

УДК 551.331

**О. В. Фесенко**, асп.

Одеський національний університет,  
кафедра інженерної геології та гідрогеології,  
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65026, Україна, e-mail: [geologyst@mail.ru](mailto:geologyst@mail.ru).

## ПИТАННЯ ДЕТАЛЬНОГО СЕЙСМІЧНОГО РАЙОНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ СХІДНИХ КАРПАТ ТА ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я ДЛЯ ЦІЛЕЙ СЕЙСМІЧНОГО МІКРОРАЙОНУВАННЯ М. ОДЕСА

У статті розглянуті питання щодо сейсмічної активності Східних Карпат. Проведене роз-поділення на зони виникнення вогнищ землетрусів (ВВЗ) за сейсмологічними та геолого-тектонічними критеріями. Проведені розрахунки максимально можливих значень інтенсивності землетрусів у районі м. Одеса від виділених зон ВВЗ.

**Ключові слова:** сейсмічна активність, зони виникнення вогнищ землетрусів, приріст сейсмічної бальності, землетрус, сейсмічне мікрорайонування.

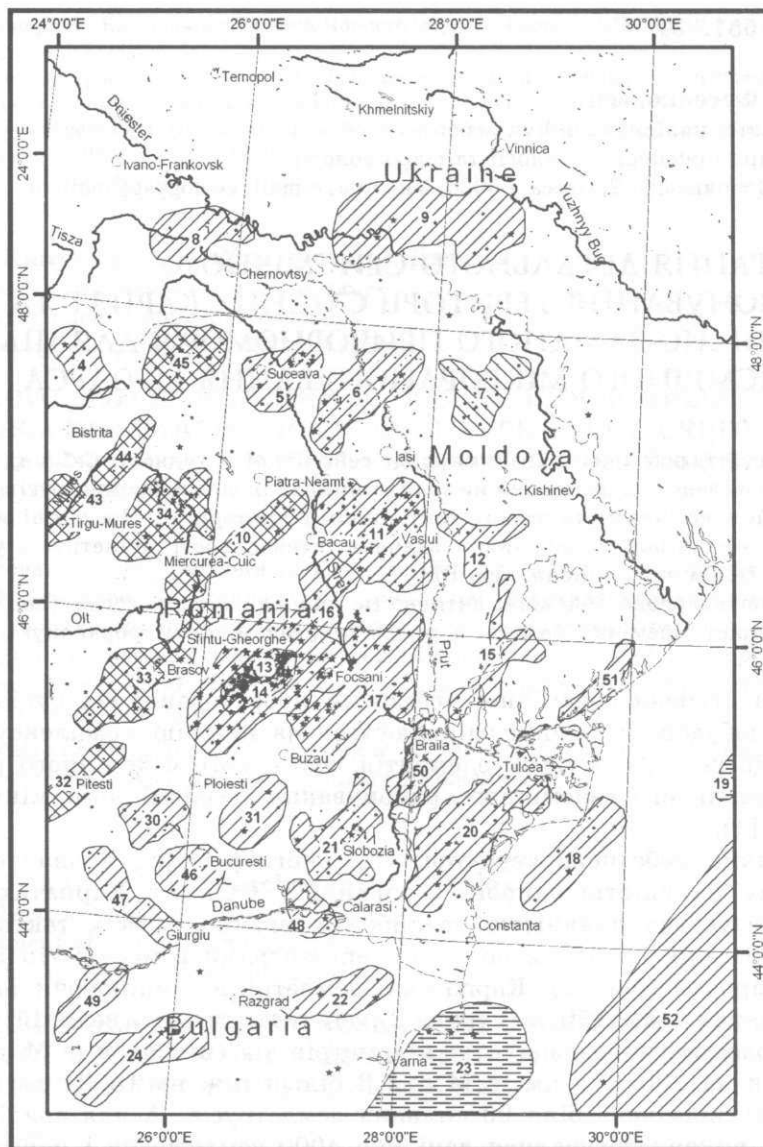
Оцінка ступеня сейсмічної небезпеки проектованої під будівництво або вже забудованої площі здійснюється на підставі комплексу досліджень, що складає з трьох елементів: загального сейсмічного районування, детального сейсмічного районування і сейсмічного мікрорайонування [1].

Сейсмічна небезпека території Одеського регіону, визначається в основному наявністю глибоких вогнищ у Східних Карпатах. Вона характеризується наявністю неглибоких вогнищ у всіх тектонічних зонах і сильних глибоких вогнищ з епіцентрами в масиві гір Вранча, Східні Карпати (рис. 1). Карпатські землетруси, виникаючи на великих глибинах (100-150 км) (рис. 2), відчуваються на великій території, розповсюджуючись на сотні кілометрів від епіцентру (з  $M = 5$  відчуваються на 200-300 км, з  $M = 7,3$  більш ніж на 1800 км). Усього з 984 року відмічено біля 90 сильних землетрусів. А для аналізу сейсмічності використовувалися дані про 4000 землетрусів і поштовхів з магнітудою більше за 2 (рис. 1).

Це дані Кишинівської сейсмостанції, каталоги землетрусів в СРСР, дані Геологічної служби США (USGS), Esri і інш.

Спектральний аналіз сейсмічної активності Східних Карпат дозволив виділити 35-40 літні періоди підвищення сейсмічної активності.

Частота землетрусів з  $M$  біля 6-6,5 один раз в десять років, з  $M = 7-7,5$  один раз в 30-70 років і з магнітудою 4,5-5,5 один раз в 2-5 років (рис. 3). Для розрахунку використовувалися дані про 3000 землетруси з 18 віку до 2001 року.



**Умовні позначення**

Вогнища землетрусів та їх магнітуда	Зона ВВЗ, її тип та номер
0.00 - 1.40	□ k
• 1.41 - 3.30	▨ mk
• 3.31 - 4.20	▨ m
★ 4.21 - 5.60	▨ amk
★ 5.61 - 7.70	▨ a

Геолого-тектонічні типи зон: а - переважають подастеносферні вогнища, m - верхньомантийні, k - вогнища в земній корі.

Рис. 1. Схема зон виникнення вогнищ землетрусів у Східних Карпатах та прилеглих територіях

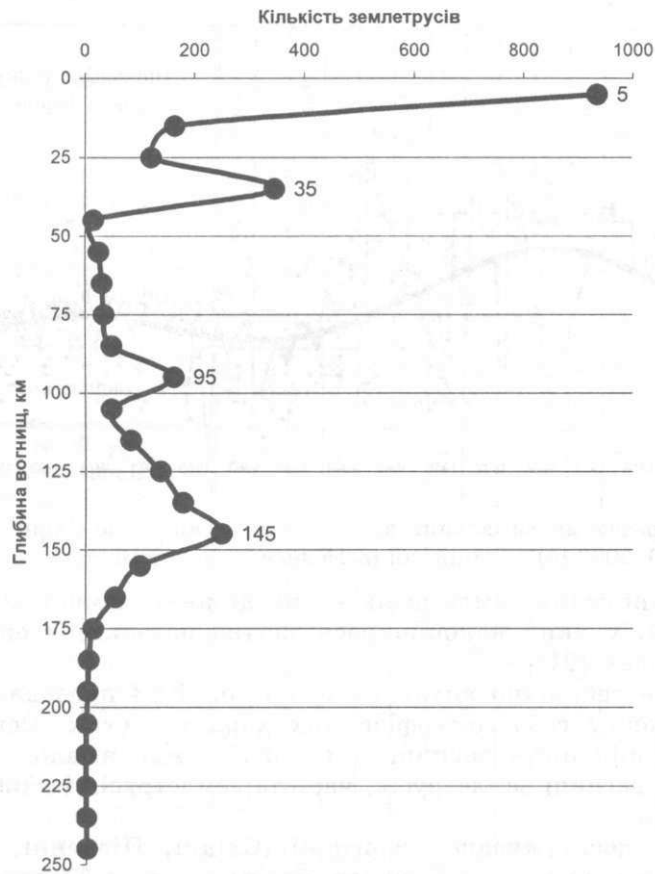


Рис. 2. Графік змінності кількості вогнищ землетрусів із глибиною (Східні Карпати)

У геологічному плані зона гір Вранча відповідає області різкої зміни простягань альпійських гірсько-складчастих споруд Східних Карпат з північно-західних на південно-західні напрями [2].

Основна частка сейсмічної енергії звільняється з глибоких вогнищ більше за 100 км. Інтенсивність максимальних землетрусів становить 9-10 балів (1802, 1940 рр.).

Сильні землетруси з магнітудою більше за 6,5 тут повторюються часто. Для глибоких Карпатських землетрусів характерна не тільки значна інтенсивність (до 9-10 балів), але і величезні площі струсу, що охоплюють території країн розташованих за тисячі кілометрів від епіцентрів району Вранча.

Виділення зон найбільш ймовірного виникнення вогнищ сильних землетрусів (зон ВВЗ), уточнення границь цих зон і їхньої диференціації по магнітуді максимальних поштовхів ( $M_{max}$ ) мають істотне значення для сейсмічного районування [2,4] і детальної оцінки сейсмічної небезпеки регіону.

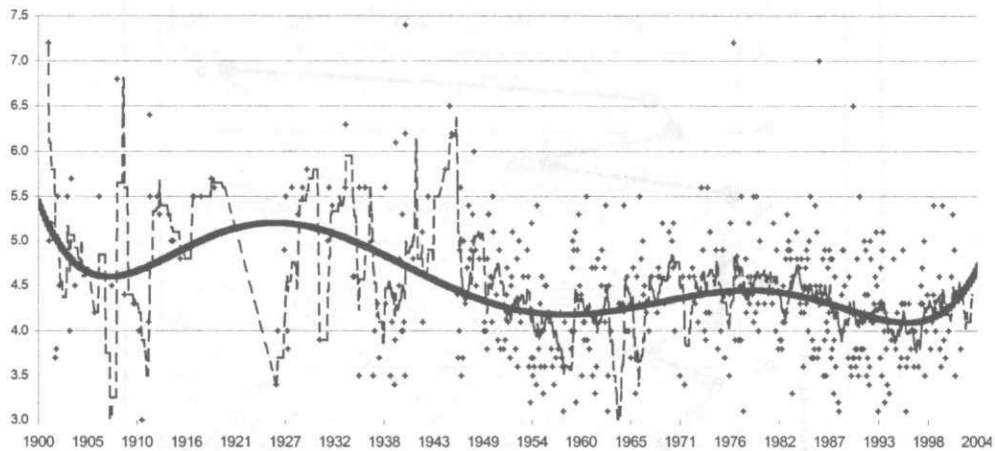


Рис. 3. Графік максимальних щомісячних магнитуд по Східним Карпатам (1900–2002 р.) — лінійний (в 15 знач.) і поліноміальний тренди

Зони виникнення землетрусів — це ділянки земної кори або верхньої мантії, у яких накопичилась значна потенційна енергія пружних напружень [2].

Виділення сейсмічно активних зон і зон ВВЗ проводилося на підставі комплексу геолого-геофізичних характеристик. Основні з них це: питома щільність вогнищ землетрусів, максимальні магнитуди, глибини вогнищ землетрусів, частота землетрусів і глибинна будівля літосфери.

У межах досліджуваної території (Східні, Південні, Центральні Карпати, північно-західне Причорномор'я) виділені 53 сейсмічні зони, з них 22 зони ВВЗ (рис. 1, табл. 1). Сейсмічні зони при цьому не являють собою зони високого ступеня скупчення вогнищ землетрусів. Вогнища землетрусів у межах даних зон розсіяні, середня кількість вогнищ межах зон — 20, середнє значення магнитуд — 4. Для зручності аналізу до сейсмічних зон віднесені і сейсмолінеаментні зони, тобто протяжні лінійні зони підвищеної сейсмоактивності.

Виділено 9 зон з  $M_{\max} > 6$ , 20 зон з  $M_{\max} > 5$ , і 33 зони з  $M_{\max} < 5$ .

З них найбільш небезпечними є зони, розташовані в межах округів Румунії: Бузау, Вранча, Іаломіта, Ловеч, Сату Марє, Васлує (рис. 1).

Для кожної із сейсмічних зон (у т. ч. зон ВВЗ) оцінені параметри, що характеризують: магнитуди, глибини вогнищ, характеристики шарів літосфери, висоти рельєфу, координати і їхня площа (табл. 1).

Загальні сейсмічні умови в межах території Одеського регіону визначаються максимальною можливою інтенсивністю землетрусів в 6 балів — СР-1978 р., СР-1981 р., і за даними сейсмічного районування Північної Євразії [3], виконаного в 1997 році ІФЗ РАН — 7 балів (карти В-С) і 6 балів карта А.

Таблиця 1

Параметри та геолого-геофізичні характеристики найбільших зон ВВЗ і сейсмічних зон (з  $M_{max} > 5$ )

Номер п/п	Номер сейсмічної зони (на карті)	Сейсмічний тип (по структурі зони та величині $M_{max}$ )	Рік першого зафіксованого землетрусу	Середня глибина вогнища землетрусу, км	Максимальне значення магнитуди	Геологічний тип зони (по розташуванню літосфери)	Загальна кількість землетрусів у зоні (з $M_{max} > 2$ )	Середня частота землетрусів за період спостережень, у літах	Середня глибина залягання поверхні астеносфери, км	Середня глибина залягання поверхні Мохо, км	Площа, км <sup>2</sup>	Периметр, км	Країна (по центру зони)	Адмін. район (по центру зони)
1	14	зона ВВЗ	984	130	7,7	mk	685	1,49	213	50	1586	159	Romania	Buzau
2	23	зона ВВЗ	1901	10	7,2	k	14	7,21	191	31	8518	368		
3	13	зона ВВЗ	1776	92	7,1	mk	190	1,19	210	46	7410	358	Romania	Vrancea
4	21	зона ВВЗ	1960	104	7,0	mk	59	0,69	213	36	2948	271	Romania	Ialomita
5	24	зона ВВЗ	1913	18	7,0	mk	18	4,89	209	36	3386	274	Bulgaria	Lovech
6	1	зона ВВЗ	1829	75	6,8	amk	19	8,42	61	24	2762	274	Romania	Satu Mare
7	17	зона ВВЗ	1871	57	6,5	mk	117	1,11	224	44	5645	386	Romania	Vrancea
8	18	зона ВВЗ	1865	19	6,4	mk	12	10,58	183	33	2566	236		
9	28	зона ВВЗ	2000	10	6,1	nodata	77	0,03	0	0	8237	664	Turkey	Bolu
10	11	зона ВВЗ	1897	87	5,9	mk	172	0,56	198	39	5401	310	Romania	Vaslui
11	39	зона ВВЗ	1887	20	5,7	a	64	1,78	76	0	3136	250	Romania	Timis
12	26	сейсмічна зона	1982	10	5,7	nodata	59	0,34	0	0	3044	281	Serbia	Serbia
13	37	сейсмічна зона	1895	16	5,7	mk	40	2,60	99	32	4293	304	Romania	Gorj
14	45	зона ВВЗ	1970	91	5,5	amk	47	0,53	134	42	2460	191	Romania	Suceava
15	27	сейсмічна зона	1978	11	5,3	nodata	20	1,10	104	0	1267	180	Serbia	Serbia

Закінчення табл. 1

Номер п/п	Номер сейсмозони (на карті)	Сейсмічний тип (по структурі зон та величині M <sub>max</sub> )	Рік першого зафіксованого землетрусу	Середня глибина вогнищ землетрусів, км	Максимальне значення магнитуди	Геологічний тип зони (по розташув. у літосфері)	Загальна кількість землетрусів у зоні (з M <sub>max</sub> > 2)	Середня частота землетрусів за період спостережень, у літах	Середня глибина залягання поверхні астеносфери, км	Середня глибина залягання поверхні Мохо, км	Площа, км <sup>2</sup>	Периметр, км	Країна (по центру зони)	Адмін. район (по центру зони)
16	52	сейсмічна зона	1930	54	5,3	mk	11	6,45	155	26	48452	860		
17	33	зона BV3	1872	59	5,2	amk	71	1,73	117	41	3746	327	Romania	Brasov
18	9	сейсмічна зона	1984	53	5,2	mk	24	0,33	183	43	6671	381	Ukraine	Vinnits'ka
19	6	зона BV3	1983	38	5,1	mk	77	0,13	176	37	3316	259	Romania	Iasi
20	43	зона BV3	1603	97	5,1	amk	29	13,45	121	28	3408	354	Romania	Mures
21	22	сейсмічна зона	1892	82	5,1	mk	13	8,46	202	31	2183	258	Bulgaria	Varna

Так за даними вивчення інтенсивності і глибин вогнищ землетрусів, а також ступеня впливу найближчих вогнищ землетрусів територію північно-східного Причорномор'я можна розділити на 3 зони. Перша зона розташована в межах ЮЗ частини Одеської області, має широтний напрямок і знаходиться в межах Придобруджинського прогину і його границі зі складчастою зоною Добруджа. У межах даної зони зафіксовано близько 10 сейсмічних подій з магнітудою 2-4 і глибиною 110-150 км. Причому групи епіцентрів вогнищ землетрусів орієнтовані у північно-східному напрямку, як і мантійні розлами, виділені за даними ГСЗ Соллогубом, 1985 р. Друга зона розташована в межах північно-заходу Одеської області і є продовженням зони з центральної і північно-східної Молдови. Глибинність вогнищ та ж (110-150 км). Дана зона в межах Одеської області має північно-східний напрямок. У межах даної зони зафіксовано близько 20 сейсмічних подій. 3-я зона розташована в межах центральної, північної частин досліджуваного регіону, де зафіксовано близько 5 сейсмічних подій з магнітудою 2-3 і глибиною 20-40 км. Зона має північно-східний напрямок.

Таким чином, виділені зони мають північно-східний напрямок, як і рельєф поверхні астеносфери і мантійних розломів, що говорить про верхньомантійні вогнища даних сейсмічних явищ у межах першої і другої зон і корових у межах південного схилу УЩ (третя зона).

Встановлено, що для землетрусів зони Вранча з магнітудами 6,5— 7,5 максимальна інтенсивність землетрусів в м. Одесі для середніх ґрунтових умов, що розрахована нами по рівняннях макросейсмічного поля, може становити до 6.2 балів — 1802 р., а з урахуванням приросту сейсмічного бала — 6,5-7 балів (до 7,5), при середній повторюваності таких землетрусів один раз в 30-50 років (до 1 разу в 10— 20 років за етап 1940-1995 рр).

Для цілей СМР м. Одеса були використані детальні дані про геологічну будову, інженерно-геологічні, гідрогеологічні умови території м. Одеси і прилеглих територій, що дозволило з достатньою мірою детальності вивчити особливості приросту сейсмічної бальності на основі теоретичних і експериментальних даних.

Отриманий максимальний приріст сейсмічного бала для території м. Одеси склав — 1.75, мінімальний — -0.5, при середньому прирості в 1 бал, а на 25% території вихідний бал може бути збережений.

Обробка і аналіз даних проводилася в геоінформаційних системах ArcView 3.1 (модуль Spatial Analyst), Microstation/J, Microstation Descartes 7.0, ArcInfo 7.1.2 і інш. на основі цифрового моделювання і аналізу характеристик, що вивчаються, шляхом їх опису рівномірними сітками значень (растрове моделювання — Grid Modeling) з використанням цифрових висотних моделей (Digital Elevation Model).

### **Висновки**

Встановлено, що для землетрусів зони Вранча з магнітудами 6.5- 7.5 максимальна інтенсивність землетрусів в м. Одесі для середніх ґрунтових умов, що розрахована нами по рівняннях макросейсмічного поля [2], може становити до 6.2 балів — 1802 р., а з урахуванням приросту сейсмічного бала — 6,5-7 балів (до 7,5), при середній повторюваності таких землетрусів один раз в 30-50 років (до 1 разу в 10- 20 років за етап 1940-1995 рр).

Також виділені крупні зони виникнення вогнищ землетрусів з в районі округів Румунії: Бузау, Іаломита, Ловеч, Сату Маре.

### **Література**

1. *Оценка влияния грунтовых условий на сейсмическую опасность: методическое руководство по сейсмическому микрорайонированию* / В. И. Джурик, В. В. Севастьянов, В. А. Потапов; АН СССР. — М.: Наука, 1988.
2. *Сейсмическое районирование территории СССР. Методические основы и региональное описание карты 1978 г.* — М.: Наука, 1980.
3. *Общее сейсмическое районирование территории России и прилежащих стран* — ОСП - 97. И. Уломов. Объединенный ин-т физики Земли Российской АН. — М., 1997.
4. *Тектоника и сейсмичность Причерноморья и Черноморской впадины.* — Кишинев: Из- во Штиинца, 1974.

### **А. В. Фесенко**

Одесский национальный университет, кафедра инженерной геологии и гидрогеологии, Шампанский пер., 2, Одесса, 65058, Украина

### **ВОПРОСЫ ДЕТАЛЬНОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИЙ ВОСТОЧНЫХ КАРПАТ И СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ СЕЙСМИЧЕСКОГО МИКРОРАЙОНИРОВАНИЯ Г. ОДЕССА**

#### **Резюме**

В статье рассмотрены проблемы сейсмической активности Восточных Карпат, описаны результаты среднемасштабного детального сейсмического районирования территории Восточных Карпат, охарактеризованы сейсмические и геолого-тектонические характеристики зон возникновения очагов землетрясений. Проведена попытка оценки максимальных возможных значений интенсивности сейсмических воздействий в г. Одессе от крупнейших зон ВОЗ.

**Ключевые слова:** детальное сейсмическое районирование, сейсмические условия, зоны возникновения очагов землетрясений, сейсмическое районирование, сейсмическое микрорайонирование.



**A. V. Fesenko**

Odessa National University,  
Department of Engineering geology and hydrogeology,  
Shampansky st., 2, Odessa, 65058, Ukraine

**PROBLEMS OF DETAILED SEISMIC ZONING TERRITORY OF  
EASTERN CARPATHIANS AND NORTHWEST PART OF BLACK  
SEA REGION FOR THE PURPOSES OF SEISMIC MICROZONING OF  
ODESSA**

**Summary**

In the article are construed the problems of seismic activity of Eastern Carpathians, the results of detailed seismic zoning territory of Eastern Carpathians. The attempt of an estimation of maximal probable values intensity of seismic affectings in Odessa from the largest seismic zones.

**Keywords:** detailed seismic zoning, seismic conditions, zones of rise of the centers of earthquakes, seismic zoning, seismic microzoning.