ГЕОДЕЗІЯ

УДК 528.3

Б.І.Волосецький, О.В.Кендзера, Р.С.Пронишин, Я.А.Бень

ОЦІНКА СЕЙСМІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ПЕРЕДКАРПАТТЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ДАНИХ ГЕОДИНАМІКИ

Територія Передкарпаття в сейсмічному відношенні, згідно з картою сейсмічного районування [6], знаходиться у шестибальній зоні. У цій зоні спеціальні антисейсмічні заходи для цивільного і звичайного промислового будівництва не передбачаються. Проте деякі дослідження останніх років [3,5,12] дають підставу стверджувати, що на території південно-західного краю Східно-Європейської платформи і Передкарпатського прогину можуть відбуватися землетруси більшої інтенсивності. Враховуючи, що на даній території знаходиться багато важливих промислових та екологічно небезпечних об'єктів (хемічні комбінати, сірчані заводи, вугільні шахти, греблі, водосховища та ін.), виникає необхідність уточнити сейсмічну небезпеку даного регіону.

Шестибальна оцінка нормативної бальності була одержана переважно за сейсмічними даними. Землетруси такої бальності тут відбуваються приблизно один раз на 20-25 років (див.таблицю). Регіональний каталог налічує близько 50 землетрусів [7]. Максимальний землетрус відбувся в районі Великих Мостів 17.08.1875 р. Люди відчували його навіть на віддалі до 250 км. Інтенсивність в епіцентрі досягала шести-семи балів.

Аналізуючи каталог місцевих землетрусів, можна побачити, що за порівняно короткий час існування Карпатської сітки сейсмічних станцій на території Передкарпаття зареєстровано більше землетрусів, ніж за весь попередній історичний період. Відсутність літописної інформації про сильні землетруси можна пояснити тим, що протягом багатьох століть житло, культові та оборонні споруди тут будували переважно з дерева, завдяки чому вони були

(С) Волосецький Б.І., Кендзера О.В., Пронишин Р.С., Бень Я.А., 1995

Каталог землетрусів Передкарпаття

N п/п	Дата у вогнищі	Час в епіцентрі	Координати, гр. Широта	Координати, гр. Довгота	Глибина вогнища, км	Магнітуда М	Енергетичний клас К	Інтенсивність в епіцентрі, бали	Розташування епіцентру
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	03.08.1670		49.9	23.6	8	4.5	12.1	6	смт.Шкло
2	03.06.1721		48.7	26.7	6	3.2	9.7	5	м.Кам'янець-Подільський
3	09.05.1822	04 58	48.1	26.0	2-10	3.0	9.4	5	Буковина
4	17.08.1875	15 45	50.3	24.2	19	5.3	13.5	6	м.Великі Мости
5	20.01.1903	02 04	48.7	25.7	9	4.2	11.6	6	м.Заліщики
6	10.05.1950	02 08 50	48.1	25.6	8	4.1	11.4		Буковина
7	21.12.1963	21 10 15	49.7	25.5		2.8	9.0		м.Тернопіль
8	10.07.1970	14 18 57	47.7	25.8		4.4	12.0		Румунія. Буковина
9	04.08.1970	21 07 50	47.6	25.5		3.8	10.5		Румунія. Буковина
10	24.07.1971	11 11 41	47.6	25.1		3.3	10.0		Румунія. Буковина
11	14.05.1974	08 30 43	49.0	24.0		3.3	10.0	3-4	м.Долина
12	22.01.1975	16 48 43	48.9	24.1		2.7	8.8		м.Долина
13	27.01.1975	14 26 56	48.9	24.1		2.9	9.2		м.Долина
14	14.01.1976	11 53 56	49.0	24.0	2	3.9	11.0	5-6	м.Долина
15	07.02.1976	20 46 40	49.0	24.0	2	3.9	11.1	6	м.Долина
16	01.03.1976	20 38 51	49.0	24.0	2	3.1	9.6	4-5	м.Долина
17	03.03.1976	09 46 46	49.0	24.0		2.8	9.1	4	м.Долина
18	24.03.1976	07 39 48	49.0	24.0		2.6	8.7	3	м.Долина
19	15.10.1976	10 54 47	47.1	25.5		3.9	11.0		Румунія. Буковина

Продовження табл.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	03.05.1979	22 16 42	48.9	24.0		2.3	8.1		м.Долина
21	03.06.1979	22 51 35	48.9	23.8		1.9	7.4		м.Долина
22	31.10.1979	22 45 53	49.0	24.1		3.1	9.5		м.Долина
23	03.07.1982	22 10 57	48.5	24.9		1.8	7.2		м.Косів
24	04.07.1982	01 03 01	48.5	24.9		2.6	8.6		м.Косів
25	30.06.1983	23 20 21	48.9	24.0		2.6	8.6		м.Долина
26	24.02.1984	23 40 05	48.6	27.9		3.5	10.3	5	м.Могилів-Подільський
27	24.02.1984	23 41 00	48.6	27.9		3.1	9.5		м.Могилів-Подільський
28	25.02.1984	00 57 56	48.6	27.9		2.6	8.6		м.Могилів-Подільський
29	25.02.1984	05 27 51	48.5	27.7		2.9	9.3		м.Могилів-Подільський
30	25.02.1984	08 33 04	48.7	27.9		3.2	9.8		м.Могилів-Подільський
31	27.02.1984	23 05 00	47.7	27.8		3.1	9.5		м.Могилів-Подільський
32	29.02.1984	12 51 07	48.6	27.8		3.6	10.4		м.Могилів-Подільський
33	27.06.1984	13 31 45	48.6	25.8		2.1	7.7		м.Заліщики
34	04.08.1984	11 44 22	47.2	25.3		2.7	8.8		Румунія. Буковина
35	19.08.1984	11 38 02	47.2	25.3		2.7	8.8		Румунія. Буковина
36	19.09.1984	13 07 01	48.7	25.7		2.2	8.0		м.Заліщики
37	17.11.1984	12 34 08				2.9	9.2		Румунія. Буковина
38	05.03.1985	22 55 22	48.1	25.0		2.9	9.3		м.Косів
39	13.07.1985	11 38 01				2.1	7.7		Румунія. Буковина
40	07.06.1987	02 54 11	49.1	24.4		3.1	9.6		м.Калуш
41	02.12.1987	07 13 24	48.6	27.2		3.8	10.5		м.Сокиряни

гнучкими і здатними без особливих пошкоджень переносити навіть восьмибальні струшування. Окрім того, мала кількість повідомлень про сильні місцеві землетруси може бути пов'язана з тим, що максимальні макросейсмічні ефекти в Передкарпатті проявляються на порівняно невеликих площах через малу глибину вогнищ. Наприклад, землетрус у м.Долині Івано-Франківської області 7.02.1976 року з магнітудою M = 3 і глибиною h = 2 викликав шестибальні струшування на площі 2 км^2. Аналіз графіків повторюваності землетрусів у Передкарпатті свідчить, що не виключена можливість виникнення на його території сейсмічних подій інтенсивністю більше шести балів. Оскільки на території Передкарпаття відсутня система високочутливих сейсмічних станцій, точнішої картини його сейсмічності одержати неможливо. Метою даної роботи є оцінка на основі комплексного аналізу сейсмічних, геофізичних і структурно-геологічних даних можливої максимальної сили передкарпатських землетрусів.

Загальна геоструктурна ситуація в Карпато-Балканському регіоні визначається наявністю у верхній мантії під Панонським масивом астеноліту, який фіксується у вигляді горизонту порід меншої густини [11]. Академік А.В.Чекунов вважає [11], що зумовлені астенолітом тангенційні зусилля спричинили розтяг земної кори під Панонською депресією і викликали одночасне переміщення мас у бік прилеглих платформ. У районі стику Карпат зі Східно-Європейською платформою в Передкарпатті утворився клиновидний блок земної кори, який опускається на глибину разом з розділом Мохоровічіча. Це привело до утворення вузького Передкарпатського прогину, на який продовжують насуватися флішові Карпати. Важливою особливістю геоструктурної ситуації в регіоні є також існування Панонсько-Волинського поперечного прогину північно-східної орієнтації, пов'язаного, можливо, з палеорифтом [9]. На просторове розташування тектонічних зон у Передкарпатті впливає поєднання структур центрально-симетричної Карпатсько-Динарської мегасистеми зі структурами Панонсько-Волинського поперечного прогину.

В роботах [8,14] показано, що на північно-східному схилі Карпат реєструється поздовжній зсув у північно-західному напрямку внутрішньої зони Передкарпатського передового прогину відносно зовнішньої зони зі швидкістю (0,9±0,2) см/рік. Фіксується насув внутрішньої зони Передкарпатського прогину на зовнішню зону, амплітуда якого досягає 2,3 см/рік. Стверджується

також, що альпійська споруда Карпат у даний час зміщується в південно-східному напрямку і насувається на Передкарпатський прогин.

Геолого-геофізичні, структурні, геодинамічні і морфологічні матеріали свідчать про те, що в Передкарпатті дотепер спостерігається тектонічна активність, характерна для нього в неоген-четвертинний період. Під впливом тангенційного стиску тут можна очікувати землетруси з механізмом, пов'язаним як з диференційованими субвертикальними рухами блоків земної кори (зовнішня зона прогину), так і з відносними переміщеннями і пластичними деформаціями складок осадової товщі, які часто містять соленосні прошарки (внутрішня зона прогину).

Спостережувана в наш час сейсмічність Передкарпаття і прилеглого краю Східно-Європейської платформи переважно пов'язана з рухами в осадовій товщі. Прямих доказів сейсмічної активності глибинних розломів тут дуже мало. Можна назвати лише землетруси 1875 року в Великих Мостах і 1970 року в Буковині.

Якість існуючого сейсмічного і геолого-геофізичного матеріалу не дає змоги без додаткових спеціальних досліджень встановити генетичні зв'язки між структурно-геологічною будовою середовища і місцевою сейсмічністю. Тому при визначенні сили максимально можливих землетрусів слід брати до уваги всі тектонічно-активні розломи і структури. Розрахунок сейсмічної інтенсивності виконували за допомогою методики оцінки сейсмічної небезпеки площадок розташування особливо важливих і екологічно небезпечних об'єктів, описаної в [4].

Аналіз тектоніки показує, що розміри сегментів регіональних розломів першого рангу за простяганням в Передкарпатті дорівнюють L = 50...70 км, а другого рангу - L = 15...25 км [1,2,6,10]. Ранжування розломів прийнято за картою [10]. Сегменти розломів визначаються як відрізки розривних порушень між перетинами з іншими розривами і лінеаментами того самого або вищого порядку.

Використовуючи формули з робіт [4,13] за величиною L можна оцінити значення максимальної магнітуди

$$M_{max} = 1,5\lg L + 1,4, \qquad (1)$$

а за нею і глибину вогнища землетрусу

$$h = 10^{\frac{M_{max} - 1,8}{4,0}}. \qquad (2)$$

Вираз (2) одержано шляхом перетворення формули для оцінки максимальної магнітуди за товщиною h_c сейсмоактивного шару [13]

$$M_{max} - 4\lg h_c + 1,8. \qquad (3)$$

Для оцінки інтенсивності струшувань скористаємось рівнянням макросейсмічного поля

$$I - 1,5M_{max} - \nu\lg\sqrt{\Delta^2 + h^2} + 3,0, \qquad (4)$$

де M_{max} - магнітуда землетрусу; ν - коефіцієнт затухання бальності з віддаллю; Δ - епіцентральна віддаль, км; h - глибина вогнища, км. За схемами ізосейст долинських землетрусів 14.01.76 р. і 7.02.76 р. [7], які відбулися у внутрішній зоні Передкарпатського прогину, за допомогою формули Блейка визначено середнє регіональне значення коефіцієнта ν - 3,2.

Враховуючи значні нахили розломів, які розділяють складки в осадовій товщі, приймемо, що вогнище землетрусу може виникнути в будь-якому місці прогину, тобто у формулі (4) доцільно прийняти Δ - 0. Враховуючи наведені вище значення довжин сегментів розломів, за допомогою формули (1), (2) і (4) отримаємо значення максимальної очікуваної сейсмічної інтенсивності для регіональних розломів першого рангу 7,1-7,4, а для розломів другого рангу - 6,7-6,9 бала.

Такого ж порядку оцінка можливої інтенсивності передкарпатських землетрусів отримана з використанням формули (3) за товщиною сейсмоактивного шару, який у внутрішній зоні прогину досягає 6...8 км, охоплюючи весь комплекс метаморфізованих порід осадового чохла.

1. Карта неотектоники Юго-Запада СССР. Масштаб 1:1000000 /Ред. А.М. Маринич. М., 1987. 2. Карта разрывных нарушений и основных зон линеаментов Юго-Запада СССР с использованием материалов космической съемки. Масштаб 1:1000000 /Отв. ред. Н.А. Крылов., М, 1988. 3. Кендаерз А.В., Пронишин Р.С., Бень Я.А. и др. Сейсмическая опасность города Черновцы // Белорусский сейсмологический бюллетень. 1992. Вып.2. С.151-168. 4. Савич А.И., Сувилова А.В. Современное состояние проблемы оценки сейсмической опасности участков строительства крупных энергетических сооружений // Сб.науч.тр. Гидропроекта. 1988. Вып. 130. С. 7-18. 5. Сейсмическое микрорайонирование // Под. ред. С.В.Медведева. М., 1977. 6. Сейсмическое районирование территории СССР. М., 1980. 7. Сейсмологический бюллетень Западной территорі-

риальной зоны ЕССР СССР за 1975-1976 годы. К., 1982. 8. Сомов В.И., Рахимова И.Ш. Современные движения земной коры Карпато-Балканского региона и сопредельных структур. К., 1983. 9. Тектоника Украины / Отв. ред. С.С.Круглов, А.К.Цыпко // Труды УКРНИГРИ. 1988. Вып.36. С.254. 10. Тектоническая карта УССР и МССР. Масштаб 1:500000 / Глав. ред. В.Е.Глушко. М., 1988. 11. Чекунов А.В. Структура земной коры и тектоника Юга Европейской части СССР. К., 1972. 12. Чекунов А.В., Соллогуб В.Б., Харитонов О.М. и др. Состояние и перспективы исследований по прогнозу землетрясений на Украине // Развитие сейсмопрогностических исследований на Украине. К., 1984. С.3-12. 13. Шебалин Н.В. О предельной магнитуде и предельной балльности землетрясений // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1971. N 6. С.12-20. 14. Proceedings of the International Center on Recent Crustal Movements // Bulletin N 24. Praha, 1986. P.1-64.