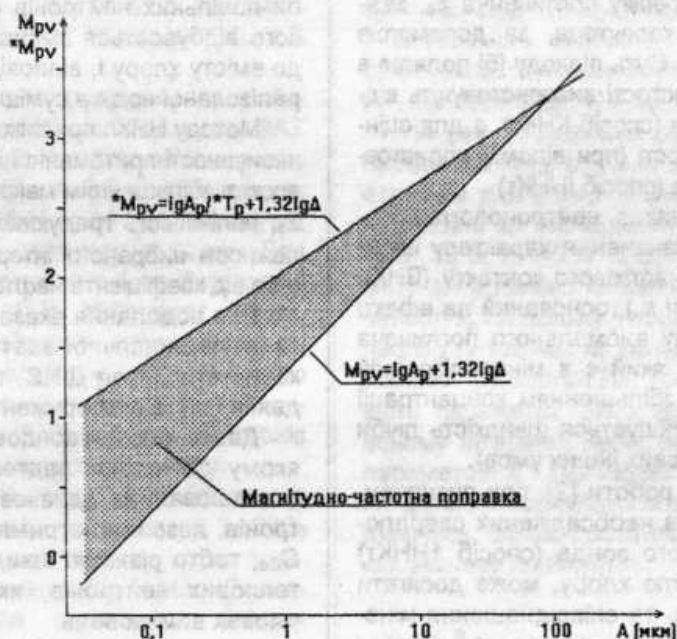


Рис. 3. Порівняння магнітудних шкал для карпатських землетрусів: нижня пряма – визначення без врахування частотного складу сейсмічних коливань ("стара" шкала); верхня пряма – з їх врахуванням ("нова", стандартна шкала); заштрихована область – величина магнітудно-частотної поправки

Висновки. З порівняння формул (2) і (7) та (8) випливає, що зареєстровані Карпатською сейсмічною мережею України слабкі місцеві землетруси насправді мали помітно вищу магнітуду, ніж це вважалося раніше. Це пояснюється хибністю прийнятого у спрощеній методиці визначення магнітуд допущення, що в коливаннях ґрунту при слабких землетрусах періоди коливань є близькими до 1 секунди. На практиці, значення реально спостережуваних періодів сейсмічних коливань часто мають менші величини. Для корекції раніше зроблених магнітудних оцінок рекомендується використовувати поправки, визначені за допомогою співвідношень (5) і (6).

1. Костюк О.П., Руденская И.М., Пронишин Р.С., Москаленко Т.П. Сейсмичность Карпат в 1983 г. // Сейсмологический бюллетень Западной территориальной зоны единой системы сейсмических наблюдений СССР (Крым – Карпаты, 1983). – К., 1986. – С. 73–85.
2. Аки К., Ричардс П. Количественная сейсмология: Теория и методы. – М., 1983. – Т. 2.
3. Аранович З.И., Меламуд А.Я., Негребецкий С.А. Метрология, принципы построения и функциональные особенности сейсмометрических регистрирующих систем // Автоматизация сбора и обработки сейсмологической информации. – М., 1983. – С. 5–20.
4. Раутиан Т.Г. Затухание сейсмических волн и энергия землетрясений. – Душанбе: Тр. ТИССС АН Тадж. ССР. – 1980. – № 7.
5. Назаревич Л., Назаревич А. Энергетичні характеристики Карпатських землетрусів // 36. матеріалів наук.-техніч. симпозіуму "Геомоніторинг-2002". – Л., 2002. – С. 18–21.
6. Назаревич Л.Є. Характеристики сейсмічності і сейсмотектонічного процесу в Закарпатті: новий погляд на сейсмоекологічну небезпеку регіону // Наук. вісн. Ів.-Франк. нац. техн. ун-ту. нафти і газу – 2002. – № 3 – С. 170–175.

Надійшла до редколегії 23.12.04