

УДК 551.331

О. В. ФЕСЕНКО, аспірантОдеський національний університет ім. І. І. Мечникова,
кафедра інженерної геології та гідрогеології,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65026, Україна

СЕЙСМІЧНІ УМОВИ ОДЕСЬКОГО РЕГІОНУ, ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ ТА ГЕОЛОГО- ГЕОМОРФОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СЕЙСМІЧНОГО МІКРОРАЙОНУВАННЯ м. ОДЕСИ

У статті розглянуті проблеми сейсмічної активності Східних Карпат, результати і методика сейсмічного мікрорайонування території м. Одеси і прилеглих територій, проведеного автором на основі застосування новітніх технологій цифрового моделювання і аналізу якісних та кількісних показників геологічної будови, що характеризують інженерно-геологічні і сейсмічні умови території.

Ключові слова: сейсмічне мікрорайонування, сейсмічна активність, приріст сейсмічної бальності, землетрус, клас сейсмічної небезпеки.

Численні спостереження вітчизняних і зарубіжних дослідників за наслідками землетрусів показали, що локальне проявлення сейсмічного ефекту тісно пов'язане з інженерно-геологічними, гідрогеологічними, геоморфологічними умовами, тобто вияви сейсмічного ефекту різні в неоднакових умовах геологічного середовища.

Сейсмічне мікрорайонування (СМР) має задачею оцінити вплив місцевих умов на осередковий сейсмічний вплив. Під місцевими умовами розуміються особливості рельєфу, склад і будова середовища, наявність ґрунтових вод і інші чинники, що впливають на сейсмічний ефект.

Для цілей СМР 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.

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).

Сейсмічна небезпека території регіону, в тому числі 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), відчуються на великій території, розповсюджуючись на сотні кілометрів від епіцентру (з $M = 5$ відчуються на 200—300 км, з $M = 7,3$ більш ніж на 1800 км).



масштаб 1:5 000 000
 км 50 0 50 100 150 200 250 км



Умовні позначення

- Сейсмолінеamenti
- ▨ Зони виникнення землетрусів
- Вогнища землетрусів та їх магнітуда
- 1.7 - 3.5
- × 3.5 - 4.5
- △ 4.5 - 5.5
- ☆ 5.5 - 6.5
- 6.5 - 7.8

Рис. 1. Схема сейсмічних умов Східних Карпат та Північно-Західного Причорномор'я (а), району Вранча (б)

Усього з 1984 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 та ін.

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. Для розрахунку використовувалися дані про 3000 землетрусів з 18 віку до 2001 року.

Зона гір Вранча. У геологічному плані цей район відповідає області різкої зміни простягань альпійських гірсько-складчастих споруд Східних Карпат з північно-західних на південно-західні напрями [6].

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.

Загальні сейсмічні умови в межах території Одеського регіону визначаються максимальною можливою інтенсивністю землетрусів в 6 балів — СР-1978р., СР-1981р., і за даними сейсмічного районування Північної Євразії, виконаного в 1997 році ІФЗ РАН — 7 балів (карти В-С) і 6 балів карта А. Перерахунок інтенсивності Карпатських землетрусів по рівнянню макросейсмічного поля показав, що інтенсивність сильних землетрусів в м. Одесі становить 4—6,2 бали для середніх ґрунтових умов.

Методика і результати сейсмічного мікрорайонування території м. Одеси. Приріст сейсмічної бальності для території м. Одеси визначався двома методами. Перший метод полягає в розрахунку класу сумарної сейсмічної небезпеки, а другий — у виділенні сейсмічно однорідних мікрорайонів на базі класифікації і районування по 3-х і більше основним параметрам геологічного середовища, що впливають на приріст сейсмічної бальності.

Розрахунок класу сумарної сейсмічної небезпеки проводився з урахуванням 3-х основних параметрів: рівню ґрунтових вод, потужності четвертинних відкладів (еолово-делювіальні лесовидні породи і леси), крутизни земної поверхні. Для кожного параметра були побудовані електронні карти — точні цифрові моделі розподілу параметра в 2-х і 3-х мірному просторі. Далі кожний параметр по мірі сейсмічної небезпеки розділявся на 3 класи: високий, середній, низький для 3-х параметрів — рівня ґрунтових вод, потужності четвертинних відкладів та крутизни земної поверхні (табл. 1). Кількість класів для кожного параметра може бути різна і залежить лише від властивостей геологічних об'єктів.

Аналіз розподілу відповідно до прийнятої класифікації (табл. 1) дозволив будувати карти класів сейсмічної небезпеки для кожного параметра.

Під класом сейсмічної небезпеки розуміється відносна величина міри приросту сейсмічної бальності, тобто чим вище клас сейсмічної небезпеки, тим більше може бути приріст сейсмічної інтенсивності.

Приріст сейсмічної бальності за рахунок зміни інженерно-геологічних та геолого-геоморфологічних умов території м. Одеси

Параметри Приріст	Клас сейсмічної небезпеки			Максимально можливий при- ріст ΔI , бали
	1	2	3	
1. Рівень ґрунтових вод, м ΔI , бали	$> \frac{8-24}{0}$	$\frac{4-8}{0,5}$	$\frac{0-4}{1,0}$	1,0
2. Потужність четвертинних відкладів, м ΔI , бали	$\frac{0-10}{-0,5}$	$\frac{10-20}{0}$	$\frac{20-30}{0,5}$	0,5
3. Крутизна земної поверхні, град. ΔI , бали	$\frac{0-25}{0}$	$\frac{25-45}{0,25}$	$\frac{45-90}{0,5}$	0,5
Максимально можливий сумарний приріст, ΔI , бали				2,0

Отримані карти класів сейсмічної небезпеки (КСН) для кожного параметра нормуються можливою величиною приросту сейсмічної бальності для кожного класу параметрів. Нормування класів проводиться на основі відомостей про властивості даного параметра (об'єкта) і їх аналогів (за результатами попередніх досліджень) [1—7], загальних принципів сейсмічного мікрорайонування [1, 3], і теоретичних передумов. Нормування реалізовується шляхом логічної заміни, в цифрових моделях, класів сейсмічної небезпеки, можливою величиною приросту сейсмічної бальності (табл. 1). Далі отримані величини приросту сейсмічної бальності для кожного параметра підсумовуються. Результатом є карта приросту сейсмічної бальності по всьому комплексу характеристик, що вивчаються (рис. 2).

Через нелінійність даної залежності для лесових ґрунтів приріст сейсмічної інтенсивності за рахунок рівня ґрунтових вод в районах з семиарідним кліматом можна розраховувати по емпіричній формулі

$$I = 2,2/10^{0,2 \cdot h},$$

де h глибина рівня ґрунтових вод в метрах [1, 3].

Максимальний приріст сейсмічного бала в м. Одесі по розробленій шкалі (табл. 1) внаслідок нормування карт класів становить 2, а мінімальне — (–0,5) бали.

Для території м. Одеси використовувалися точні дані про властивості комплексів порід, рівні ґрунтових вод і їх взаємозв'язок з потужностями товщі дисперсних відкладів еолово-делювіального і алювіально-делювіального генезису, що дозволило з достатньою мірою об'єктивності виділити класи сейсмічної небезпеки.

У разі відсутності даних, які б дозволили виконати нормування КСН кожної характеристики загальну величину сейсмічної небезпеки можна оцінити як суму класів сейсмічної небезпеки кожного параметра. Результатом даного складання буде карта класів сейсмічної небезпеки. Дана карта дозволить досить точно виділити області підвищеної, середньої і низької міри сейсмічної небезпеки території, що вивчається.

Другий тип сейсмічного мікрорайонування полягає у виділенні областей і діляниць з різними значеннями трьох основних характеристик, що оцінюються,

тобто однорідних по своїх інженерно-геологічних, геологічних і сейсмічних властивостях. Районування проводилося також по трьох параметрах шляхом побудови карт класів сейсмічної небезпеки для кожного параметра і їх логічного складання.

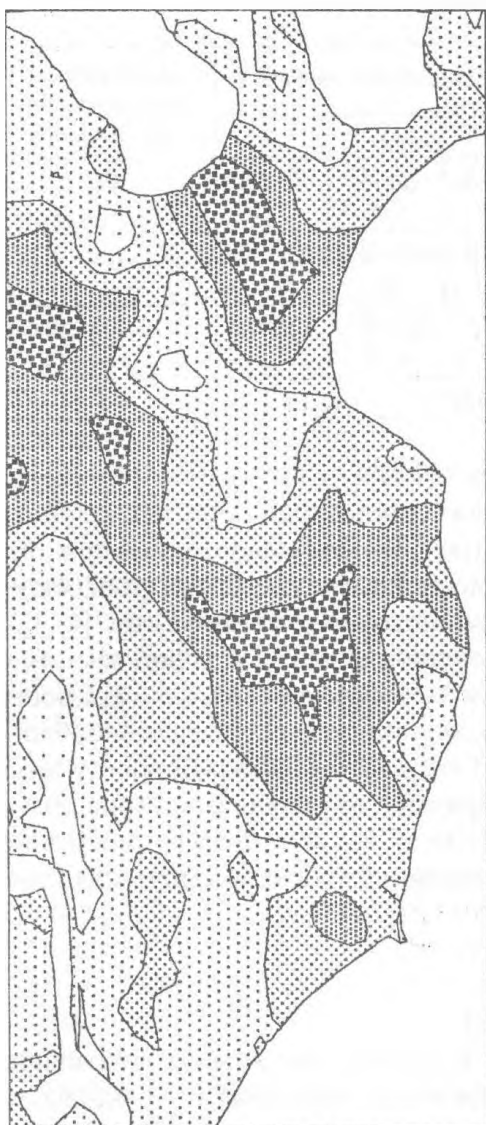


Рис. 2. Схема змінення сейсмічної бальності за рахунок зміни геолого-геоморфологічних умов території м. Одеси

Логічне складання являє собою процес логічного додавання значень класів другого і третього параметра до першого, для точки простору, що розглядається. Група даних точок простору однорідних за своїми властивостями і утворює ділянку, або мікрорайон, тобто область однорідну за своїми інженерно-геологічними і сейсмічними властивостями.

Дана методика сейсмічного мікрорайонування дозволила виділити 4 райони і 26 типів підрайонів однорідних за класами своїх параметрів, що склало біля 50—70 сейсмічних мікрорайонів. Основні виділені райони це: південний (Сухолиманський), центральний, Пересипський і північний (Куяльницький).

На 39% території м. Одеси приріст сейсмічної бальності перевищує 1 бал, а на 11% території сейсмічний бал може бути знижений до 0,5 (рис. 2). Початковий бал збережеться на 25% території.

Південний (Сухолиманський) район розташований між Сухим лиманом і балкою Більшефонтанською з північно-східною межею, яка проходить через вододільну лінію Сухого і Хаджибейського лиманів. У межах даного району РГВ складає більше 8 метрів при потужності четвертинних відкладів 20—30 метрів і дуже пологих схилах. Загалом по району приріст сейсмічної бальності складає від 0,3 до 0,3—0,5 бала.

Центральний район розташований в межах центральній і північній частинах міста, від балки Більшефонтанської до балки Усатовської на півночі, обмежений брівкою плато на сході і південному сході. У межах даного району середнє значення приросту сейс-

смічного бала становить 1 бал. РГВ становлять 0—4...4—8 метрів при потужності четвертинних відкладів 10—30 метрів і крутості схилів від перших градусів до 40—70 градусів в межах Водяної, Кривої, Більшефонтанської, Аркадійської, Усатовської балок.

Пересипський район розміщується в межах голоценової лиманно-морської тераси (пересипу) в нижній, південній частині Куяльницького і Хаджібейського лиманів, де потужність четвертинних піщано-черепашкових, сильно обводнених відкладів досягає 40 метрів. Максимальні значення приросту сейсмічної бальності становлять 1,6 балів при середньому значенні по району — 1,1 бал.

Північний район розташований в межах лівого берега Куяльницького лиману і Жевахової гори. Територія характеризується низькою мірою сейсмічної небезпеки, середні значення приросту сейсмічної бальності становлять 0,2 бали, оскільки в межах даного району потужність четвертинних відкладів становить 10—20 метрів, а рівні ґрунтових вод тільки в окремих ділянках досягають 4 метрів.

Обробка і аналіз даних проводилася в геоінформаційних системах ArcView 3.1 (модуль Spatial Analyst), Microstation/J, Microstation Descartes 7.0, ArcInfo 7.1.2 та ін. 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

Розроблена методика сейсмічного мікрорайонування дозволила виділити 4 райони і 26 типів підрайонів однорідних за класами своїх параметрів, що склало біля 50—70 сейсмічних мікрорайонів. Основні виділені райони це: південний (Сухоліманський), центральний, Пересипський і північний (Куяльницький).

На 39% території м. Одеси приріст сейсмічної бальності перевищує 1 бал, а на 11% території сейсмічний бал може бути знижений до 0,5. Початковий бал збережеться на 25% території.

Література

1. Салганик М. П., Штейнберг В. В., Кригер Н. И. Сейсмическое микрорайонирование. — М.: Наука, 1984.
2. Зелинский И. П. и др. Оползни северо-западного Причерноморья. Их изучение и прогноз. — К.: Наук. думка, 1995.
3. Джурик В. И., Севастьянов В. В., Потапов В. А. Оценка влияния грунтовых условий на сейсмическую опасность: методическое руководство по сейсмическому микрорайонированию // АН СССР. — М.: Наука, 1988.
4. Сейсмические характеристики лессовых пород в связи с геологическим окружением и техногенезом // АН СССР. — М.: Наука, 1980.
5. Сейсмическое районирование территории СССР. Методические основы и региональное описание карты 1978 г. — М.: Наука, 1980.
6. Уломов И. Общее сейсмическое районирование территории России и прилежащих стран — ОСР — 97. Объединенный ин-т физики Земли Российской АН. — М., 1997.
7. Фесенко А. В. Геологические наблюдения в окрестностях Одессы // Сборник научных работ молодых ученых и студентов. — Вып. 1. Серия геологических и географических наук. — Одесса: Астропринт, 1998.

Фондова література

1. Арбузова Л. С., Иванов А. И. и др. Отчет о специализированной геолого-гидрогеологической съемке территории г. Одессы для целей сейсмического микрорайонирования. — Одесса: ГРГП Причерноморгеология, 1981.

Фесенко А. В.

Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова,
кафедра инженерной геологии и гидрогеологии,
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65026, Украина

СЕЙСМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОДЕССКОГО РЕГИОНА, ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СЕЙСМИЧЕСКОГО МИКРОРАЙОНИРОВАНИЯ г. ОДЕССЫ

Резюме

В статье рассмотрены проблемы сейсмической активности Восточных Карпат, результаты и методика сейсмического микрорайонирования территории г. Одессы и прилегающих окрестностей, проведенного автором на основе применения новейших технологий цифрового моделирования и анализа качественных и количественных показателей геологического строения, характеризующих инженерно-геологические и сейсмические условия изучаемой территории.

Ключевые слова: сейсмическое микрорайонирование, класс сейсмической опасности, приращение сейсмической бальности.

Fesenko A. V.

Odessa National University,
pulpit of engineering geology and hydrogeology,
str. Dvoryanskaya, 2, Odessa, 65026, Ukraine

SEISMIC CONDITIONS OF ODESSA REGION, ENGINEERING-GEOLOGICAL AND GEOLOGY-GEOMORPHOLOGIC BASES SEISMIC MICROZONING ODESSA

Summary

In the article are considered problems of seismic activity East Karpatian, results and strategy of seismic microzoning territory g. Odessa and Odessa vicinities, conducted by the author on the base of using the most up to date technologies of numerical modeling and analysis of qualitative and quantitative geological construction factors, characterizing engineering-geological and seismic conditions of under study territory.

Keywords: seismic microzoning, class of seismic danger, incrementation seismic activity.