

ТЕКТОНІЧНА ПОЗИЦІЯ, ВОГНИЩЕВІ І ДИНАМІЧНІ ПАРАМЕТРИ
ЗЕМЛЕТРУСУ В м. КОМАРНЕ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Л.Є. Назаревич

*Інститут геофізики ім. С.І.Субботіна НАН України, пр. Палладіна, 32, Київ 03680, Україна,
e-mail: nazarevych.l@gmail.com*

Проаналізовано землетрус 10.11.2007 р. у Львівській області (м. Комарне) з магнітудою $M_D = 2,3$. Простежено його зв'язок з історичними землетрусами на цій території. Досліджено локалізацію вогнища землетрусу у зіставленні з тектонічними структурами субрегіону та особливостями його сучасної геодинаміки. Визначено вогнищеві та динамічні параметри землетрусу.

Ключові слова: Львівська область, землетрус, тектоніка, вогнищеві та динамічні параметри.

Вступ. Землетруси останніх років (Микулинці Тернопільської області, 2002 р., $M_D = 4$; Бердянськ, 2006 р., $I = 5$ балів; Кривий Ріг, 2007 р., $M_D = 3,4$, 2011 р., $M_{LN} = 3,5$, $I = 5$ балів; біля Львова, 2007 р., $M_D = 2,3$; Новодністровськ, 2007 р., $M_D = 2,6$ та ін.), які відбулися в Україні на платформних територіях, спонукали науковців переглянути тезу про асейсмічність цих територій. Відомо, що на платформах зрідка відбуваються землетруси меншої сили і дуже рідко – землетруси з магнітудами M від 5 і більше. Однак оскільки їх вогнища знаходяться в межах густозаселених територій і районів видобування корисних копалин, наслідки від сейсмічних коливань там можуть бути не менш значні, ніж у сейсмоактивних районах, через уразливість цих територій у соціальному, індустріальному та екологічному аспектах [6, 11].

Постановка проблеми. Нагромадження сейсмічного матеріалу, його комплексний аналіз на основі нових геолого-геофізичних даних, використання інформаційних технологій та уточнене на цій основі сейсмічне районування територій створюють передумови для їх безпечного і сталого розвитку. Вирішення такого завдання важливе для наук про Землю і для сейсмології зокрема.

Предметом дослідження є землетрус, який відбувся 10.11.2007 р. поблизу м. Комарне Городоцького району Львівської області. За даними досліджень О.М. Сафронова [14], ця територія віднесена до Передкарпатсько-Дністерської сеймотектонічної провінції України, для якої він виділив три ознаки сейсмічної активності. Про геодинамічну активність території свідчать дані проведеного А.В. Полівцевим дослідження вертикальних рухів Волино-Поділля та прилеглих територій в голоцені [12].

Сейсмічність досліджуваної території. На території Львівської області відомі історичні земле-

труси, які досліджено, зокрема, в роботах С.В. Євсєєва, О.В. Кендзери, Р.С. Пронишина, І.Д. Гофштейна [4, 7, 8] та ін. За даними історичних літописів, на Львівщині відбулися три сильні місцеві землетруси з силою стрясання в епіцентрі до 6 балів [7, 8]. У 1670 р. у районі с. Шкло, де нині розташований санаторій з мінеральними водами, сила стрясання I в епіцентрі землетрусу дорівнювала 6 балів. Очевидці свідчили, що на місці майбутнього епіцентру землетрусу був піщаний горб, а після землетрусу з'явилось невелике озеро, вода у ньому пахла сіркою. Враховуючи сучасні дані щодо тектоніки зазначеного району, можна стверджувати, що цей землетрус приурочений до зони Городоцького глибинного розлому і відбувся в Шкло-Великолюбінському морфоструктурно-неотектонічному вузлі.

У 1754 р. поблизу м. Львів, як зафіксовано в архівних даних [7], був землетрус із силою стрясання в епіцентрі 5–6 балів. За даними роботи [12], на північний схід від м. Львів є ділянка аномальної зміни градієнтів швидкостей сучасних рухів земної кори.

У 1875 р. на глибині 15–30 км відбувся землетрус у м. Великі Мости із силою стрясання 6 балів. Макросейсмічне поле землетрусу дуже складне: 6-, 5-, і 4-бальні ізосейсти витягнулися з півночі на південь і далі на південний схід уздовж Великомоствського розлому, а також у напрямку з північного сходу на захід у районі с. Угнів, 4-бальні струшування від землетрусу були відчутні навіть поблизу м. Чернівці. На наш погляд, просторова форма ізосейст має такий складний характер тому, що частина плейстоценової зони розміщується у зоні впливу активних у неогені Червоноградського і Белз-Балучинського розломів і певним чином корелює з картою вертикальних рухів у голоцені Волино-Поділля [12].

Геодинаміка території центральної частини Львівської області. Сейсмічні процеси на цій території можуть бути зумовлені як глобальними геодинамічними процесами, так і місцевими, локальними. Глобальна складова сейсмічної активності території пов'язана з процесами втягування Східноєвропейської платформи, а також зони її зчленування з молодією Західноєвропейською платформою в деформаційні процеси, які відбуваються в Азоро-Альпійсько-Середземноморсько-Трансазійському сейсмоактивному поясі та на прилеглих тектонічних структурах і можуть бути причиною сильних землетрусів на цій території. Локальна складова сейсмічності досліджуваної території може бути пов'язана передусім з процесами у мантиї, фізико-хімічними перетвореннями в земній корі, карстовими явищами, тощо. За даними GPS-спостережень, ця частина території, як і весь Карпатський регіон, зазнає стискування в напрямку, перпендикулярному до Карпат [5, 6, 17]. Вектори напружень у гірських породах земної кори у цьому районі мають напрямок з південного заходу на північний схід, а також з південного сходу на північ [10]. На таку обстановку стиску зазначеної території вказують діаграми тріщинуватості порід, заміряні в районі Бібрка–Винники Львівської області. Дослідженнями встановлено, що тут існують дві взаємно перпендикулярні системи тріщин: північно-західна – діагональна та північно-східна – перпендикулярна до неї [10].

Землетрус 10.11.2007 р. поблизу м. Комарне Городоцького району Львівської області. За останні роки з розвитком інструментальних сейсмічних спостережень у регіоні зареєстровано ряд слабких землетрусів, що дало можливість підтвердити тезу про те, що на давніх платформах також відбуваються сейсмотектонічні процеси, хоча значно слабші, ніж на їх активних окраїнах. Один з таких відносно слабких землетрусів відбувся 10 листопада 2007 р. о 18 год 49 хв на південь від м. Комарне Городоцького району Львівської області ($\varphi = 49,60^\circ$; $\lambda = 23,74^\circ$) на глибині близько 6 км з магнітудою $M_D = 2,3$ [15]. Землетрус такої енергії спричинює в епіцентрі стрясання силою близько 3 балів за шкалою MSK-64, що практично мало відчувається людьми. Цей землетрус зареєстрували 15 сейсмічних станцій Карпатського регіону, серед них 3 сейсмічні станції Словацької сейсмічної мережі (KOLS – Koloniske Sedlo, CRVS – Cervenica, STHS – Stebniska Huta), які розташовані поблизу кордону з Україною, на відстані близько 190 км від епіцентру. Сейсмічні хвилі від вогнища землетрусу пройшли через гірську систему Карпат на словацьку територію, практично не втративши енергію – магнітуда на всіх трьох станціях Словацької сейсмічної мережі $M_L = 2,0$. На території України цей землетрус зареєстрували

чотири станції Передкарпаття – “Львів”, “Моршин”, “Східниця”, “Старуня”, 4 станції Закарпаття – “Ужгород”, “Нижнє Селище”, “Косів”, “Рахів”, а також станції у містах Кам'янець-Подільський, Чернівці, Городок Хмельницької області. З магнітудою $M_D = 2,3$ цей землетрус достатньо чітко зареєстрований на відстані 288 км від епіцентру в смт Новодністровськ (Чернівецька область). Параметри гіпоцентру землетрусу визначено за стандартною методикою мінімізації часових нев'язок приходу сейсмічних хвиль на станції відносно годографа Джефріса та вагових коефіцієнтів сейсмічних станцій графіку Вадаті.

Геологічна і тектонічна позиція Комарнівського землетрусу 2007 р. Геоструктурно район вогнища досліджуваного землетрусу приурочений до стику двох значних тектонічних структур – Західноєвропейської платформи (північно-східна частина району) та Карпатської складчастої системи (решта території району). Тектонічна межа між ними проходить по Городоцькому глибинному розлому, який трасується по лінії Немирів–Городок–Розвадів. Орографічно ця територія лежить на стику кількох географічних районів. Південно-західна її частина межує із західним краєм Подільської височини у межах рівнинної території Опілля з абсолютними висотами 290–320 м. Більша частина району лежить у північно-західній частині Передкарпаття у межах пологохвилястої Сянсько-Дністровської вододільної рівнини з абсолютними висотами 270–290 м і терасової рівнини Верхньодністровської улоговини з абсолютними висотами нижче 260 м. [2]. Через територію району проходить Головний європейський вододіл.

Епіцентр досліджуваного землетрусу зафіксовано південніше м. Комарне Городоцького району Львівської області. Цей район має досить складну тектонічну будову (рис. 1), він знаходиться на стику двох великих тектонічних структур: Рава-Руської зони Західноєвропейської платформи та Передкарпатського прогину. Північно-східна частина території належить до Західноєвропейської платформи (Рава-Руська зона), південно-західна – до Передкарпатського прогину (Більче-Волицька зона). Район характеризується прогинанням кори і розчленуванням її тектонічними розломами і скидами на окремі блоки, кожен з яких зміщувався на різну глибину. Тут є численні різнорангові регіональні й локальні тектонічні розломи, флексури, брахіантиклінальні складки на різних глибинах. Зокрема, зовнішній схил Передкарпатського прогину облямовують численні флексури, і власне Городоцький розлом знаходиться у смузі флексурно-розломної тектоніки. Поздовжні тектонічні розломи, що простягаються паралельно або майже паралельно Карпатам (зокрема Городоцький розлом),

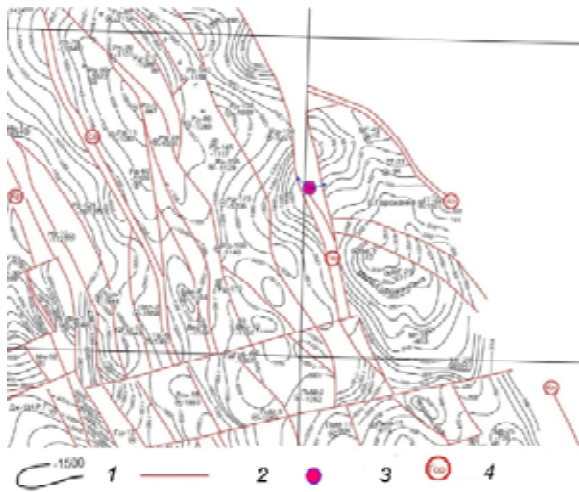


Рис. 1. Тектонічна позиція вогнища Комарнівського землетрусу 10.11.2007 р. на фоні структурної карти по опорному гіпсоангідритовому (ГА) горизонту Більче-Волицької зони: 1 – ізогіпси опорного відбивного (ГА) горизонту пізньобаденської поверхні, м; 2 – розривні порушення; 3 – епіцентр землетрусу; 4 – Городоцький розлом

і скиди, які утворились уздовж них, надають кристалічному фундаменту східчастого характеру. Тут на глибині 2–7 км залягають потужні осадові породи пізньопротерозойського і ранньопалеозойського віку [10, 16]. За дослідженнями А. Полівцева [12], стик Андрушівського розлому (меридіональний напрямок) з іншими регіональними порушеннями карпатського простягання, зокрема з Городоцьким розломом, утворюють активні морфоструктурно-неотектонічні вузли, що проявляються режимами здіймань.

Тектонічна локалізація вогнища Комарнівського землетрусу 10.11.2007 р. Вогнище досліджуваного землетрусу ($\varphi = 49,61^\circ$, $\lambda = 23,74^\circ$, $H = 6,2 \pm 0,4$ км) знаходиться на відстані 17 км від Рудківського газового родовища і територіально локалізоване у Більче-Волицькій зоні Передкарпаття. Рудківська структура, у межах якої лежить епіцентр землетрусу (рис. 1), являє собою великий ерозійний виступ вапняків верхньої юри, розбитий поздовжніми тектонічними порушеннями на 4 блоки, які мають брахіантиклінальну форму. У тектонічному плані вогнищева зона землетрусу обмежена із заходу Судово-Вишнянським розломом, зі сходу – Городоцьким (рис. 1). Гіпоцентр землетрусу локалізований на субвертикальному Городоцькому розломі, який у плані має ступінчасту структуру – західне крило розлому різко опущене, а східне стрімко, з перепадом висот до 1 км, підняте вгору. Крім того, ця зона ускладнена локальним субвертикальним розривним порушенням. Таким чином, тектонічна позиція вогнища цього землетрусу є такою – субвертикальний регіональний східчастий Городоцький розлом на глибині приблизно 6–7 км перетинається локальним субвертикальним розломом, до цього вузла

перетинання і приурочений гіпоцентр досліджуваного землетрусу.

Дослідження процесів утворення розривів у вогнищі Комарнівського землетрусу. З точки зору геомеханіки земної кори та вогнищевих зон, важливим є визначення розмірів розривів, швидкості розпорювання (поширення) накопиченого та скидного напруження, середнього зміщення по розриву. Для дослідження процесів утворення розривів у джерелі Комарнівського землетрусу 2007 р. було вивчено хвильові форми землетрусу на 13 сейсмічних станціях. В основу дослідження покладено експериментальну методику І.В. Горбунової [3], яка розроблена на підставі уявлень про довжину і напрямок руху розриву від вогнища землетрусу. Методика ґрунтується на даних щодо параметрів потужних землетрусів, розриви яких вийшли на земну поверхню. Суть методики полягає в інтерпретації азимутального розподілу часів запізнення τ максимальної фази у групі поздовжніх хвиль P_{\max} відносно першого вступу P -хвилі на конкретну станцію. В ідеалі епіцентр землетрусу має бути в центрі кола сейсмічних станцій, які зафіксували групу P -хвиль.

Вогнищеві параметри Комарнівського землетрусу. Всі сейсмограми землетрусу проінтерпретовані з єдиних позицій визначення часів вступу групи P -хвиль, визначено часи перших вступів P -хвиль та P_{\max} на кожній із станцій. Дані трьох словацьких станцій люб'язно надали нам словацькі сейсмологи. За цими даними за методикою І.В. Горбунової [3] побудовано азимутальний годограф $\tau = f(A_z)$ для різних щодо вогнища землетрусу азимутів (від 0° до 360°). Отриманий годограф $\tau = f(A_z)$ (рис. 2) має два максимуми, що свідчить про два напрямки поширення (розпорювання) розриву: $\tau_{\max} = 3,6$ с ($A_z = 120^\circ$) і $\tau_{\min} = 0,6$ с; $\tau_{\max} = 2,5$ с ($A_z = 260^\circ$) і $\tau_{\min} = 1,6$ с. За цими даними знайдено азимути поширення розривів: перший – $300 \pm 10^\circ$, другий – $80 \pm 10^\circ$. З урахуванням швидкості поширення P -хвиль на платформах ($V_p = 6,2$ км/с) у верхньому шарі земної кори ($H = 7$ км) визначено довжини розривів L ,

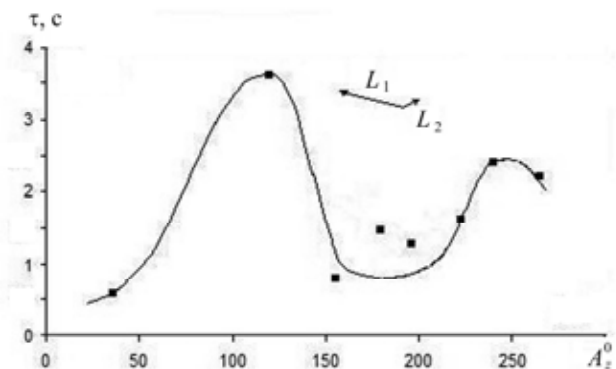


Рис. 2. Азимутальний годограф $\tau = f(A_z)$ і напрямки розривів у вогнищі Комарнівського землетрусу 10.11.2007 р.

Таблиця 1. Параметри розривів у джерелі Комарнівського землетрусу 2007 р.

K_D	M_D	A_{z1}°	L_1 , км	C_1 , км/с	T_1 , с	A_{z2}°	L_2 , км	L , км	C_2 , м/с	T , с	T_2 , с
7,7	2,3	300±10	9,3	4,43	2,1	80±10	2,8	3,7	1,36	0,94	2,1

Таблиця 2. Динамічні параметри Комарнівського землетрусу 2007 р.

K_p	$M_0 \cdot 10^{13}$, нм	f_0 , Гц	R_0 , км	$\Delta\sigma \cdot 10^{-5}$, Па	E_s , Дж	σ_r , кПа	$\sigma\eta^*$, кПа	$\varepsilon \cdot 10^{-6}$	$\Delta U \cdot 10^{-2}$, м
7,7	1,32	3,58	0,61	2,54	1,78	156	313	0,85	0,38

швидкість розпорювання C , а також час утворення розривів T за формулами

$$L = V_p \frac{t_{\max} - t_{\min}}{2}, \quad C = V \frac{t_{\max} - t_{\min}}{t_{\max} + t_{\min}}, \quad T = \frac{L}{C}.$$

Для порівняння за формулами із статті [3]

$$\lg L = 0,27M_w - 0,16, \quad \lg T = 0,28M_w - 0,78, \\ M_w = \frac{2}{3}(\lg M_0 - 16,1)$$

визначено кореляційні значення довжини і часу розпорювання розриву (табл 1).

Зіставлення даних розривів з тектонічною картою району (див. рис. 1) показало, що основний і більший за розміром розрив L_1 збігається у плані з напрямком Городоцького розлому, а другий, меншої довжини (L_2), має напрямок одного з векторів напружень у гірських породах земної кори у цьому районі (з південного заходу на північний схід).

Коротко проаналізуємо ці дані порівняно з аналогічними даними для землетрусів Кримського регіону [13]. Швидкість розпорювання розривів є незалежною від енергії характеристикою землетрусів, і її значення здебільшого наближене до швидкості поширення S -хвиль ($V_s = 3,58$ км/с) або трохи її перевищує. Так, для землетрусів Кримсько-Чорноморського регіону з $M \geq 3,4$ швидкість розпорювання розриву C становить 3,7–4,7 км/с, для Комарнівського землетрусу – 4,43 і 1,36 км/с, перше з яких добре узгоджується з даними щодо Криму. Швидкість розпорювання розриву меншої довжини L_2 у 2,5 раза менша за середню і втричі менша, ніж у розриву L_1 , очевидно, через те, що розрив меншої довжини відбувався впоперек до основного (Городоцького) розлому, де структури, що його оточують, перебувають у стані стиску в напрямку Карпатського орогена. Час розпорювання двох розривів $T = 2,1$ с, для землетрусів Криму – в середньому 2,5 с. Правда, довжини розривів у Криму більші за досліджувані в середньому вдвічі. Це може бути пов'язане з тим, що, за даними сейсмологів, довжина розриву сильно залежить від енергії землетрусу.

Магнітуда досліджуваного землетрусу $M = 2,3$ відрізняється на одну одиницю від середніх магнітуд землетрусів Кримського регіону ($M \geq 3,4$) [13], дані яких використано для порівняння.

У межах моделі Дж. Брюна [18] ми визначили основні динамічні характеристики досліджуваного землетрусу. Через певні особливості цифрових записів землетрусу, а відтак неможливість отримання каліброваних спектрів коливань сейсмічний момент M_0 і кутову частоту зрізу амплітудного спектра P -хвиль f_0 обчислено за кореляційними формулами для Карпатського регіону [13]: $\lg M_0 = 0,6K + 15,5$, $\lg f_0 = 0,1K - 1,2$. Розміри вогнища землетрусу визначено з урахуванням кутової частоти амплітудного спектра f_0 , а також того, що саме джерело за моделлю Дж. Брюна [18] сформовано коловою дислокацією з радіусом

$$R_0 = 0,35 \frac{V_p}{f_0}. \quad \text{За аналітичними формулами}$$

$$\Delta\sigma = \frac{7M_0}{16R_0^3}, \quad \varepsilon = \frac{\Delta\sigma}{\mu}, \quad \Delta U = \frac{M_0}{\mu}$$

розраховано скидне напруження $\Delta\sigma$, пружну деформацію зсуву ε , середнє зміщення по розриву ΔU . Уявне напруження $\sigma\eta^*$ і радіаційне тертя σ_r , визначено за формулами

$$\sigma\eta^* = \frac{\mu E_s}{M_0}, \quad \sigma_r = \sigma\eta^* - \frac{1}{2}\Delta\sigma,$$

а енергія джерела – за формулою Гутенберга–Ріхтера

$$\lg E_s = 11,8 + 1,5M.$$

Радіаційне тертя $\sigma_r > 0$ вказує на те, що розрив відбувався по гладкому, попередньо підготовленому геологічному матеріалу, що засвідчують геологічні дані профілю Рава-Руська–Семеринки [10]. Всі визначені параметри вогнища цього землетрусу наведено в табл. 2. Порівняння динамічних параметрів досліджуваного землетрусу ($M = 2,3$) і землетрусів аналогічної енергії Криму показало, що визначені динамічні характеристики їх добре корелюють між собою.

За даними Є. Г. Бугаєва [1] стосовно поділу сейсмічних джерел на жорсткі і м'яві (подібно до "вибухові" і "крипексні", за визначенням А. Прозорова), розглянутий землетрус досліджено на переважний тип сейсмічного випромінювання. Для цього припускаємо, що досліджуване сейсмічне вогнище перебуває у складному напруженому стані всебічного стиску, про що свідчать вектори напружень у гірських породах субрегіону [10]. За формулою $M_{\min \text{ кр.пл.всєб}} = 1,51gL_{\max} + 3$ і методикою [1], визначаємо мінімальну магнітуду крихкопластичного руйнування за всебічного стиску. Різниця dM між спостереженою магнітудою M і $M_{\min \text{ кр.пл.всєб}}$ диференціює сейсмічні джерела на жорсткі ($dM > 0$) і м'яві ($dM < 0$). Для досліджуваного землетрусу $dM = -2,15 < 0$, отже, вогнище його, за диференціацією [1], є м'явим, тобто розрив проходив без жорстких зачеплень по борту розлому, по гладкому, попередньо підготовленому розлому. На цей факт вказує і додатне значення радіаційного тертя σ_r (табл. 2). Механізми м'явих вогнищ, згідно з [9], імовірно, пов'язані з утворенням тріщин зсуву або відриву, і землетрус характеризується максимальним розміром вогнищевої зони за порівняно невеликого скидного напруження.

Подальше дослідження цього землетрусу – побудова механізму його вогнища, а також вивчення впливу тектонічних чинників на швидкість поширення сейсмічних хвиль від цього землетрусу у земній корі.

Висновки. Комарнівський землетрус 10.11.2007 р. відбувся на Городоцькому розломі, що свідчить про сучасну сейсмотектонічну активність розлому як зони контакту платформи і Передкарпатського прогину. В результаті визначення вогнищевих параметрів землетрусу отримано нові дані щодо оцінки кількісних характеристик геомеханічної складової геодинамічних процесів у регіоні, що важливо для проведення подальших наукових досліджень у сфері регіональної геотектоніки та уточнень рівня й характеру сейсмічної небезпеки розглянутої території.

1. Бугаєв Е.Г. О структурированной и рассеянной сейсмичности, жесткости очагов землетрясений и нелинейности графиков повторяемости магнитуд / Е.Г. Бугаєв // Геодинамика и тектонофизика. – 2011. – Т. 2. – С. 244–265.
2. Геренчук К.І. Природа Львівської області. / К.І. Геренчук. – Львів: Вид-во Львів. ун-ту, 1972. – 145 с.
3. Горбунова И.В. Определение протяженности очага и направление разрыва по волновой картине на сейсмограмме / И.В. Горбунова // Докл. АН СССР. – 1981. – Т. 261, № 3. – С. 836–839.
4. Гофштейн І.Д. Закарпаття – сейсмічно активна територія Карпатського регіону / І.Д. Гофштейн // Геологія і геохімія горючих копалин. – 1996. – № 3–4 (96–97). – С. 183–186.
5. Демедюк М. Результати досліджень горизонтальних деформацій земної кори на Карпатському геодинамічному полігоні / М. Демедюк, Ф. Заблоцький, В. Колгунов [та ін.] // Геодинаміка. – 1998. – № 1. – С. 3–13.
6. Дослідження сучасної геодинаміки Українських Карпат / Під ред. В.І. Старостенка – Київ: Наук. думка, 2005 – 256 с.
7. Евсеев С.В. Землетрясения Украины / С.В. Евсеев. – К.: Изд-во АН УССР, 1961. – 76 с.
8. Кендзера О. Сейсмічна небезпека Передкарпаття / О. Кендзера, Р. Пронишин, Я. Бень // Праці НТШ. – Львів, 1997. – Т. 1. – С. 104–113.
9. Кочарян Г.Г., Спивак А.А. Динамика деформирования блочных массивов горных пород / Г.Г. Кочарян, А.А. Спивак. – М.: ИКЦ "Академкнига", 2003. – 423 с.
10. Крупський Ю.З. Геодинамічні умови формування і нафтогазоносність Карпатського та Волино-Подільського регіонів України / Ю.З. Крупський. – К.: УкрДГРІ, 2001. – 144 с.
11. Назаревич Л.Є. Сейсмічність Олеської площі: екологічні аспекти / Л.Є. Назаревич // Геодинаміка. – 2013. – № 2 (15). – С. 250–252.
12. Полівцев А.В. Карта вертикальних голоценових рухів Волино-Поділля та Передкарпаття / А.В. Полівцев // Геодинаміка. – 2011. – № 1 (10). – С. 58–70.
13. Пустовитенко Б.Г. Спектральные и очаговые параметры землетрясений Крыма / Б.Г. Пустовитенко, Т.А. Пантелеева. – Киев: Наук. думка, 1990. – 252 с.
14. Сафронов О.Н. Геодинамически активные зоны и перспективы уточнения сейсмического районирования территории Украины / О.Н. Сафронов // Геодинаміка. – 2012. – № 1 (12). – С. 152–157.
15. Сейсмологический бюллетень Украины за 2007 год / Под ред. Б.Г. Пустовитенко. – Севастополь: НПЦ "ЕКОСИ-Гидрофизика", 2006. – 252 с.
16. Тектонічна карта Західного нафтогазоносного регіону України [Карті]. – К.: УкрДГРІ, 1994. – 1 к. (1 арк.).
17. Украинские Карпаты (геофизика, глубинные процессы) / [В.В. Гордиенко, И.В. Гордиенко, О.В. Завгородняя и др.] – Киев: Логос, 2011. – 129 с.
18. Brune I.V. Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes / I.V. Brune // Geophys. Res. – 1970. – V. 75, № 26. – P. 4997–5009.

ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ, ОЧАГОВЫЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ В г. КОМАРНО ЛЬВОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Л.Е. Назаревич

Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, пр. Палладина, 32, Киев 03680, Украина,
e-mail: nazarevych.l@gmail.com

Проанализировано землетрясение 10.11.2007 г. во Львовской области (г. Комарно) с магнитудой $M_D = 2,3$. Прослежена его связь с историческими землетрясениями на этой территории. Исследована локализация очага землетрясения в сопоставлении с тектоническими структурами субрегиона и особенностями его современной геодинамики. Определены очаговые и динамические параметры землетрясения.

Ключевые слова: Львовская область, землетрясение, тектоника, очаговые и динамические параметры.

TECTONIC POSITION AND FOCAL AND DYNAMIC PARAMETERS OF THE KOMARNE EARTHQUAKE IN LVIV REGION

L. Ye. Nazarevych

Institute of Geophysics of NAS of Ukraine, ave Palladin, 32, Kiev 03680, Ukraine, e-mail: nazarevych.l@gmail.com

Lviv region territory belongs to a 6-point seismic zone. It is the contact area of West and East European platforms. The purpose of the article is to study local earthquakes as an indicator of geodynamic activity of this area. Over a historical period (from 1000 AD), a number of earthquakes with the $I = 5-6$ have occurred here; for three of them (Shklo, 1670; V. Mosty, 1875; Komarne, 2007) localization of the sources was defined. The study gives a brief geological and tectonic characteristic of their focal zones. The authors traced the connection between these earthquakes and vertical Holocene movements of Volyno-Podolia and Precarpathians territory. The 10.11.2007 earthquake with a magnitude of $M_D = 2.3$ and epicenter in the village Komarne (Lviv region) was considered in detail, which indicates the recent activity of the territory. By a complex of geological and geophysical data, the authors analyzed the localization of this earthquake source in relation to tectonic structures of the subregion and to the features of its modern geodynamics. It was determined that the earthquake source is confined to the Gorodok fault. The features of the wave pattern of this earthquake were analyzed. By the azimuthal hodograph method, the authors determined the break propagation directions in this source, and found that the direction of the main break coincides in plan with the Gorodok fault. The study determines focal and dynamic parameters of this earthquake, which indicate the distribution of the break along the prearranged geological fault. Characteristics of the modern state of the seismotectonic activity of the Gorodok fault were given.

Keywords: Lviv region, earthquake, tectonic, focal and dynamic parameters.

References:

1. Bugaev E.G. *O strukturirovannoy i rassejanoy seismichnosti, zhestkosti ochagov zemletrjasenij i nelinejnosti grafikov povtorjaemosti magnitud* [On structured and diffuse seismicity, stiffness of earthquake foci, and nonlinearity of magnitude recurrence graphs]. *Geodinamika i tektonofizika* [Geodynamics and Tectonophysics], 2011, vol. 2, pp. 244-265.
2. Herenchuk K.I. *Pryroda L'vivs'koyi oblasti* [Nature of Lviv region]. Lviv, *Vyd-vo L'viv. univ.*, 1972, 145 p.
3. Gorbunova I.V. *Opreделение protjazhennosti ochaga i napravlenija razryva po volnovoju kartine na seismogramme* [Determination of length of focus and the direction of break by the wave form on the seismogram]. *Dokladu Akademii nauk SSSR* [Reports of the Academy of Sciences of the USSR], 1981, vol. 261, no. 3, pp. 836-839.
4. Hofshhteyn I.D. *Zakarpattya – seysmichno aktivna terytoriya Karpats'koho rehionu* [Transcarpathians – seismically active area of the Carpathian region]. *Heolohiya i heokhimiya horyuchykh kopalyn* [Geology and Geochemistry of Combustible Minerals], 1996, no. 3-4 (96-97), pp. 183-186.
5. Demedyuk M., Zablots'kyu F., Kolhunov V., Ostrovs'kyu A., Sidorov I., Tretyak K. *Rezultaty doslidzhen' horyzontal'nykh deformatsiy zemnoyi kory na Karpats'komu heodynamichnomu polihoni* [Results of studies of horizontal earth crust deformation in the Carpathian geodynamic polygon]. *Geodynamika* [Geodynamics (Ukraine)], 1998, no. 1, pp. 3-13.
6. *Doslidzhennya suchasnoyi heodynamiky Ukrayins'kykh Karpat. Pid red. V.I. Starostenka* [The study of modern geodynamics of Ukrainian Carpathians. By ed. of V. I. Starostenko]. Kyiv, *Naukova dumka*, 2005, 256 p.
7. Evseev S.V. *Zemletrjasenija Ukrainy* [Earthquakes of Ukraine]. Kyiv, *Izd-vo AN USSR*, 1961, 76 p.
8. Kendzera O., Pronyshyn R., Ben' Ya. *Seysmichna nebezpeka Peredkarpattya* [Seismic hazard of Pre-Carpathians]. Lviv, *Proceedings of Shevchenko Scientific Society*, 1997, vol. 1, pp. 104-113.
9. Kocharjan G.G., Spivak A.A. *Dinamika deformirovanija blochnykh massivov gornykh porod* [Dynamics of deformation of block rock massifs]. Moscow, *IKC "Akademkniga"*, 2000, 230 p.
10. Krups'kyu Yu.Z. *Heodynamichni umovy formuvannya i naftohazonosnist' Karpats'koho ta Volyno-Podil's'koho rehioniv Ukrainy* [Geodynamic conditions of formation and oil and gas content in the Carpathian and Volyno-Podillya regions of Ukraine]. Kyiv, *Ukrayins'kyu derzhavnyy heolohorozviduval'nyy instytut* [Kiev, Ukrainian State Geological Prospecting Institute], 2001, 144 p.

11. Nazarevych L.Ye. Seysmichnist' Oles'koyi ploshchi: ekolohichni aspekty [Seismicity of Olesky area: ecological aspects]. *Geodynamika* [Geodynamics (Ukraine)], 2013, no. 2 (15), pp. 250-252.
12. Polivtsev A.V. *Karta vertykal'nykh holotsenovykh rukhiv Volyno-Podillya ta Peredkarpattya* [The map of vertical holocene movements of Volyno-Podillya and Pre-Carpathians]. *Geodynamika* [Geodynamics (Ukraine)], 2011, no. 1 (10), pp. 58–70.
13. Pustovitenko B.G., Panteleeva T.A. *Spektral'nye i ochagovyye parametry zemletrjasenij Kryma* [Spectral and focal parameters of earthquakes of Crimea]. Kyiv, *Naukova dumka*, 1990, 252 p.
14. Safronov O.N. *Geodinamicheski aktivnye zony i perspektivy utochnenija seismicheskogo rajonirovanija territorii Ukrainy* [Geodynamic active zones and prospect of more precise seismic zoning of territory of Ukraine]. *Geodynamika* [Geodynamics (Ukraine)], 2012, no. 1 (12), pp. 152-157.
15. *Seismologicheskij bjulleten' Ukrainy za 2007 god. Pod red. B. G. Pustovitenko* [Seismological bulletin of Ukraine, 2007. By ed. of B.G. Pustovitenko]. Sevastopol: NPC "EKOSI-Gidrofizika" [RPC "EKOSI-Hydrophysics"], 2008, 252 p.
16. *Tektonichna karta Zakhidnoho naftohazonosnoho rehionu Ukrayiny [Karty]* [Tectonic map of Western oil and gas region of Ukraine]. Kyiv, *Ukrayins'kyy derzhavnyy heolohorozvidual'nyy instytut* [Ukrainian State Geological Prospecting Institute], 1994.
17. Gordienko V.V., Gordienko I.V., Zavgorodnjaja O.V., Kovachikova S., Logvinov I.M., Tarasov V.M., Usenko O.V. *Ukrainskie Karpaty (geofizika, glubinnye processy)* [Ukrainian Carpathians (geophysics, deep processes)]. Kyiv, *Logos*, 2011, 129 p.
18. Brune J.N. Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes. *Journal of Geophysical Research*, 1970, vol. 75, no 26, pp. 4997–5009.

*Надійшла до редакції 26.12.2013р.
Received 26/12/2013*