

© Л.В. Скакальська, Д.В. Малицький, 2010

*Карпатське відділення Інституту геофізики ім.С.І. Субботіна  
НАН України, м. Львів*

## **ПРО СЕЙСМІЧНІСТЬ ЗОНИ ОАШСЬКОГО РОЗЛОМУ**

Авторами здійснено спробу оцінити сейсмічну активність Карпатського регіону та його частини – ділянки Оашського розлому, за загальною річною деформацією, магнітудою, перебігом енергій, сейсмічним моментом, енергією деформації, довжиною та площею розриву.

**Ключові слова:** сейсмічний момент, енергія деформації, площа розриву.

**Вступ.** Побутує думка, що тектонічні рухи в останні десятиліття у Карпатах не надто активні. Товщина земної кори у Внутрішніх Карпатах  $\leq 30$  км. Шар осадових порід, що не підлягали метаморфізму, становить близько 2,5 км, оскільки магматична діяльність тут припинялась лише на порівняно короткий термін. Явища магматизму та метаморфізму у Внутрішніх Карпатах спричинили нарощування жорсткого масиву з характеристиками граніту. На відміну від Зовнішніх згладжених Карпат, що утворились внаслідок насуву на Східно-Європейську платформу, внутрішній частині гірської дуги властива складна геоморфологічна структура. Зовні це проявлено гострими вершинами, вузькими уривчастими схилами, глибокими прірвами – вулканічні Карпати або Вигорлат-Гутинське вулканічне пасмо, до якого належить Оашський розлом [1, 2].

Оскільки на сьогодні не існує чітких і однозначних засад спостереження та діагностування механізму землетрусів, ми вперше спробували охарактеризувати ці явища за допомогою визначення швидкості зсуву – так званої загальної річної деформації. Для цих досліджень ми використали схему тектонічного зонування [3, 4] Карпат, запропоновану відомим українським вченим-геофізиком Т.З. Вербицьким<sup>1</sup>.

Зону Оашського розлому ми досліджували як сукупність частин 1, 2, 4 та 5-ої зон (рис. 1). Основними параметрами, за якими вивчається сейсмічність, є сумарний сейсмічний момент, сумарна енергія, магнітуда, енергія деформації, довжина та площа розриву. Можна ввести й інші параметри, але вони будуть залежними від вказаних вище (наприклад, енергетичний клас, тісно пов'язаний із сейсмічним моментом та сумар-

<sup>1</sup> Тож надалі вживаючи терміни розподіл зон, дев'ять зон, і т.п., маємо на увазі розподіл, прийнятий Т.З. Вербицьким [1].

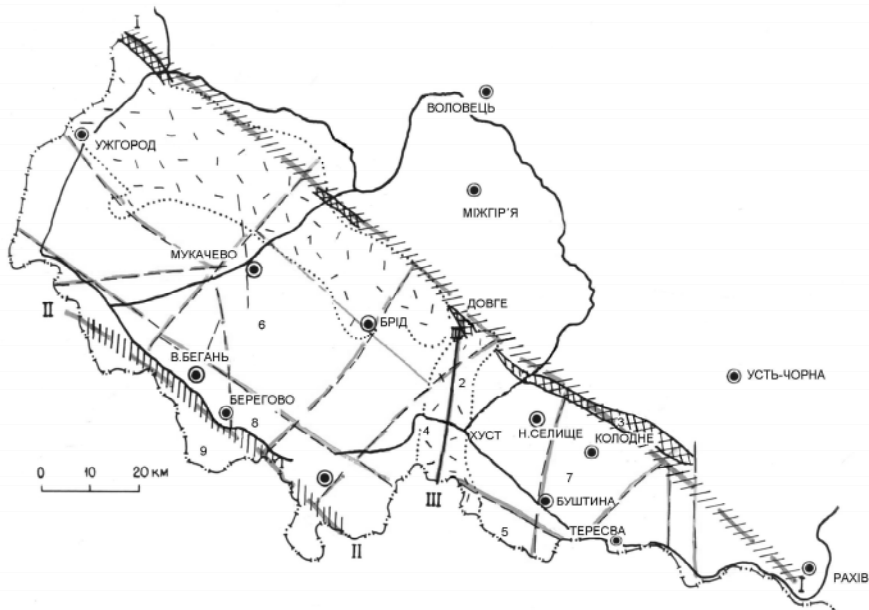


Рис. 1. Схема районування Закарпаття за сейсмічною активністю (за Вербицьким Т. З. [1]): I – Закарпатський глибинний розлом, II – Припаннонський глибинний розлом, III – Оашський розлом; 1–9 – зони розбиття

ною енергією). При вивченні Закарпаття та зони Оашського розлому ми використовували емпіричні залежності, отримані вітчизняними [6, 7] та зарубіжними [14] вченими, розглянули повний каталог сейсмічних подій за період 1961–2003 рр. [8–10]. За основу розрахунків взято дату землетрусу, координати  $\varphi$ ,  $\lambda$ , клас  $K$ , модуль зсуву  $\mu$ . Для обробки інформації використаний пакет програм, розроблений за участі авторів [11] та запропонована нова методика. Проведено порівняння результатів розрахунків для відповідних зон.

**Сейсмічність.** Для дослідження і вивчення сейсмічності Українських Карпат вибрано регіон з координатами  $(49^{\circ}30', 21^{\circ})$ ,  $(49^{\circ}30', 25^{\circ})$ ,  $(47^{\circ}30', 21^{\circ})$ ,  $(47^{\circ}30', 25^{\circ})$  [12]. Цій зоні відповідає територія площею  $7104 \times 10^{10} \text{ м}^2$ . Оскільки джерела закарпатських землетрусів знаходяться у верхніх шарах земної кори на глибині до 10 км, нами вибрано територію з об'ємом  $1,0656 \times 10^{15} \text{ м}^3$ . Частину досліджуваного регіону займає зона Оашського розлому завдовжки 28 км. Вибір розлому мотивуємо його значною сейсмічною активністю та специфічним меридіональним розташуванням.

За заданими географічними координатами території ( $\varphi, \lambda$ ) ми відібрали сейсмічні події із загального каталогу спостережень, визначили площі і об’єми зон, а також клас подій. На основі розробленої методики і відомих аналітичних співвідношень обчислювали сумарну енергію для кожної із зон, сейсмічний момент для кожної події та сумарний сейсмічний момент. Застосовано певні емпіричні залежності, за якими ми порахували довжину та площу розриву [6, 7]. Зокрема, для розрахунку сейсмічного моменту було використано формули [13]:

$$\lg M_{0i} = 0,6K_i + 15,5, \quad (1)$$

або

$$\sum_{i=1}^n M_{0i} = \sum_{i=1}^n 10^{0,6K_i + 15,5}, \quad (2)$$

де  $K_i = \lg E_i$  – енергетичний клас,  $E_i$  – сейсмічна енергія для  $i$ -тої події,  $M_{0i}$  – сейсмічний момент для  $i$ -тої події,  $n$  – кількість подій для вибраного регіону.

Сумарний сейсмічний момент можна записати таким чином:

$$\bar{M} = \sum_{i=1}^n M_{0i}. \quad (3)$$

Річний сейсмічний момент визначається як відношення сумарного сейсмічного моменту до кількості років спостережень.

$$\bar{M}_0 = \frac{\bar{M}}{N}, \quad (4)$$

де  $N$  – кількість років спостережень.

Загальна річна деформація (швидкість деформації), як особливо важлива складова сейсмічності, визначається за формулою [14]:

$$\bar{\delta} = \frac{0,75}{V \cdot \mu} \cdot \bar{M}_0, \quad (5)$$

де  $V$  – об’єм досліджуваної зони,  $\mu$  – модуль зсуву.

Для Карпатського регіону було взято  $\mu = 3,3 \times 10^{10}$  Н/м<sup>2</sup>.

Досліджуючи сейсмічність зони Оашського розлому з використанням характеристик подій за енергією, класом, магнітудою і кількістю подій із каталогів [10], ми отримали значення сумарного та річного сейсмічних моментів, річної деформації, що представлено в таблиці. Як приклад показано, що сумарна енергія п’ятої зони, як і кожної з дев’яти, менша від сумарної енергії зони Оашського розлому в данному часовому вікні (рис. 2). Також наведено часові залежності деформацій протягом 1961–2001 рр. (рис. 3–5).

Основні параметри сейсмічності

Параметр	Карпатський регіон	Закарпаття*	Зона Оашського розлому
Протяжність, м	320 000		40 000
Ширина, м	222 000		28 000
Глибина, м	15 000		15 000
Площа, м <sup>2</sup>	$7,104 \times 10^{10}$	$8,2782 \times 10^9$	$1,12 \times 10^9$
Об'єм, м <sup>3</sup>	$1,0656 \times 10^{15}$	$1,24173 \times 10^{14}$	$1,68 \times 10^{13}$
Кількість років спостережень	38	42	41
Кількість подій	501	277	124
Сумарний сейсмічний момент, Н/м	$4,7425 \times 10^{23}$	$1,04645 \times 10^{23}$	$5,85841 \times 10^{22}$
Річний сейсмічний момент, Н/м	$1,24803 \times 10^{22}$	$2,49155 \times 10^{21}$	$1,42888 \times 10^{21}$
Загальна річна деформація, Н-м/рік	$1,3309 \times 10^{-18}$	$2,28013 \times 10^{-18}$	$9,66503 \times 10^{-18}$

Примітка: \* Територія Закарпатського регіону, 9 сейсмічних зон.

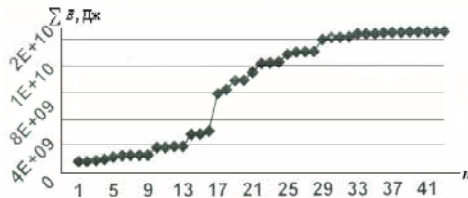


Рис. 2. Сумарна енергія зони 5 за період 1961–2002 рр. Тут і далі (на рис 3–8): цифрами вздовж осі абсцис у всіх рисунках позначено кількість подій (n), вибраних у досліджуваному часовому проміжку для відповідної зони

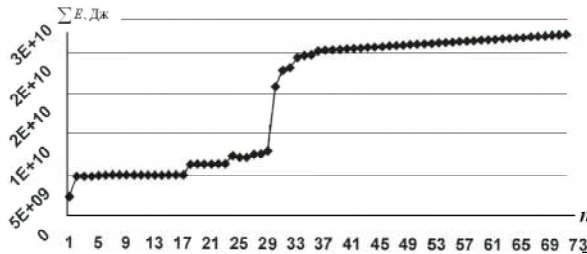


Рис. 3. Сумарна енергія зони Оашського розлому за період 1961–2001 рр.

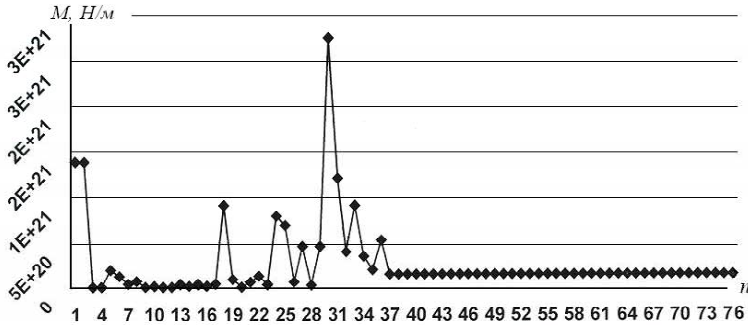


Рис. 4. Сейсмічний момент зони Оашського розлому за період 1961–2001 рр.

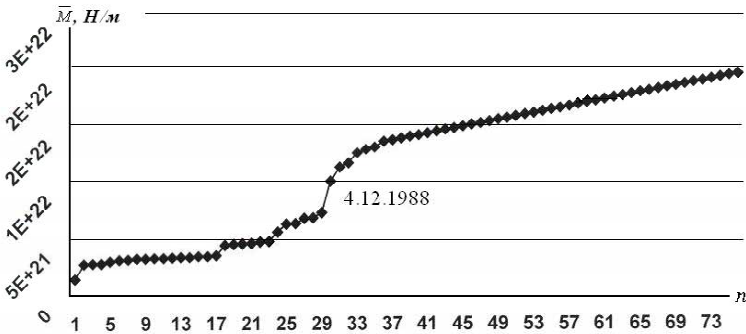


Рис. 5. Сумарний сейсмічний момент зони Оашського розлому за період 1961–2001 рр.

На основі підрахунків по кожному з наведених вище параметрів досліджуваних зон та проведеного аналізу доходимо висновку, що Оашський розлом вирізняється підвищеною сейсмічною активністю. Відповідно в околі розлому спостережено збільшення інших сейсмічних характеристик. За період з 1986 по 1990 рр. значно збільшились значення параметрів сейсмічності досліджуваної зони. Пік подій спостерігається 04.12.1988 р. (рис. 5), після 1990 р. – відносно затишшя, що демонструє рис. 4. На рис. 6, 7 представлені графіки залежності довжини та площі розриву від кількості подій для зони Оашського розлому за період 1961–2001 рр.

Використовуючи повний каталог землетрусів для Карпатського регіону, ми побудували графік енергії деформації в заданому часовому вікні, що представлено на рис. 8. Порівнюючи з ним рис. 3 бачимо, що підвищена сейсмічність Закарпаття та зони Оашського розлому як його частини проявились у 1986–1991 рр.

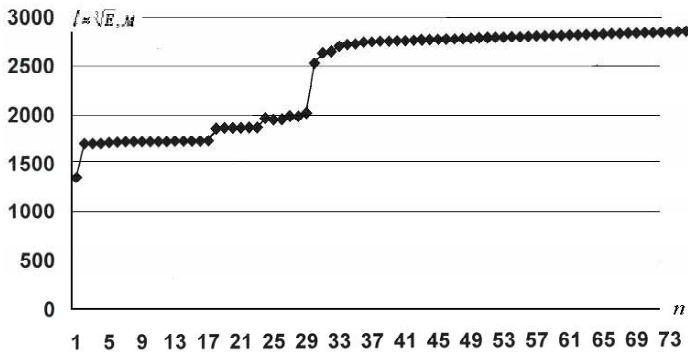


Рис. 6. Довжина розриву у зоні Оашського розлому за період 1961–2001 рр.

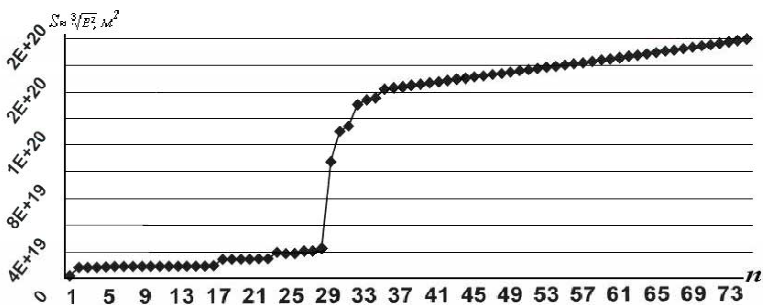


Рис. 7. Площа розриву у зоні Оашського розлому за період 1961–2001 рр.

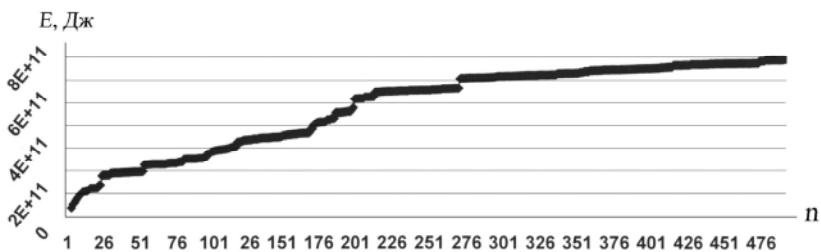


Рис. 8. Залежність енергії деформації Карпатського регіону від кількості подій протягом 1961–2001 рр.

**Висновки.** Обраховані нами такі специфічні характеристики землетрусів, як річний сейсмічний момент, загальна та середньорічна деформація для кількох наперед заданих видів розбиттів північно-західної частини Карпат дозволяють достатньо охарактеризувати сейсмічність заданого регіону. Аналізування накопичених сейсмічних даних за запропонованою методикою створює основи регіонального сейсмічного моніторингу.

Вважаємо запропоновану методику надзвичайно простою і гнучкою в користуванні, графіки точними, виконання робіт надзвичайно мобільним для довільно обгрунтованих зон. Показано переважання сейсмічної активності у зоні Оашського розлому за період 1961–2001 рр.

1. *Латынина Л., Вербицкий Т., Игнатьшин В.* О деформационных процессах в северо-восточной части Карпатско–Балканского региона // Физика Земли. – 1995. – № 4. – С. 3–16.
2. *Скакальська Л.В., Малицький Д.В.* Дослідження сейсмічності Закарпаття на прикладі Солотвинської западини за період 1963–2001 рр. // Геоінформатика. – 2002. – т. 1.
3. *Лазаренко Э.А.* По вулканическим Карпатам. – Ужгород: Карпаты, 1979.
4. *Бунэ В.И., Броучек И., Сейдовиц Д., Медведева Н.С., Полякова Т.Л.* Карта сейсмической активности Западных Карпат и сопредельных территорий // Вопр. инж. Сейсмологии. – 1991. – Вып. 32. – С.100–106.
5. *Пронишин Р.С., Пустовитенко Б.Г.* Некоторые аспекты сейсмического климата и погоды в Закарпатье // Изв. АН СССР. Физика Земли. – № 10. – С. 74–81.
6. *Пустовитенко Б.Г., Пантелеева Т.А.* Спектральные и очаговые параметры землетрясений Крыма. – К.: Наук. думка, 1990.
7. *Резанов И.А.* Земная кора. – М.: Наука, 1974.
8. *Костюк О., Сагалова Е., Руденська І. та ін.* Каталог землетрусів Карпатського регіону за 1091–1990 роки // Праці наукового товариства імені Шевченка. – 1997. – Т. 1. – С. 121–137.
9. *Попов И.И., Пустовитенко Б.Г.* Сейсмологический бюллетень западной территориальной зоны единой системы сейсмических наблюдений СССР. Крым–Карпаты, 1091–1991. – К.: Наук. думка, 1961–1992.
10. *Сейсмологические бюллетени Украины за 1993–2001.* – Симферополь, 1993–2001.
11. *Вербицкий Т., Гнип А., Малицький Д. та ін.* Мікросейсмічні і деформаційні дослідження в Закарпатті: результати та перспективи // Геофіз. журн. – 2003. – 25, № 3. – С. 99–112.
12. *Руденская И.М., Пронишин Р.С. и др.* Сейсмичность Карпат в 2002 году.
13. *Ризниченко Ю.В.* Размеры очага корового землетрясения и сейсмический момент // Исследования по физике землетрясений. – М.: Наука, 1976. – С. 9–27.
14. *Anderson J.G.* Strong Motion Seismology // Reviews of Geophysics, Seismology Supplement, U.S.National Report to the International Union of Geology and Geophysics. – 1987–1990. – P. 700–720.

**О сейсмичности зоны Оашского разлома** Л.В. Скальская, Д.В. Малыцкий

**РЕЗЮМЕ.** Авторами предпринята попытка оценить сейсмическую активность Карпатского региона в целом и его части – зоны Оашского разлома, по общей годовой деформации, магнитуде, изменении энергий, сейсмическому моменту, энергии деформаций, длине и площади разрыва.

**Ключевые слова:** сейсмический момент, энергия деформаций, площадь разрыва.

**About the seismicity of the Oashskyy crust zone** L.V. Skakalska, D.V. Malytskyy

**SUMMARY.** The seismicity of the Carpathian region and Oashskyy crust, specifically, by strain rate estimate, by magnitude, course of the seismic energies, seismic moment, by deformation energy, by strain seismotectonic dyslocation, rupture square was characterized.

**Keywords:** seismic moment, deformation energy, rupture square.