

Ю. О. Гордієнко, О. І. Солонець, В. А. Кирилюк, Р. А. Андрощук

## ОСОБЛИВОСТІ АКТИВІЗАЦІЇ СЕЙСМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СЕЙСМОНЕБЕЗПЕЧНОГО РАЙОНУ ВРАНЧА

У статті проведено аналіз процесів сейсмічності сейсмонебезпечного району Вранча за результатами обробки вимірювальних даних системи сейсмічного групування Головного центру спеціального контролю (ГЦСК) для асейсмічного періоду та при активізації процесів підготовки землетрусу. Визначені особливості можуть бути покладені в основу прогностичних спостережень, які виконуються ГЦСК у межах функціонування Національної системи сейсмічних спостережень України.

**Постановка проблеми.** Землетруси в різних районах земної кулі виникають постійно, призводячи до великих матеріальних збитків та до численних жертв. Крім того, з кожним роком зростає антропогенна сейсмічна небезпека, пов'язана з освоєнням сейсмоактивних територій та впливом людини на літосферу Землі в результаті будівництва гідротехнічних споруд, добування корисних копалин та ін. Існують також фактори вторинної небезпеки, які відносяться до техногенного ризику. На сейсмонебезпечних територіях знаходяться об'єкти, що являють собою додаткову небезпеку для населення у випадку сильних землетрусів: атомні електростанції, сховища пального, лінії електропередач, газопроводи та ін. Саме тому докладаються великі зусилля у вивченні природи землетрусів та їх прогнозу.

Проблема сейсмічного моніторингу не менш актуальна і для України. Аналіз особливостей сейсмічності території нашої країни та суміжних держав вказує на наявність трьох найбільш небезпечних сейсмоактивних районів (СНР) [1, 2] – гори Вранча, Кримсько-Чорномоська зона та Закарпаття (рис. 1).

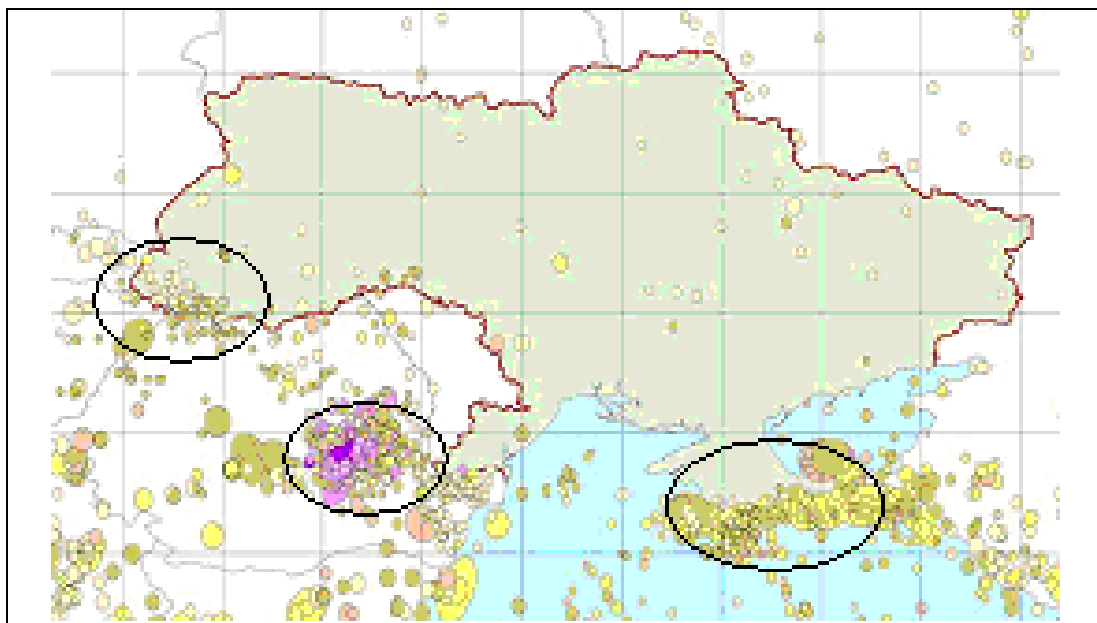


Рис. 1. Епіцентри землетрусів на території України та суміжних держав (1980 – 2008 рр.)

Землетруси Кримської сейсмічної зони та Закарпаття можуть обумовлювати високу інтенсивність струсу в епіцентрі, але їх невелика глибина приводить до високого затухання сейсмічної енергії при збільшенні відстані від джерела. Подібна залежність спостерігається також для платформних землетрусів, які характеризуються локальною високою сейсмічністю в обмеженому просторі.

Аналіз результатів оцінювання інтенсивності землетрусів сейсмонебезпечних районів ближньої зони свідчить про те, що найбільшу небезпеку несуть глибокофокусні землетруси, які відбуваються в зоні гори Вранча (румунська частина Карпат), осередки котрих розташовані у верхній мантії на глибинах понад 70 км. Найсильніші з них відчутні в усіх населених пунктах України, тому завдання викриття ознак підготовки майбутнього землетрусу з осередками у цій зоні та своєчасне оповіщення користувачів є **актуальними**.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** З метою підвищення безпеки проживання, експлуатації виробничих фондів у сейсмонебезпечних регіонах країни та координації діяльності органів виконавчої влади щодо забезпечення захисту населення, об'єктів і територій від впливу землетрусів, постановою Кабінету Міністрів України від 11 вересня 1995 року № 728 була утворена Національна система сейсмічних спостережень та підвищення безпеки проживання населення у сейсмонебезпечних регіонах (НССС). До НССС входить Національне космічне агентство України (НКАУ), у складі якого завдання, пов'язані з контролем геофізичної обстановки на земній кулі, виконує ГЦСК. Одним з його головних завдань у межах функціонування НССС, є викриття ознак підготовки землетрусів, визначення їх місця, часу і параметрів та оперативне забезпечення Урядової інформаційно-аналітичної системи з питань надзвичайних ситуацій (УІАС НС) інформацією про землетруси та їх можливі наслідки.

Одним з основних інформаційних сегментів мережі сейсмічних спостережень ГЦСК є система сейсмічного групування (ССГ). ССГ має такі переваги порівняно з поодиноким сейсмоприймачем або трикомпонентною сейсмічною станцією: по-перше, за рахунок складання інформації за напрямом на виході ССГ можна досягти значного збільшення відношення сигнал/перешкода при реєстрації слабких сигналів [3]; по-друге, ССГ має високі характеристики спрямованості [4].

Використання властивостей характеристик вибіркості ССГ дозволяє виділяти на земній поверхні ті райони, з яких група забезпечує найкращі умови прийому сейсмічного сигналу. У роботах [4–6] розглянуто можливості дистанційного моніторингу сейсмонебезпечних районів засобами ССГ. Однак на даний час відсутні методологічні підходи щодо викриття ознак підготовки землетрусу в підконтрольному районі за результатами дистанційного моніторингу.

**Метою** даної роботи є визначення особливостей режимів сейсмічності сейсмонебезпечного району Вранча за результатами сейсмічних спостережень.

**Виклад основного матеріалу.** Для виявлення змін сейсмічних режимів сейсмонебезпечних районів ближньої зони, у тому числі й зони Вранча, запропоновано реалізацію їх безперервного моніторингу засобами ССГ [6].

Як апарат аналізу даних на виході ССГ пропонується використовувати апарат фрактальної розмірності [7].

Для аналізу хвильових форм рекомендується застосовувати метод нормованого розмаху (Херста), для якого послідовність вимірювальних даних характеризується показником Херста –  $H$ , що визначається зі співвідношення

$$R/\sigma = (N/2)^H, \quad (1)$$

де  $\sigma$  – середньоквадратичне відхилення досліджуваного хвильового фрагмента;

$R = \max_{t \in [1, N]} X(t, N) - \min_{t \in [1, N]} X(t, N)$  – розмах зміни  $X(t)$ ,  $X(t)$  – накопичення відхилення  $x(t)$  від  $\langle x \rangle$  середнього;

$$\langle x \rangle = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N x(t) - \text{середня зміна за період } N,$$

$x(t)$  – часовий ряд.

У свою чергу, хвильовий фрагмент є кривою фрактальної розмірності:

$$D = 2 - H. \quad (2)$$

На рис. 2 наведено послідовність виявлення сигналів за результатами аналізу вимірювальних даних на виході ССГ, перераховану для СНР Вранча за період 24 – 27 вересня 2004 року. Стрілкою відмічено землетрус, який відбувся о 12:16:20 за київським часом 27 вересня 2004 року з магнітудою  $M = 5,2$ .

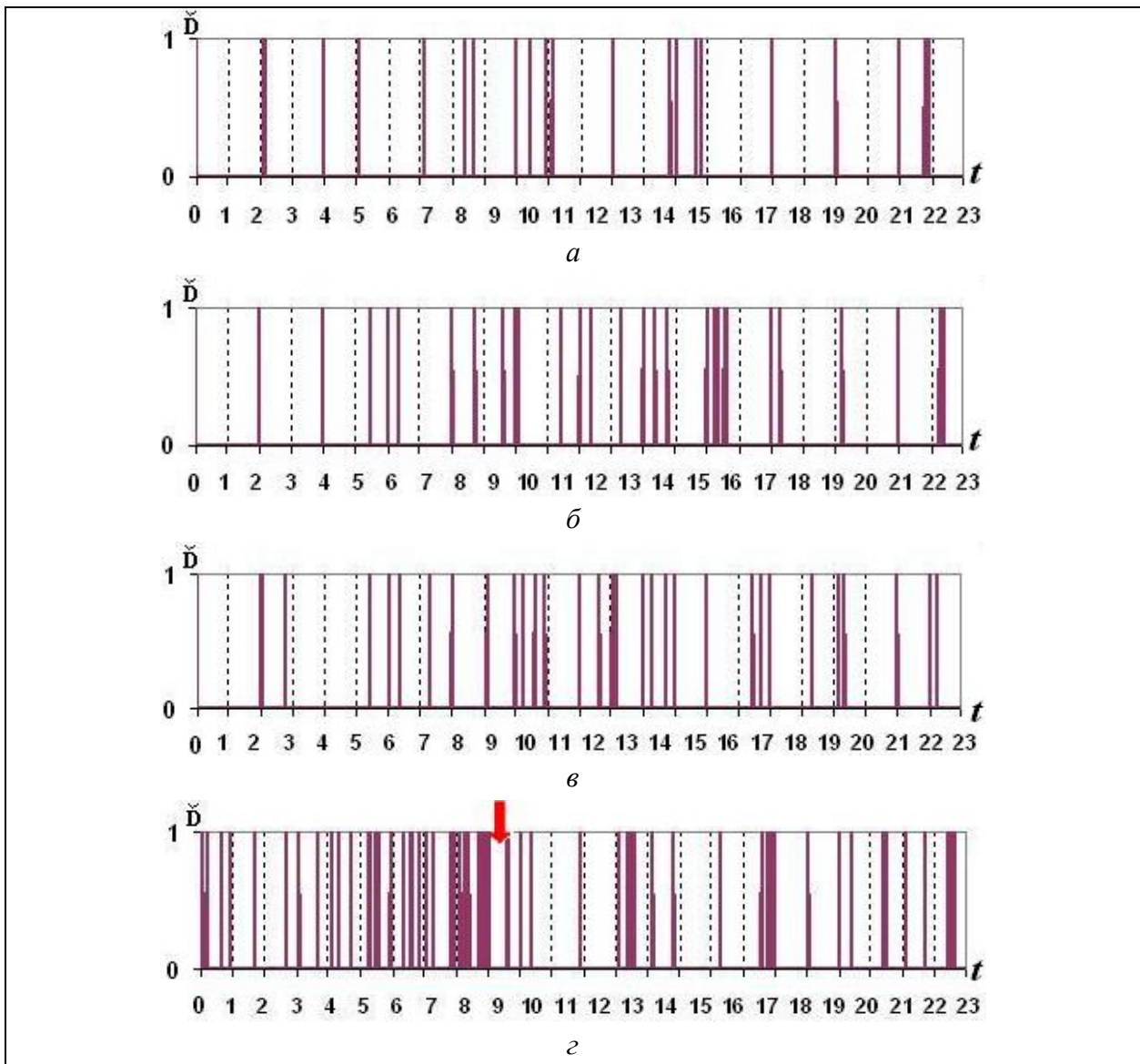


Рис. 2. Послідовність сейсмічних сигналів з СНР Вранча:  
 а – 24.11.2004; б – 25.11.2004; в – 26.11.2004; з – 27.11.2004

Викриття сигналів з підконтрольного СНР реалізовано шляхом порівняння розрахованого значення розмірності з порогом

$$\check{D}_i = \begin{cases} 1, D_i \leq h \\ 0, D_i > h \end{cases} \quad (3)$$

де  $\check{D}$  – оцінка наявності сигналу;

$D$  – розраховане значення розмірності для вибірки, що аналізується;

$h$  – значення порогу.

Для подальшого аналізу сейсмічності підконтрольного району пропонується перейти до кумулятивної сейсмічності, яка визначається як кількість сейсмічних сигналів з певного району земної кулі за одиницю часу:

$$\Theta = \sum_{i=1}^N \check{D}_i, \quad (4)$$

де  $\Theta$  – кумулятивна сейсмічність заданого району.

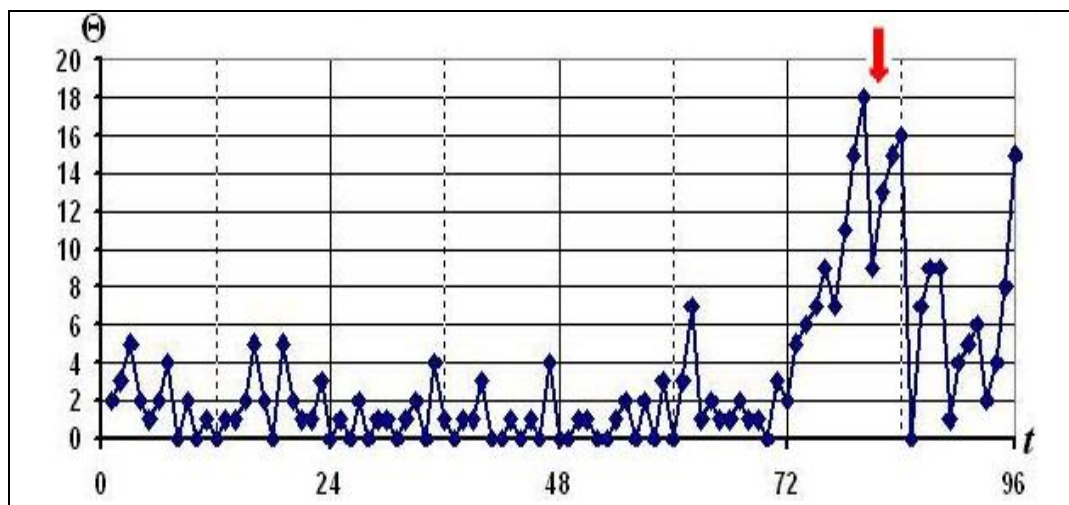
Кількість відліків, для яких проводилась оцінка  $\check{D}$ , можна визначити з виразу

$$N = \frac{T}{\tau}, \quad (5)$$

де  $T$  – тривалість вибірки, для якої розраховується  $\Theta$ ;

$\tau$  – тривалість ділянки вибірки, для якої оцінювалось  $\check{D}$ .

На рис. 3 наведено значення кумулятивної сейсмічності для СНР Вранча за період 24 – 27 вересня 2004 року.



*Рис. 3. Кумулятивна сейсмічність для СНР Вранча за період 24 – 27 вересня 2004 року*

Аналіз варіацій кумулятивної сейсмічності показує, що для СНР Вранча гістограма розподілу випадкової величини кумулятивної сейсмічності (рис. 4, ряд 1) для асейсмічного періоду (24 – 26 вересня 2004 р.) відповідає пуасонівському закону розподілу випадкової величини з параметром  $\alpha = 1.25 - 1.31$ , що підтверджено критерієм  $\chi^2$  Пірсона [8].

При активізації процесів підготовки землетрусу у підконтрольному СНР (з 0:00 до 9:00 27 вересня 2004 р.) розподіл випадкової величини кумулятивної сейсмічності відповідає пуасонівському закону розподілу випадкової величини з параметром  $\alpha = 8.7 - 9.4$  (рис. 4, ряд 2).

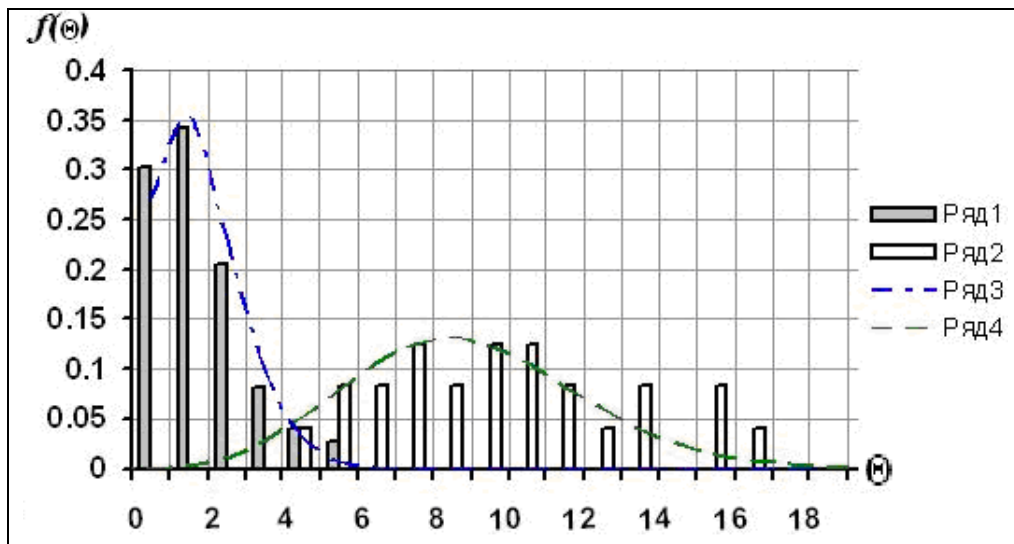


Рис. 4. Гістограма розподілу та щільність розподілу випадкової величини  $\Theta$  для асейсмічного періоду (ряд 1, 3) та для періоду активізації процесу підготовки землетрусу (ряд 2, 4)

**Висновки.** Визначені закони розподілу кумулятивної сейсмічності для асейсмічного періоду та при підготовці землетрусу можуть бути покладені в основу прогностичних спостережень, які виконуються ГЦСК у межах функціонування Національної системи сейсмічних спостережень України, для оперативного забезпечення Урядової інформаційно-аналітичної системи з питань надзвичайних ситуацій інформацією про майбутній землетрус з осередком у сейсмонебезпечному районі.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Евсеев С. В. Землетрясения Украины / С. В. Евсеев. – К. : АН УССР, 1961. – 75 с.
2. Харитонов О. М. Сейсмичность территории Украины / О. М. Харитонов // Геофизический журнал. – К. – 1996. – № 1. – Т. 18. – С. 3 – 15.
3. Пастушенко Н. С. Направленные свойства сейсмической группы как аналога решетки пассивных приемников / Н. С. Пастушенко, А. И. Солонец // Радиотехника : всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – Х. : ХГТУРЕ, 2000. – Вып. 116. – С. 60 – 63.
4. Моніторинг сейсмонебезпечних районів засобами сейсмічного групування / Д. В. Голкін, О. І. Солонець, О. С. Бутенко, Ю. О. Гордієнко // Системи обробки інформації : зб. наук. праць. – Х.: ХВУ. – Вип. 8 (36). – 2004. – С. 67 – 70.
5. Избирательные характеристики украинской сейсмической группы при мониторинге сейсмоопасных районов в ближней зоне / Ю. А. Гордиенко, А. И. Солонец, И. Н. Сашук, В. Н. Шапка // Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем. Технічні науки : зб. наук. праць. – Житомир : ЖВІРЕ. – 2004. – Вип. 8. – С. 130 – 141.
6. Гордієнко Ю. О. Аналіз геофізичної інформації методами фрактальної розмірності / Ю. О. Гордієнко // Вісник ЖДТУ. – Житомир. – 2004. – Вип. № II (29). – С. 170 – 175.
7. Гордієнко Ю. О. Виявлення переходу процесів підготовки землетрусу за результатами сейсмічних спостережень / Ю. О. Гордієнко // Вісник ЖДТУ. – Житомир. – 2005. – Вип. № 2 (33). – С. 38 – 46.

8. Вентцель Е. С. Теория вероятностей и её инженерные приложения / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. – М. : Наука, 1988. – 480 с.

Подано 03.11.09

**Ю. А. Гордиенко, А. И. Солонец, В. А. Кирилюк, Р. А. Андрощук**  
**ОСОБЕННОСТИ АКТИВИЗАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**  
**СЕЙСМООПАСНОГО РАЙОНА ВРАНЧА**

*В работе проведен анализ режимов сейсмичности сейсмоопасного района Вранча по результатам обработки измерительных данных системы сейсмического группирования ГЦСК для асейсмического периода и при активизации процессов подготовки землетрясения. Определенные особенности могут быть положены в основу прогностических наблюдений которые проводятся в ГЦСК в рамках функционирования Национальной системы сейсмических наблюдений.*

**Y. A. Gordienko, O. I. Solonets, V. A. Kirilyuk, R. A. Androshuk**  
**FEATURES OF ACTIVATION OF SEISMIC THE PROTSESOV SEYSMOOPASNOGO**  
**REGION VRANCHA**

*In the article the analysis of the modes of seismic process of the seismic dangerous region Vrancha on results measuring data processing of the system of the seismic grouping MCSC for an aseismic period and during activation of processes of preparation of earthquake is conducted. Definite features can be fixed in the basis of prognosis supervisions which are conducted in MCSC within the framework of functioning of the National system of seismic supervisions.*