

ОБРОБКА ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

УДК 550.388.2

С. О. Сорока, В. П. Мезенцев, Л. М. Каратаєва

ЗВ'ЯЗОК СЕЙСМІЧНОЇ АКТИВНОСТІ З АТМОСФЕРНИМ ІНФРАЗВУКОМ

The connection the infrasonic fluctuations in an atmosphere with seismic activity in some region for period 1997–2000 are considered in the work. The model of stationary random process is used for the analysis. The coordination spectral of the characteristics infrasound and seismic activity are shown for the given period of time. The analysis of researches shows change of a spectrum infrasound before earthquake.

Key words: *atmospheric infrasound, seismic activity, acoustic channel of lithosphere-ionosphere connection, spectral density of infrasound envelope.*

Розглянуто взаємозв'язок інфразвукових коливань в атмосфері із сейсмічною активністю в заданому регіоні за 1997–2000 роки. Для аналізу використано модель стаціонарного випадкового процесу. Простежено узгодженість спектральних характеристик інфразвуку і сейсмічної активності за цей період часу. Аналіз проведених досліджень засвідчує зміну спектра інфразвуку за кілька днів до землетрусу.

Ключові слова: *атмосферний інфразвук, сейсмічна активність, акустичний канал літосферно-іоносферних зв'язків, спектральна густина огинаючої інфразвуку.*

Тривалий час багато дослідників шукають механізми й особливості відображення підготовчих процесів землетрусів у різних геофізичних полях.

Останнім часом деякі автори схиляються до думки, що землетрус – це результат численних процесів, які відбуваються як в самій літосфері, так і за її межами [1, 3].

Безпосередній контакт літосфери з атмосферою створює умови для обміну коливною енергією. В атмосферному інфразвуці повинні відобразитись коливні процеси, що спостерігаються в літосфері. Механізми передачі літосферних збурень в атмосферу можуть бути різноманітні – від безпосередньої “поршневої” дії поверхні літосфери до викидів в атмосферу літосферних газів.

Не вдаючись до конкретних механізмів передачі енергії в системі атмосфера-літосфера, в роботі проведено спектральний аналіз атмосферного інфразвуку і сейсмічної активності для заданого регіону.

Метою роботи було виявлення характерних змін в атмосферному інфразвуці перед аномальними сейсмічними подіями в заданому регіоні.

Результати таких досліджень можуть бути використані для створення інфразвукової системи прогнозу землетрусів.

Методика проведення досліджень та вихідні дані. Для дослідження акустичного каналу літосферно-атмосферних зв'язків було введено два індекси сейсмічної активності. Перший M_{\max} – максимальна магнітуда сейсмічних подій у заданій області протягом однієї доби в заданому регіоні, другий $M_s = \sum_n M_n$ –

магнітуда сейсмічних подій у заданій області протягом однієї доби, що дорівнює сумі магнітуд усіх сейсмічних подій з магнітудою ≥ 3 за день у заданому регіоні (рис. 1). Розглядався регіон з розмірами по довготі 10° – 45° E і широті 35° – 60° N. Розглянутий регіон включав основні зони підвищеної сейсмічності Центральної і Східної Європи, а також Туреччину. Виміри інфразвуку проводили неперервно в

© С. О. Сорока, В. П. Мезенцев, Л. М. Каратаєва, 2010

діапазоні 0,003...0,2 Гц у точці з координатами 48°41'N, 26°30'E (м. Кам'янець-Подільський) (позначено крапкою на карті). Розміри області, з якої проводився відбір сейсмічних подій, вибирався експериментально. У разі значного збільшення цієї області зв'язок між сейсмічністю та атмосферним інфразвуком втрачався. Аналогічне спостерігалось і у разі зменшення області. В дослідженнях оцінено оптимальні розміри області відбору сейсмічних даних.



Рис. 1. Область оцінки сейсмічної активності.

У роботі розглядаємо часові ряди добових відліків M_s і значення максимальних за добу магнітуд M_m у заданому районі. Аналіз виявив, що обидві реалізації виявляють помітний регулярний коливальний характер поряд з випадковими відхиленнями. У цьому відношенні цікаве співставлення з результатами роботи [2], у якій описано коливальний характер місячних і річних відліків рядів значень M_m .

Спектральний аналіз сейсмічної активності та атмосферного інфразвуку. Для аналізу коливань M_s і M_m використана модель стаціонарного випадкового процесу [4]. Вибір моделі визначений адекватністю рядів M_s і M_m вимогам до реалізації стаціонарних випадкових процесів, а також тим фактом, що спектральна густина такого процесу, що характеризує середній спектральний склад реалізацій, має істотно меншу вибіркочну зміну порівняно із спектром реалізації. По рядах M_s і M_m обчислювали оцінки кореляційної функції і спектральної густини. На рис. 2 подана кореляційна функція M_m (а) і M_s (б).

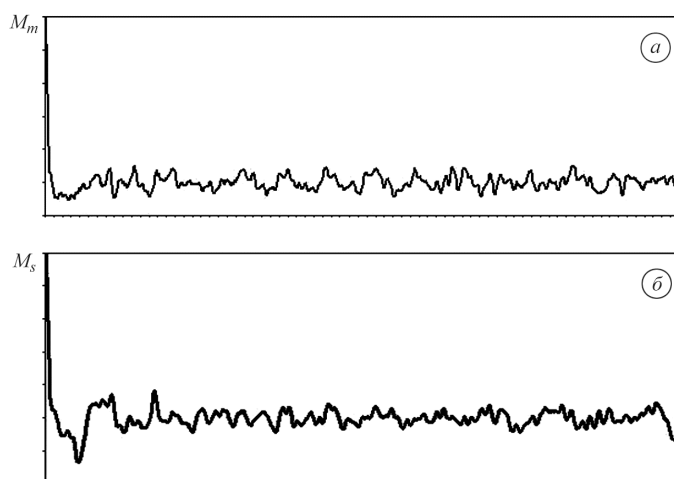


Рис. 2. Кореляційна функція максимальної (а) та сумарної (б) сейсмічної активності за 1997–2000 роки.

Незатухаючий характер коливань значень кореляційної функції свідчить про наявність у коливаннях M_s і M_m регулярної (детермінованої) складової. Частоти виявлених піків спектральної густини близькі (або збігаються) до частот піків спектральних густин сонячної активності й огинаючої коливань атмосферного інфразвуку. Добре узгоджуються спектральні характеристики інфразвуку і сейсмічної активності. На рис. 3 показані спектральні густини добової енергії інфразвуку і сейсмічної активності за період 1997–2000 років.

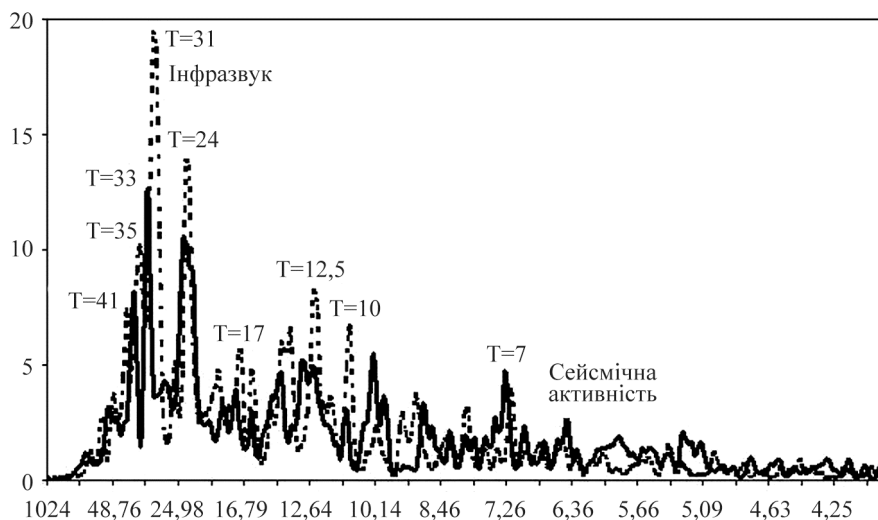


Рис. 3. Спектральні густини інфразвуку (пунктирна лінія) та індексу сейсмічної активності (максимальні значення, суцільна лінія) за період 1997–2000 років.

Дослідження виявили, що інфразвукові коливання “чутливі” до змін сейсмічної активності в радіусі до 2000 км. Оптимальний розмір радіуса цієї області є в межах 1000–1500 км. Очевидно, що дуже далекі землетруси не дають акустичного ефекту в точці вимірювання інфразвуку. На малих відстанях просто відсутні сейсмічні події.

Найбільший інтерес викликає аналіз інфразвукових коливань в атмосфері до катастрофічних землетрусів у регіоні, близькому до точки виміру інфразвуку. На рис. 4 показана динаміка зміни спектральної густини огинаючої інфразвуку перед катастрофічним землетрусом у Туреччині 17.08.1999 р. Відстань від епіцентру землетрусу до точки вимірювання інфразвуку була ~ 1000 км. При наближенні до моменту землетрусу спектральна густина інфразвуку змінюється, з’являється багато спектральних складових, не характерних для “спокійного” періоду. У “спокійний” час у густині спектра спостерігаються дві складові з періодами 24 і 12 годин які, очевидно, зв’язані із зміною сонячної радіації (день, ніч). Однак при наближенні до моменту землетрусу змінюються також і внутрідобові характеристики інфразвуку.

Аналіз даних методами теорії динамічних систем. Для аналізу сейсмічної активності використовувалися фазові портрети, широко застосовувані в теорії динамічних систем. На рис. 5 показані фазові портрети сейсмічної активності за період 1997–2000 рр. По осі абсцис відкладено значення індексу сейсмічної активності (у цьому випадку пронормовані значення квадрату максимальної магнітуди в заданому регіоні). По осі ординат відкладена пронормована похідна від функції, побудованої на значеннях індексу сейсмічної активності.

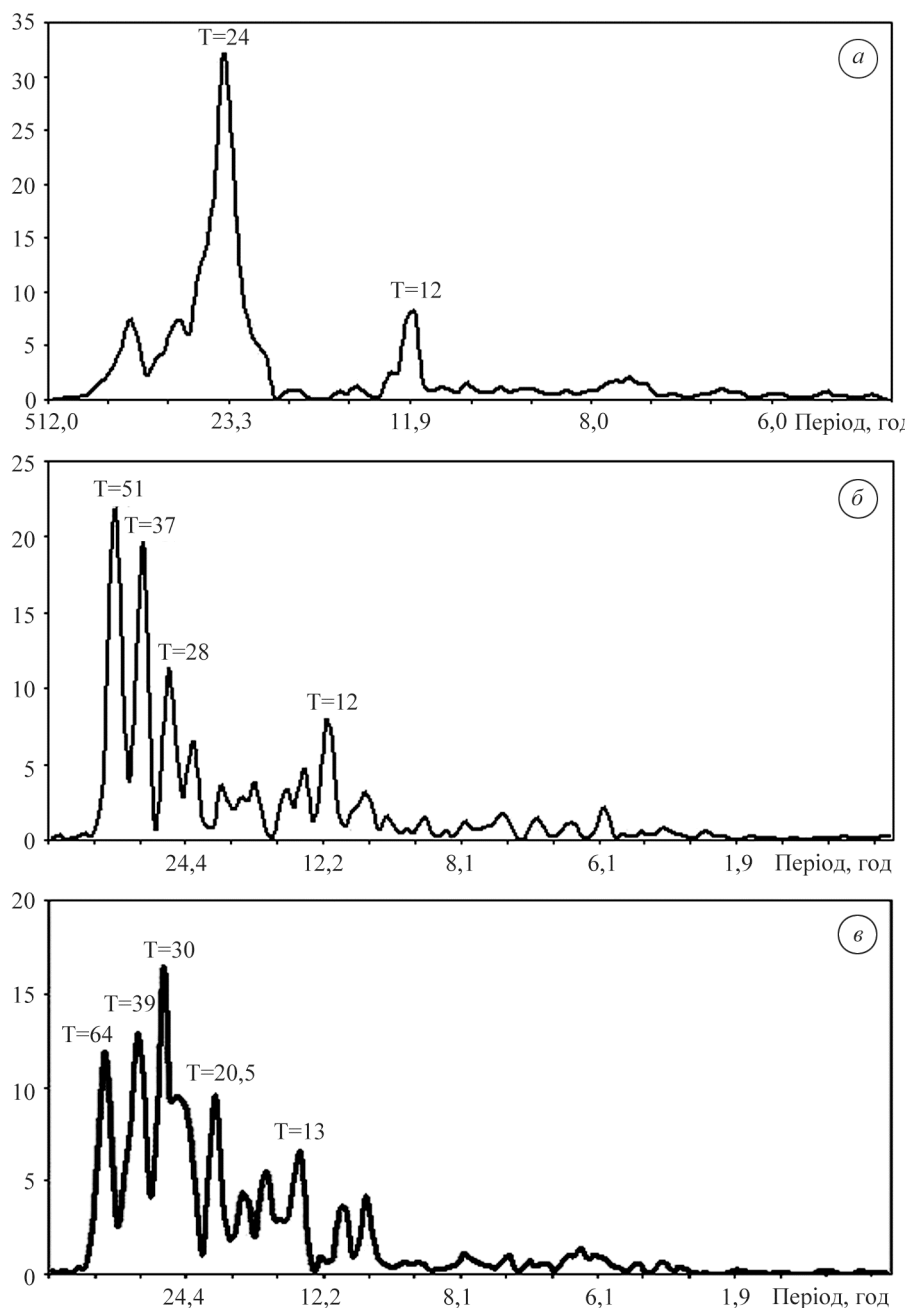


Рис. 4. Динаміка змін спектральної густини огинаючої інфразвуку перед катастрофічним землетрусом у Туреччині 17.08.1999 р.: а – з 29.07.99 р. по 13.08.99 р.; б – з 1.08.99 р. по 16.08.99 р.; в – з 7.08.99р. по 22.08.99 р.

Фактично дані сейсмічної активності розглядаємо як результат роботи деякої гіпотетичної системи, а її фазовий портрет характеризує динаміку такої системи. Наявність періодичних режимів буде приводити до обергання годографа фазової траєкторії, а випадкові зміни не дадуть фазовій траєкторії перетворитись в замкнуту лінію. Від величини значень зміни сейсмічної активності залежить величина площі, в якій лежать фазові траєкторії. У момент збудження системи (момент землетрусу) фазова траєкторія повинна виходити з області притягання і наближатись до точки максимального значення індексу сейсмічної активності. Згід-

но з визначенням, момент землетрусу завжди відповідає максимальному значенню індексу сейсмічності. Найважливіше для практики значення має характер фазової траєкторії при підході до моменту землетрусу.

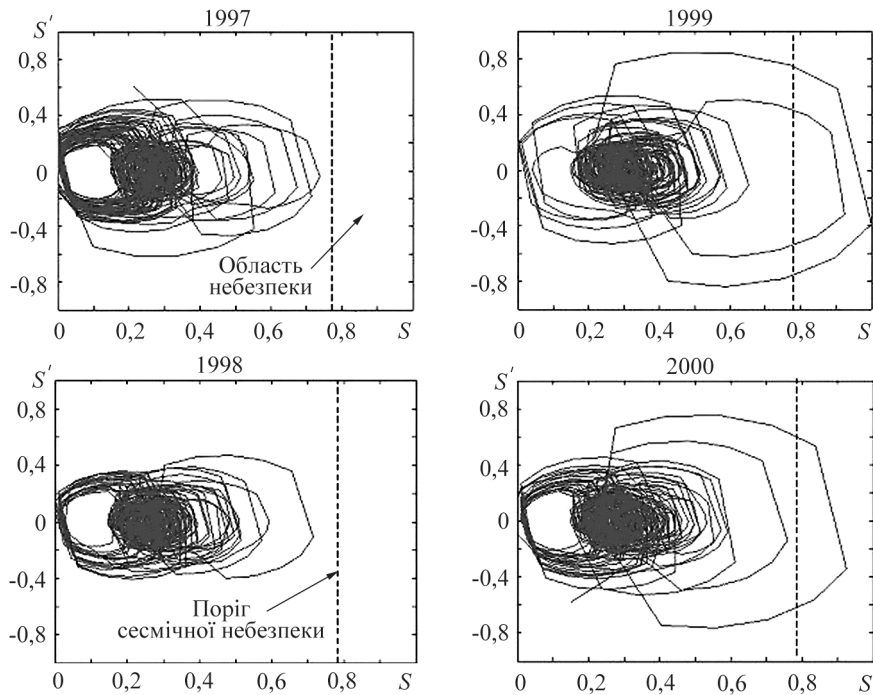


Рис. 5. Фазові портрети сейсмічної активності за період 1997–2000 рр.

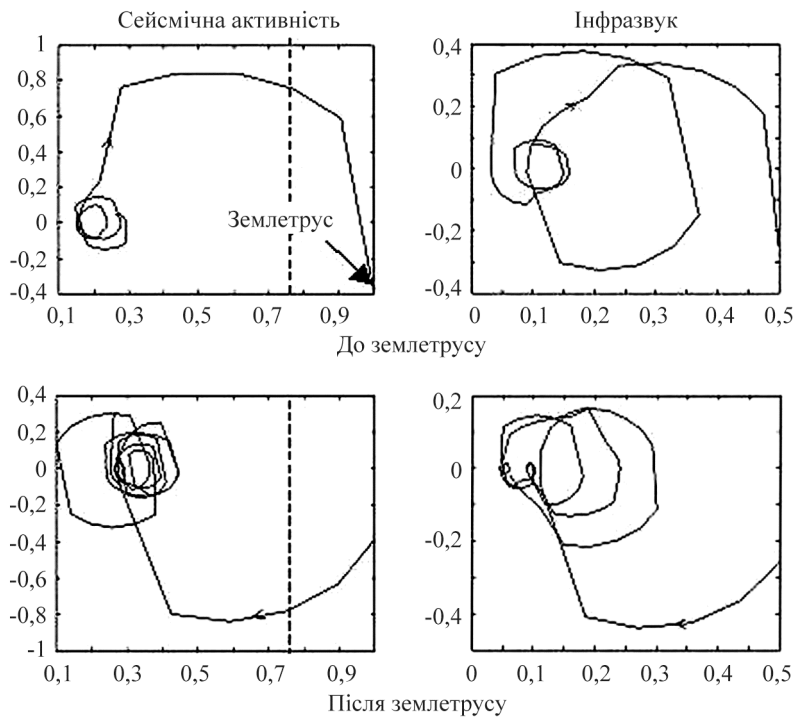


Рис. 6. Фазові портрети змін сейсмічної активності й інфразвуку до та після землетрусу в Туреччині 17.08.1999 р.

Аналогічний аналіз було проведено і для атмосферного інфразвуку. Але, на відміну від сейсмічності, в момент землетрусу інфразвук не має максимального значення. Очевидно, що це залежить від віддалі точки вимірювання до епіцентру землетрусу. На великих відстанях від епіцентру більший прояв в інфразвуці мають локальні акустичні збурення.

Як видно з рис. 5, фазові траєкторії притягаються до компактної області. Тільки при катастрофічних землетрусах фазова траєкторія виходить з області притягання. Причому вихід фазової траєкторії з області притягання і вхід у небезпечну область (на рисунку позначена вертикальною пунктирною лінією) не відбувається миттєво. Це відбувається за кілька днів. На рис. 6 показані фазові портрети сейсмічної активності й інфразвуку до і після катастрофічного землетрусу в Туреччині 17.08.1999 р. Фазовий портрет перед землетрусом має вигляд спіралі, що розкручується. Після землетрусу фазова траєкторія повертається в область притягання. Це нагадує фазовий портрет генератора, що збуджується.

ВИСНОВКИ

Аналіз експериментальних даних підтверджує наявність зв'язку інфразвуку в атмосфері з регіональною сейсмічною активністю.

За декілька днів до великого землетрусу істотно змінюється внутрідобовий спектр і добова ритміка інфразвуку.

Вперше проведено аналіз змін сейсмічної активності та інфразвуку методами теорії динамічних систем. Побудовано фазові портрети змін сейсмічності та інфразвуку до і після крупного землетрусу в Туреччині 17.08.1999 р. Виявлено характерні зміни в фазових траєкторіях перед землетрусом.

Отримані результати можуть бути використані для прогнозу аномальних сейсмічних подій.

1. *Динамические процессы в системе взаимодействующих геосфер на границе земная кора- атмосфера* / В. В. Адушкин, А. А. Спивак, С. Б. Кишкина и др. // *Физика Земли*. – 2006. – № 7. – С. 34–51.
2. *Ритмы в сейсмичности Земли* / А. Г. Гамбурцев, Н. В. Кондорская, О. В. Олейник и др. // *Физика Земли*. – 2004. – № 5. – С. 95–107.
3. *Физические модели связей в системе литосфера–атмосфера–ионосфера перед землетрясениями* / В. А. Липеровский, О. А. Похотелов, К. В. Мейстер, Е. В. Липеровская // *Геомагнетизм и аэрономия*. – 2008. – 48, № 6. – С. 831–843.
4. *Рытов С. М.* Введение в статистическую радиофизику. Ч. 1. – М.: Наука, 1976. – 543 с.