

# СЕЙСМІЧНІСТЬ ТА СЕЙСМІЧНА НЕБЕЗПЕКА КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ

**О. Кендзера , Р. Пронишин , Я. Бень , С. Вербицький**  
**(Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України)**

Карпатський регіон України включає в межах державних кордонів територію Карпатських гір, Передкарпатського та Закарпатського прогинів, а також частини прилеглої окраїни Східноєвропейської платформи. За границями України Карпатський регіон продовжується на території Польщі, Словаччини, Угорщини, Румунії та Молдавії. Він є частиною активного у сейсмічному відношенні Середземноморського поясу альпійської складчастості. Тут наявні елементи тектоніки, які в межах альпійського поясу часто пов'язуються із сейсмічною активністю. До них відносяться: крайові частини альпійських складчастих споруд; області концентрації молодих складчастих і розривних порушень; контактні (шовні) зони між альпійськими складчастими спорудами і їх передовими прогинами; ділянки з високими значеннями горизонтальних градієнтів швидкості новітніх вертикальних рухів; периферійні частини молодих накладених депресій; ділянки контрастного рельєфу, супроводжувані інтенсивними деформаціями поверхні вирівнювання та іншими геоморфологічними ознаками [1].

Перші відомості про землетруси в Карпатському регіоні зустрічаються в літописах починаючи з XI століття. В них описані лише ті землетруси, які мали на даній території руйнівний макросейсмічний ефект. Незважаючи на велику роботу, проведену вченими по реконструкції історичної сейсмічності на основі аналізу літописів, хронік та архівних матеріалів, на сьогоднішній день ми маємо порівняно мало даних про землетруси історичного періоду. Одна з причин цього полягає в особливостях місцевого будівництва. Житлові будинки, культові та оборонні споруди тут, в основному, будувались з дерева. Досить гнуці, вони без значних пошкоджень здатні переносити 7-8-ми бальні землетруси. Другою причиною - було те, що в історичному минулому територія регіону зазнала багато війн і територіальних переділів, при яких часто нишилися місцеві документи. Це та ряд інших факторів спричинили значну часову нерівномірність представлення сейсмічної інформації в регіоні. Кількість описаних

землетрусів і якість сейсмологічного матеріалу з бігом часу росла. З появою друкованих хронік і літописів в XVIII столітті, вчені почали звертати увагу і на землетруси з слабшим макросейсмічним ефектом. На цій основі були складені каталоги землетрусів та зроблені описи їх проявів.

В другій половині XIX століття у Європі з'явилися перші сейсмічні станції, здатні реєструвати сейсмічні події. Перша сейсмічна станція в Карпатському регіоні була організована у 1899 році Сейсмологічною комісією Австро-Угорської Академії наук у Львові на базі Астрономо-метеорологічної обсерваторії Львівської політехніки. Друга станція була організована у 1908 році на базі Чернівецького університету. Ще одна - була відкрита в 1934 році в місті Ужгороді, яке на той час належало Чехословаччині, на базі міської гімназії. Станції реєстрували сильні сейсмічні події, що відбувалися по всьому світі, але за своїми технічними можливостями не могли реєструвати слабі місцеві землетруси. Перші сейсмостанції працювали із значними перервами, що були викликані воєнними діями під час Першої та Другої світових воєн.

Епіцентрі місцевих землетрусів стало можливим визначати за інструментальними даними лише після створення мережі сейсмічних станцій: "Paxiv" - 1956 р., "Косів" - 1961 р., "Міжгір'я" - 1961 р. У 1978 році була організована сейсмостанція "Моршин", яка дозволила визначати інструментальні епіцентри землетрусів Передкарпаття. В останні роки в Закарпатті були органіовані сейсмічні станції "Нижнє Селище" (02.1978 р.), "Тросник" (04.1988 р.), а в Хмельницькій області - "Городок" (10.1991 р.). В 1992-1993 роках Карпатським відділенням ІГФ НАН України, з метою вивчення сейсмічної небезпеки Чернівецької області, було організовано сейсмічні станції "Хотин" та "Хрешчатик". Ці станції, а також сейсмічні станції "Чернівці" і "Тросник" першими на Україні були оснащені цифровою сейсмічною апаратурою.

Карпатська сейсмічна мережа на даний час обладнана достатньо високочутливою апаратурою, яка дає можливість, поряд з сильними віддаленими землетрусами, реєструвати також слабі сейсмічні

події, що відбуваються на території українського Закарпаття, Передкарпаття, Буковини та суміжних з ними територій.

При визначенні параметрів вогнищ землетрусів регіону, крім даних Карпатської мережі сейсмічних станцій Української Академії наук, використовувались дані сейсмічних мереж суміжних держав та міжнародних сейсмологічних центрів у Едінбурзі, Нюбері та Обнінську. Результати обробки матеріалів спостережень на мережах українських та зарубіжних сейсмічних станцій за 1955-1990 роки опубліковані у виданнях Академії наук України [18,19].

За порівняно короткий час існування Карпатської сейсмічної мережі на території регіону було зареєстровано більше землетрусів ніж за весь попередній історичний період. В.М. Белобородовим, відповідно до завдання Карпатської ДМСП, був виконаний аналіз енергетичного представництва та точності локалізації землетрусів Карпатською мережею сейсмічних станцій за різні періоди її існування. Було встановлено, що область надійної реєстрації землетрусів з енергетичним класом  $K=8$  охоплює практично всі сейсмоактивні райони Українських Карпат і прилеглих територій. Для більш ранніх періодів представницький клас був вищим.

Результатом вивчення сейсмічності Карпатського регіону є роботи українських та зарубіжних вчених сейсмологів, представлені у вигляді каталогів землетрусів, карт сейсмічності та описів макросейсмічних проявів сильних сейсмічних подій [2-21].

Згідно карти загального сейсмічного районування СР-78 [1], на території регіону виділено зони з сейсмічністю від 5 до 7 балів за шкалою MSK-64. Семибальна зона виділяється лише на території Закарпаття. Така оцінка нормативної бальності була одержана, в основному, за сейсмічними даними. Магнітудні оцінки  $M=5.5$  для максимально можливих землетрусів у Передкарпатті, які були отримані на основі геолого-геофізичних даних [1], при складанні карти СР-78 не були враховані. Хоча легко бачити, що в умовах Передкарпаття землетруси такої сили здатні викликати макросейсмічний ефект вищий ніж 6-ть балів.

Час, який минув після створення карти СР-78, показав, що використання одних лише сейсмологічних матеріалів при оцінці сейсмічної небезпеки територій може привести до значних помилок. Їх прикладами в останні десятиліття

стали землетруси на території Татарії, Вірменії та в районі Газлі, які за свою інтенсивністю суттєво перевишили бальність вказану на карті СР-78. Виникла необхідність переглянути карту загального сейсмічного районування з врахуванням нових методичних підходів та нових матеріалів, одержаних після її створення.

Нижче робиться спроба оцінити сейсмічну небезпеку регіону на основі сейсмостатистичних досліджень із залученням сучасних даних про місцеву сейсмічність та геотектоніку.

Небезпеку для споруд та населення регіону створюють як місцеві землетруси, так і сильні підкорові землетруси зони Вранча в Румунії. За період, для якого ми маємо історичні дані, найсильніший вплив на території Карпатського регіону України спричинили румунські землетруси, що відбулися у 1230, 1790, 1802, 1838, 1908, 1940 та 1977 роках, а також місцеві землетруси, які відбулися в: Кам'янці-Подільському - 1721; Тячеві - 1781, 1870; Сігеті - 1784; Пішколіті - 1834; Могилеві-Подільському - 1866; Довгому - 1872; Великих Мостах - 1875; Сваляві - 1908; Тересві - 1926; Анталовцях - 1936; Драгово - 1937; Берегове - 1965, 1977 та Углі - 1979 році.

Впливи близьких і віддалених землетрусів можуть істотно відрізнятися. У зв'язку з цим, доводиться використовувати децо відмінні підходи до вивчення сейсмічної небезпеки від місцевих землетрусів та землетрусів зони Вранча.

#### ВПЛИВ ЗЕМЛЕТРУСІВ ЗОНИ ВРАНЧА

Прогнозування максимальних впливів від землетрусів зони Вранча базується на сейсмостатистичних підходах. Їх суть зводиться до визначення можливої величини  $M_{max}$  та встановлення регіональних закономірностей розповсюдження сейсмічної інтенсивності. Для цього використовується аналіз уніфікованих каталогів та вивчення розподілу макросейсмічного ефекту при найсильніших землетrusах зони.

На даний час сейсмологами зібрано дані про сейсмічність зони Вранча за період з 1091 по 1993 роки. На їх основі сформовано машинний каталог землетрусів. Його аналіз показує, що вогнища підкорових землетрусів зони зосереджені у порівняно невеликій області, локалізований під горами Вранча. Геологічна ситуація в цьому районі найбільш повно описана А.В.Чекуновим [22].

Дослідженю питання про величину магнітуди максимально можливих для зони Вранча землетрусів -  $M_{max}$  присвячено ряд наукових робіт. Згідно публікацій [23-31] оцінка  $M_{max}$  для зони Вранча складає 7.4-7.8.

Мінімальну глибину максимальних підкорових землетрусів зони Вранча можна оцінити виходячи із геологічної будови середовища у вогнищевій зоні [22, 32-34], а також з графіку розподілу енергії землетрусів зони по глибині [35]. Спільній аналіз цих матеріалів дозволяє зробити висновок, що мінімальна глибина джерел максимально можливих підкорових землетрусів для зони складає приблизно 110-125 км.

Враховуючи важливість величини  $M_{max}$  при оцінці сейсмічної небезпеки, для її уточнення був проведений аналіз сучасних сейсмостатистичних даних. "Очищений" від форшоків та афтершоків каталог землетрусів зони аналізувався на стаціонарність потоку землетрусів різної величини в часі. Використовувався алгоритм, описаний в роботі [32]. Результати розрахунку показали, що потік землетрусів можна рахувати квазі-стационарним для подій з  $M \geq 6.8$  починаючи з XV століття. Побудований з врахуванням цього графік повторюваності землетрусів зображенено на рис. 1. З нього випливає, що раз в 100 років (імовірність  $P=0.01$ ) в зоні може реалізуватись землетрус з  $M = 7.2 \pm 0.1$ . Така оцінка, в межах точності визначення, співпадає із оцінками, відомими з літературних джерел.

Екстраполючи графік повторюваності в область низьких імовірностей, можна знайти, що при  $P=0.001$ , тобто один раз в 1000 років, в зоні може реалізуватись землетрус з  $M = 7.7 \pm 0.2$ . Ця оцінка, на наш погляд є дещо завищеною, так як при великих інтервалах часу на графіку повторюваності землетрусів повинен появлятися згин [36] пов'язаний з впливом реологічних властивостей геологічного середовища в зоні вогнища. Більш реальною оцінкою  $M_{max}$  для зони Вранча слід вважати оцінку  $M = 7.6 \pm 0.2$ , одержану на основі аналізу сейсмологічних та геолого-геофізичних даних [26, 31].

Для вивчення розподілу по території Карпатського регіону прогнозованого макросейсмічного ефекту при максимальних землетrusах зони Вранча, проводився аналіз реально спостережених макросейсмічних проявів і були встановлені регіональні закономірності формування макросейсмічного поля.

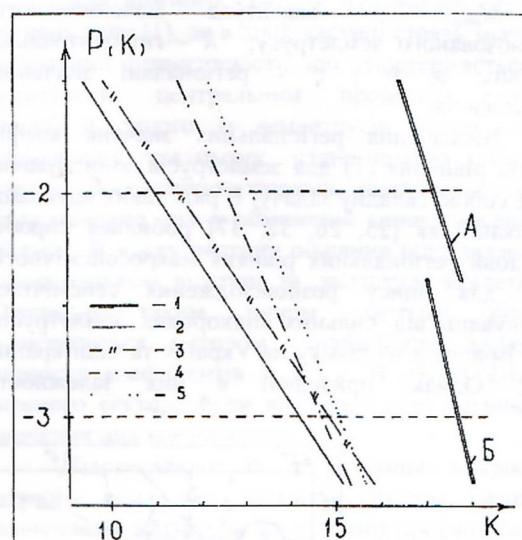


Рис. 1.

*Графіки повторюваності землетрусів для зони Вранча: 1,а - з  $M > 6.6$  за період з 1792 по 1992 роки; 1,б - з  $M > 6.8$  за період з 984 по 1986 роки - та для територій окремих зон Карпатського регіону України: 2 - окраїни Східноєвропейської платформи, 3 - Перед-карпатського прогину, 4 - Складчастих Карпат, 5 - Закарпатського прогину.*

Спосіб побудови схеми розподілу інтенсивності сейсмічного впливу на території Карпатського регіону України при максимальних прогнозованих землетrusах зони Вранча зводиться до наступного. Приймається, що для даної імовірності виникнення максимальний землетрус буде мати найближче до досліджуваної території положення в зоні. Такий землетрус іноді називають ефективним. Він буде характеризуватися наступними параметрами вогнища:  $H = 110 \pm 10$  км,  $M_{max} = 7.2 \pm 0.1$  при  $P = 0.01$  і  $H = 125 \pm 10$  км,  $M_{max} = 7.6 \pm 0.2$  при  $P = 0.001$ . Аналіз розподілу поля магнітуд землетрусів зони Вранча по поверхні землі дозволив визначити положення ефективного епіцентрю як  $\phi = (45.7 \pm 0.2)^\circ\text{N}$ ,  $\lambda = (26.4 \pm 0.3)^\circ\text{E}$ .

Максимальна розрахункова сейсмічна інтенсивність -  $I$  для заданої точки регіону визначається по цих даних з допомогою рівняння макросейсмічного поля

$$I = a \cdot M_{max} - v \cdot \lg(R) + c, \quad (1)$$

де  $M_{max}$  - магнітуда максимального прогнозованого землетрусу;  $R$  - гіпоцентральна відстань;  $a$ ,  $v$  і  $c$  - регіональні значення коефіцієнтів.

Визначення регіональних значень коефіцієнтів рівняння (1) для землетрусів зони Вранча являє собою складну задачу. В ряді таких наукових публікацій як [25, 26, 32, 37] робилися спроби побудови регіональних рівнянь макросейсмічного поля для опису розповсюдження сейсмічних струшувань від сильних підкорових землетрусів зони Вранча в напрямку на Україну та інші країни СНД. Однак, приведені в них залежності

приводить до завищених оцінок прогнозованої сейсмічної інтенсивності.

На основі зібраних, уточнених та уніфікованих макросейсмічних матеріалів була побудована зведенна схема ізосейст землетрусів зони Вранча для сектора Карпатського регіону, що включає досліджувану територію. Схема представлена на рис. 2. В ній не увійшли ізосейсти таких відомих землетрусів, як 6.04.1790 року та 4.03.1894 року, бо для них не вдалося встановити надійного положення ізосейст у досліджуваному секторі.

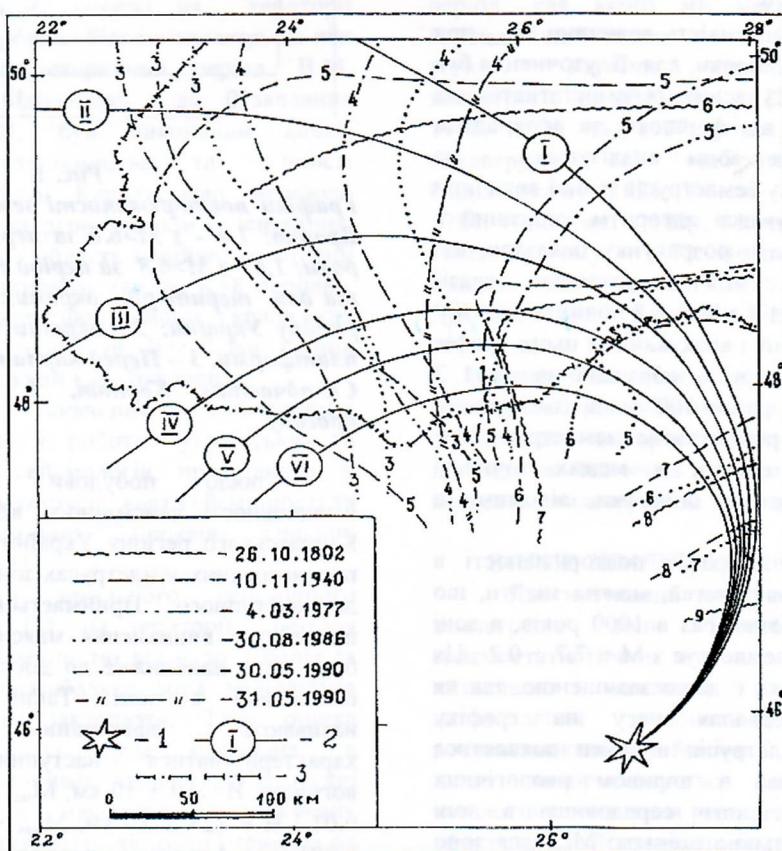


Рис. 2. Зведенна схема ізосейст землетрусів зони Вранча: 1 - зона Вранча, 2 - центральні промені секторів, 3 - державна границя України. Цифрами на ізосейстах вказана сейсмічна інтенсивність.

З рис. 2 видно, що на території Карпатського регіону України спостерігаються різке викривлення ізосейст, що свідчить про реально існуючу тут аномалію у поширенні макросейсмічного поля землетрусів зони Вранча. З

огляду на це, для визначення прогнозованої сейсмічної інтенсивності при максимальних землетrusах зона був використаний наступний підхід.

Досліджувана територія умовно розбивалася на 6 секторів. Сектори обмежені променями з вершинами у передбачуваному епіцентрі максимального для зони землетрусу. Секторам умовно присвоєні номери від 1 до 6. Цими номерами на рис. 2 позначені центральні для кожного із секторів промені. Промені являють собою кубічні сплайні, що мінімізують кут між дотичними до променів і нормалями до ізосейст

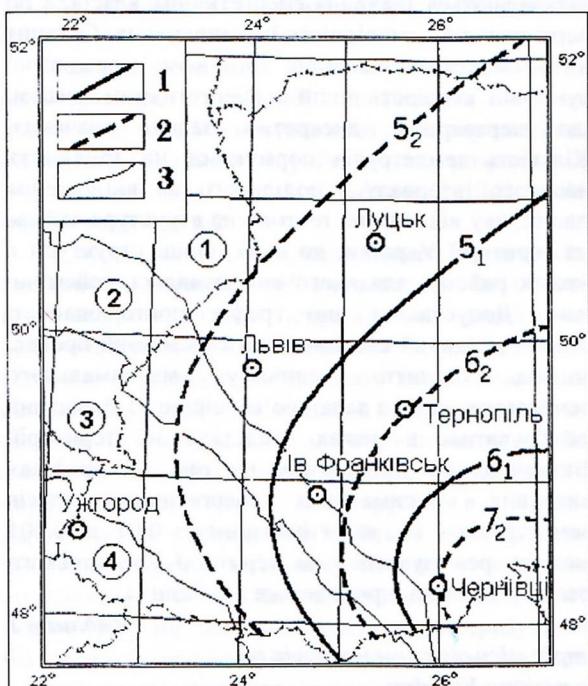


Рис. 3.

*Схема розподілу максимальної сейсмічної інтенсивності, очікуваної на території Карпатського регіону України при землетрусах зони Вранча: 1 - один раз в 100 років, 2 - один раз в 1000 років (цифрами на ізосейстах вказано сейсмічна інтенсивність по шкали МСК-64); 3 - граници геотектонічних зон (в кружках вказано номери згідно таблиці 1).*

усього комплексу землетрусів, представлених на рис. 2. Кожній із ізосейст при цьому приписується ваговий коефіцієнт пропорціональний степені надійності її проведення. Границі секторів лежать на однакових віддалях від сусідніх променів. Для кожного із них приймалося, що макросейсмічне поле при землетрусах зони Вранча з квазіоднорідним і міняється лише з віддаллю до епіцентра.

Для кожного сектору будувалася система рівнянь типу (1), де в лівій частині стоять значення сейсмічної інтенсивності, що спостерігається на пересіченні центральним променем сектора ізосейсти одного із землетрусів. Інтенсивність струшувань при цьому, згідно правил побудови карт макросейсмічних проявів, приймається на 0.5 бала меншою, ніж у обмежений даною ізосейстою області. В праву частину рівняння підставляються гіпоцентральна відстань та магнітуда землетрусу. Одержані таким чином системи рівнянь розв'язуються методом найменших квадратів відносно коефіцієнтів  $a$ ,  $v$  і  $c$ . В результаті, для кожного сектора були визначені свої регіональні значення цих коефіцієнтів.

Підставляючи їх у рівняння макросейсмічного поля для заданого сектора разом із значеннями магнітуди та глибини прогнозованого (з заданою імовірністю) в зоні Вранча землетрусу, і послідовно розраховуючи гіпоцентральні відстані вздовж променів до точки, яка з заданим інтервалом сканує поверхню аналізованого сектору, можна розрахувати для нього поле максимальної очікуваної сейсмічної інтенсивності. Зведені результати таких обчислень для всієї території регіону представлені на рис. 3 у вигляді карти ізосейст максимальної сейсмічної інтенсивності, очікуваної при землетрусах зони Вранча один раз в 100 та в 1000 років. Сейсмічна інтенсивність подана в балах шкали MSK-64.

#### ВПЛИВИ МІСЦЕВИХ ЗЕМЛЕТРУСІВ

Дані про місцеву сейсмічність зібрані сейсмологами за період з 1670 по 1993 роки. На їх основі сформовано машинні каталоги землетрусів, що увійшли в регіональну сейсмологічну базу. Сервісні програми бази дозволяють провадити автоматичний вибір землетрусів за потрібними ознаками та будувати карти розподілу їх епіцентрів. Аналіз таких карт показує, що сейсмічний процес на території регіону є нестадіонарним, якщо його розглядати за короткі проміжки часу. З уваги на це, було б неправильним вважати, що відомі землетруси повністю описують місцеву сейсмічність на території Карпатського регіону України. Для отримання надійної оцінки сейсмічної небезпеки необхідно залучити сейсмічну інформацію з обширнішого району. В даній роботі район збору сейсмічної інформації включає, крім території Карпатського регіону України, також суміжні області, на яких характерні для нього тектонічні структури

продовжуються по латералі. В розглядуваній район входить територія в межах 46-51 градуса північної широти та 20-30 градусів східної довготи.

Прогнозована в рамках континуальної моделі сейсмічності [38] небезпека території Карпатського регіону може бути виражена за допомогою сейсмостатистичної оцінки максимальної сейсмічної струшуваності, здатної реалізуватися один раз в 100 та в 1000 років.

Відзначимо, що імовірності виникнення землетрусів  $P=0.01$  та  $P=0.001$  при цьому відповідають індексам 1 та 2 на картах нормативної сейсмічної бальноті в діючих будівельних нормах і правилах [39]. Розрахунок сейсмічної бальноті виконувався з допомогою наступного підходу.

Досліджуваний район умовно розбивався на зони, що співпадають з тектонічними зонами на карті [40]. Для кожної із зон, на основі загального машинного каталогу, будувався каталог власних землетрусів. Вони "очищалися" від форшоків та афтершоків. Визначались часові та енергетичні інтервали, на яких потік землетрусів для кожної зони можна було наближено вважати стаціонарним. Розрахунки показали, що для території Східноєвропейської платформи потік землетрусів з  $K > 9$  стає квазістаціонарним починаючи з початку XIX-го століття, для

території Передкарпатського прогину - з початку ХХ-го. Для Складчастих Карпат та Закарпатського, прогину починаючи з 1960 року, представницьким є енергетичний клас  $K > 8$ .

Для вивчення параметрів сейсмічного режиму кожної зони будувались кумулятивні графіки повторюваності землетрусів на їх територіях. Результати розрахунків також приведені на рис. 1. По горизонтальній осі графіка відкладаються значення енергетичних класів, а по вертикальній - імовірність їх виникнення. Остання визначається як величина логарифму нормованої сумарної кількості подій з енергетичним класом, що перевершує дискретно задані значення. Кількість землетрусів нормується на тривалість часового інтервалу, поділеного на відношення площин, яку відповідна тектонічна структура займає на території України, до всієї площині структури в межах району, для якого аналізувались сейсмічні дані. Допускаючи, що графік повторюваності описує реальний стаціонарний сейсмічний процес, можна оцінити величину максимального землетрусу, який з заданою імовірністю  $P$  здатний реалізуватися в межах досліджуваної території. Визначені по приведених на рис. 1. графіках значення максимальних енергетичних класів землетрусів -  $K_m$ , які з імовірністю 0.01 та 0.001 можуть реалізуватися на території Карпатського регіону України, приводяться в таблиці 1.

Таблиця 1

*Сейсмостатистична оцінка параметрів місцевих землетрусів на території Карпатського регіону України*

№ п/п	Назва геотектонічних зон	Коефіцієнт $V_u$ рівняння (1), (2)	Глибина джерела землетру- сів в км	Сейсмостатистична оцінка			
				$P = 0.01$		$P = 0.001$	
				$K_{max}$	$I_o$	$K_{max}$	$I_o$
1	Окраїна Східноєвропейської платформи	3.4	8.0	10.8	5.5	14.3	6.9
			23.0				
2	Передкарпатський прогин	3.6	5.0	11.5	5.7	14.7	6.8
			25.0				
3	Складчасті Карпати	3.4	10.0	12.6	6.7	14.7	7.6
			17.0				
4	Закарпатський прогин	3.1	12.0	13.2	7.2	15.2	8.3
			18.0				

На основі аналізу існуючих макросейсмічних даних, для кожної тектонічної зони були визначені регіональні значення коефіцієнту загасання інтенсивності сейсмічних струшувань -  $v$  на шляху "джерело-епіцентр" для рівняння макросейсмічного поля. Для цього будувались системи рівнянь:

$$I_o = a \cdot M - v \cdot \lg(H) + c \quad (2)$$
 що відповідають землетрусам з відомими параметрами:  $M$  - магнітудою,  $I_o$  - інтенсивністю в епіцентрі та  $H$  - глибиною джерела.

Для випадків, коли розміри джерела є близькими до його глибини, що часто трапляється у Передкарпатському прогині, використовувалась

форма рівняння макросейсмічного поля запропонована Н.В.Шебаліним [41]:

$$I_a = a \cdot (M - I_1) - v \cdot \lg(H \cdot 0.1 \cdot 10^{0.3M}) + c \quad (3)$$

Значення коефіцієнтів  $a = 1.5$  та  $c = 2.9$  в рівняннях (2) і (3) були визначені на основі аналізу карт ізосейст місцевих землетрусів [3, 18, 19, 42]. Результати розрахунків опубліковані в [43,44]. Дисперсія значень коефіцієнтів досягає 0.3.

Одержані системи рівнянь типу (2) і (3) розв'язувались відносно коефіцієнта  $v$  за допомогою методу сингулярного розкладу матриць Г.Голуба і С.Райнша [45]. Результати розрахунків для окремих зон подані в Таблиці 1. Дисперсія оцінок  $v$  досягає 0.2.

Мінімальні для максимальних землетрусів глибини їх вогнищ -  $H$  оцінювались на основі комплексного аналізу існуючих на даний час сейсмологічних та геотектонічних даних. Значення глибини  $H$  відносяться до двох типів можливих сейсмічних подій: пов'язаних з приповерхневими шарами і тих, що пов'язані з руйнуванням, або взаємним проковзуванням крупних блоків земної кори. Перший тип землетрусів в Передкарпатському прогині пов'язується із присутнім тут потужним метаморфізованим осадовим комплексом, а на окраїні платформи з "гранітним" шаром. Другий тип землетрусів характеризується більшими значеннями магнітуд та глибин вогнищ. Очевидно, що землетруси першого типу будуть відбуватись значно частіше, ніж другого, тому для розрахунку максимальної інтенсивності землетрусів з  $P=0.01$  будуть використовуватись параметри першого типу, а для  $P=0.001$  - другого типу. При оцінці величини  $H$  приймалось допущення [41], що центр випромінювання сейсмічної енергії при землетрусі знаходиться приблизно на 2/3 глибини тієї частини геологічного середовища, суцільність якого буде порушена. Для випадків взаємного проковзування тектонічних складок в Передкарпатському прогині, глибина землетрусу визначалась середньою потужністю верхньої складки. Одержані таким чином експертні оцінки глибини можливих максимальних землетрусів приводяться в Таблиці 1. Ці значення, разом з значеннями  $K_m$  та регіональними значеннями коефіцієнтів підставлялись в рівняння макросейсмічного поля. При глибині землетрусів  $H > 6$  км використовувалась стандартна формула (2), а при

меншій глибині джерела - формула для більшої зони (3). Приймалося, що зв'язок між магнітудою і енергетичним класом описується співвідношенням

$$K = 1.8 * M + 4 \quad (4)$$

Визначені таким чином значення максимальної інтенсивності місцевих землетрусів, очікуваної один раз в 100 та в 1000 років, приводяться в Таблиці 1.

Відзначимо, що в макросейсмічній шкалі MSK-64 дробових значень сейсмічної бальності нема, однак в Таблиці 1 вони використовуються для ілюстрації міри близькості розрахованої оцінки до найближчого цілого числа балів.

## ВИСНОВКИ

Сейсмостатистичний аналіз показав, що існуюча карта сейсмічного районування СР-78 на даному етапі не зовсім вірно відображає реальну сейсмічну небезпеку Карпатського регіону України. З однієї сторони, вона на деяких ділянках території завищує сейсмічну небезпеку, коли мова йде про проектування та будівництво об'єктів, для яких достатньо враховувати імовірність виникнення землетрусів, що не перевищує 0.01. А з другої сторони - не враховує реально існуючу небезпеку для важливих та екологічно небезпечних об'єктів, для яких необхідно брати до уваги більш високу імовірність виникнення землетрусів. Представлені в роботі схеми прогнозованої сейсмічної інтенсивності можуть скласти сейсмологічну основу для побудови нової врізки карти загального сейсмічного районування території регіону. Така карта повинна бути доповнена інформацією, про сейсмічну небезпеку з боку максимальних землетрусів, що можуть відбутись в зонах, виявлених на території регіону та поблизу його границь при проведенні робіт з детального сейсмічного районування.

## Література

Сейсмическое районирование территории СССР. Методические основы и региональное описание карты 1978 г. //Отв. ред. В.И.Бунэ, Г.П.Горшков - М.: Наука, 1980. - 308 с.

- Евсеев С.В. Землетрясения Украины. - Киев: Изд-во АН УССР, 1961. - 76 с.
- Евсеев С.В. Интенсивность землетрясений Украины. //Сейсмичность Украины.- Киев: Наукова думка, 1969. - С.32-55.

3. Мушкетов И.В., Орлов А.Н. Каталог землетрясений Российской империи. - Записки Рус.Геогр.об-ва, т.26. - СПб. 1893. - 582 с.
4. Constantinescu L., Marza V.I. A computer-compiled and computer-oriented catalogue of Romanian's earthquakes during a milenium (984-1979).- Rev. Roum. Geol., Geophys. et Geogr.-Geophys., V.24, 2, Bucarest, 1980. - P.193-234.
5. Zsiros T., Monus P., Toth L. Hungarian earthquake catalog (456-1986).- Budapest, 1988. - 182 p.
6. Karnik V., Michal, Molnar. Erdbebenkatalog der Tschechoslowakei bis zum Jahre 1956. - Geofysikalni sbornic, 1957. - P.411-595.
7. Karnik V. Seismicity of the European Area. Part 1.- Praha: Academia, 1968.- 364 p.
8. Karnik V. Seismicity of the European Area. Part 2.- Praha: Academia, 1971.- 218 p.
9. Kreutz F. Rzecz o trzesieniu ziemi oraz opis trzesienia ziemi w Galicji Wschodniej 1875 r. - Kosmos, T.1, 1876. - P.1-12,54-75.
10. Laska V. Die Erdbeben Polens. Mitteilungen der Erdbeben-Kommission d.K.A. der Wissenschaften in Wien. - N.Folge VII. Wien, 1902.
11. Lisk X. Ulryk Werdum i Dziennik podrózy jego po Polsce w latach 1670-1672. //Przewodnik naukowy i literacki, Lwow, 1876. - 419 p.
12. Olczak T. Seismicznosc Polski w okresie 1901-1950. - Acta Geophysica Polonica, 10, 1, Warszawa, 1962.
13. Rethly A. A Karpatmedencek Foldrengesci 445-1918.- Budapest: Acad. Kiado, 1952. - 510 p.
14. Zatopek A. Zemetresna pozorovani na Slovensku a byv. Podkarpatske Rusi 1923-1938 //Publikace Geofysicalniho Ustavu v Praze. Spec.Prace c.2. - Praha, 1940. - 150 p.
15. Prochazcova D., Dudek A. Some parameters of earthquakes originated in Central and Eastern Europe. Travaux inst. Geophys. Acad. Tchechoslovakia Sciences, N:538. - Geophysikalni sbornik. 1980. - Praga: Academia, 1982. - 40 p.
16. Бунэ В.И., Броучек И., Сейдович Д., Медведева Н.С.. Полякова Т.П. Каталог землетрясений с  $M>4.8$  Западных Карпат и сопредельных территорий. //Комплексная оценка сейсмической опасности. М.: Наука, 1991.- С.87-96.
17. Каталог Карпатських землетрусів. N:1-15(4-18) за 1955-1969 роки. - Київ: Наукова думка. 1958-1975.
18. Сейсмологический бюллетень ЗТЗ ЕССР СССР. Крым-Карпаты за 1970-1994 гг. - Киев: Наукова думка, 1980-1996.
19. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. /Отв.ред. Н.В.Кондорская, Н.В.Шебалин - М.: Наука, 1977. - 535 с.
20. New Catalog of strong earthquakes in the USSR from ancient times through 1977. /Editors in Chief Prof.N.V.Kondorskaya and N.V.Shebalin - Academy of Sciences of USSR. Boulder,USA,1982. - 608 p.
21. Чекунов А.В. Сейсмоактивний район Вранча - тектонічний аспект. - Доп. АН УРСР, сер. Б, N 5, 1986. - С. 21-26.
22. Сейсмическое районирование территории СССР. Методические основы и региональное описание карты 1978 г. //Отв. ред. В.И.Бунэ, Г.П.Горшков - М.: Наука, 1980. - 308 с.
23. Сейсмическая сотрясаемость территории СССР. /Под ред. Ю.В.Ризниченко - М.: Наука, 1970. - 192 с .
24. Constantinescu L., Enescu D. Cutremurele din Vrancea in cadre stiintific si tehnologic. - Bucuresti: Editura Academici Republicii Socialiste Romania, 1985. - 230 p.
25. Ризниченко Ю.В., Друмя А.В., Степаненко Н.Я., Симонова Н.А. Сейсмичность и сейсмическая опасность Карпатского региона //Карпатское землетрясение 4 марта 1977 г. и его последствия. - М.: Наука, 1980. - С.46-85.
26. Ризниченко Ю.В., Друмя А.В., Степаненко Н.Я. Сейсмичность и сотрясаемость Карпато-Балканского региона. - Кишинев: Штиинца, 1976. - 117 с.
27. Cutremurul de pamint din Romania la 4 Martie 1977. - Bucuresti, 1982. - 637 p.
28. Shebalin N.V. et all. Earthquakes origin zones and distribution of maximum expected seismic intensity for the Balcan region //Proc. of the Seminar on Seismic Zoning Maps. V.2. - Scopje: UNESCO, 1976. - P.67-171.
29. Борисов Б.А., Рейнер Г.И. Сейсмотектонимеский прогноз максимальной магнитуды землетрясений Карпатского региона.- Изв. АН СССР. Физика Земли, N.5, 1976. - С.21-31.
30. Друмя А.В., Степаненко Н.Я. Карта максимальных возможных землетрясений сейсмического района Вранча. - Изв. АН СССР. Физика Земли, N:10, 1972. - С.77-78.
31. Карпатское землетрясение 1986 г. /Под ред. А.В.Друмя, Н.В.Шебалина, Н.Н.Складнева, С.С.Графова, В.И.Ойзермана.- Кишинев: Штиинца, 1990. - 334 с.

32. Соллогуб В.Б. и др. Строение литосферы вдоль геотраверса V на основании комплексных геолого-геофизических данных. - Геофиз. журнал, N.4, 1985. - С.3-18.
33. Щукин Ю.К., Добрев Т.Д. Глубинное геологическое строение, геодинамика и геофизические поля очаговой зоны Вранча //Карпатское землетрясение 4 марта 1977 г. и его последствия. - М.: Наука, 1980. - С.7-40.
34. Сагалова Е.А. Характер сейсмического процесса в период подготовки Карпатского землетрясения 4.03.1977 г. //Карпатское землетрясение 4 марта 1977 г. и его последствия. - М.: Наука, 1980. - С.135-145.
35. Кузнецова К.И. Особенности графика повторяемости землетрясений и поведение горных масс //Региональные исследования сейсмического режима. - Кишинев: Штиинца, 1974. - С.100-108.
36. Друмя А.В., Шебалин Н.В. Землетрясение: где, когда, почему. - Кишинев: Штиинца, 1985. - 196 с.
37. Ризниченко Ю.В. Избранные труды. Проблемы сейсмологии. - М.: Наука, 1981. - 409 с.
38. Строительные нормы и правила. СНиП II-7-81. Строительство в сейсмических районах. - М.: Госстрой СССР, 1982. - 49 с.
39. Тектоническая карта УССР и МССР. Масштаб 1:500000 /Глав.ред. В.В.Глушко. - М.: ГУГК, 1988. - 20 листов.
40. Шебалин Н.В. О предельной магнитуде и предельной балльности землетрясения. - Изв. АН СССР. Физика Земли. N.6, 1971. - С.12-20.
41. Костюк О.П., Руденская И.М., Москаленко Т.П., Пронишн Р.С. Сейсмичность Карпат //Сейсмологический бюллетень западной зоны ЕССН СССР за 1988 год. - Киев: Наукова думка, 1991. - С.127-137.
42. Пронишн Р.С., Кендзера А.В., Бень Я.А. Сейсмическая активность Предкарпатья //Сейсмологический бюллетень сейсмических станций "Минск", "Гомель" и "Нарочь" за 1986 г. - Минск: ИГиГ АН БССР, 1989. - С.125-141.
43. Кендзера А.В., Пронишн Р.С. Бень Я.А., Стародуб Г.Р. Сейсмическая опасность города Черновцы. //Сейсмологический бюллетень Белорусской сети сейсмических станций. - Минск: Изд. ИГиГ АН Белоруссии, 1992. С.151-168.
44. Golub G.H., Reinsch C. Singular value decomposition and least squares solution, in L.H. Wilkinson and C.Reinsch (eds.), Handbook for automatic computation, vol.II: Linear algebra. - Heidelberg: Springer, 1971.- 250 p.

A. Kendzera, R. Pronishin, Y. Ben, S. Verbitsky  
**SEISMICITY AND SEISMIC HAZARD OF THE CARPATHIAN REGION OF UKRAINE**  
Summary

Seismic hazard problems in the Carpathian region of Ukraine are considered. By analysis of seismological and structure-geological data estimates of maximum seismic shakeability are obtained. It is shown that an earthquakes with intensity by I = 7 may be occur with the probability of 0.001 on the territory of Ukrainian part of the Eastern-European platform's edge and Forecarpathian depression, and with intensity by I = 8 - in Transcarpathian region and near by Carpathian mountains. These estimates should be taken into account in designing works of important and ecological dangerous constructions in the Carpathian region.

О. Кендзера, Р. Пронышин, Я. Бень, С. Вербицкий  
**СЕЙСМИЧНОСТЬ И СЕЙСМИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ КАРПАТСКОГО РЕГИОНА УКРАИНЫ**  
Резюме

Рассмотрена проблема сейсмической опасности Карпатского региона Украины. На основе анализа сейсмологических и структурно-геологических данных получены оценки максимальной прогнозированной сейсмической сотрясаемости. Показано, что на территории украинской части окраины Восточноевропейской платформы и Предкарпатского прогиба с вероятностью 0.001 могут реализоваться землетрясения с интенсивностью близкой к 7 балам, а на территории Закарпатского прогиба и прилегающей к нему части Складчатых Карпат - 8 балльные. Эти оценки следует учитывать при проектировании важных и экологически опасных промышленных объектов на территории региона.