

УДК 351.861

В.Д. Калугін¹, В.В. Тютюник¹, Л.Ф. Черногор², Р.І. Шевченко¹¹ Національний університет цивільного захисту України, Харків² Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків

ОЦІНКА СПІВВІДНОШЕННЯ МІЖ РІВНЯМИ СЕЙСМІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ПІВКУЛЬ ЗЕМНОЇ КУЛІ

Представлено підхід до оцінки співвідношення між рівнями сейсмічного ризику півкуль земної кулі в умовах нерівномірного територіально-часового розподілу надзвичайних ситуацій тектонічного походження, що призводить до значних соціально-економічних та екологічних наслідків.

Ключові слова: надзвичайна ситуація, сейсмічна небезпека, сейсмічний ризик, співвідношення між рівнями ризику, соціально-економічні та екологічні наслідки.

Вступ

Обґрунтування проблеми. Сучасні тенденції різкого збільшення кількості та руйнівної сили природних катаклізмів [1 – 4] вказують на необхідність розробки ефективних заходів попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій (НС).

У зв'язку з цим, перспективним, у рамках формування відповідної системи виявлення у часі і просторі небезпечних чинників на етапі їх зародження та впливу на них з метою недопущення виникнення НС [5, 6], являється проведення наукових досліджень з вивчення кінетики й енергетики процесів виникнення, розвитку та руйнівного впливу небезпек різної природи [7, 8].

Дана робота, у межах визначених перспектив наукових досліджень у сфері цивільного захисту, спрямована на дослідження кінетики впливу внутрішніх процесів земної кулі, як енергетично відкритої динамічної системи, на територіально-часовий розподіл між її північною і південною півкулями за кількістю НС тектонічного походження та величиною енергії їх руйнівного впливу на умови нормального функціонування природно-техногенно-соціальної системи (ПТС системи).

Аналіз останніх досліджень. Аналіз наукової літератури з глибиною пошуку понад десяти років вказує, що серед низки напрямків наукових досліджень з прогнозування та попередження небезпечних тектонічних процесів інтерес набувають:

– дослідження, які спрямовані на вивчення причин виникнення сейсмічної небезпеки від коливаючи-просторового переміщення внутрішнього ядра Землі та його впливу на оболонку земної кулі [9, 10];

– дослідження, спрямовані на вивчення зв'язку між глобальними властивостями сейсмічної активності Землі з її осьовим обертанням [11, 12].

Так, висловлені у роботі [9] уявлення про зв'язок сейсмічної активності на земній кулі з про-

цесами в її надрах вказують на те, що у результаті ексцентричного обертання оболонки Землі довкола зміщеного ядра виникає тиск з боку твердого внутрішнього ядра та навколишнього розплаву (зовнішнього ядра) на мантию, який видавлює оболонку зсередини. У інших областях планети виникають сили, які стискають оболонку кулі, втягуючи її всередину до ядра. Цей процес має дві складові, а саме:

– вплив за рахунок річного переміщення центру ядра відносно центру земної кулі (рис. 1);

– вплив за рахунок ексцентричного обертання ядра відносно нижньої мантиї, де за рахунок різниці в кутових швидкостях обертання ядра та нижньої мантиї виникають зони підвищеного тиску й розрядки. Існування цих зон буде підтримуватися до тих пір, доки існує різниця в кутових швидкостях обертання та зміщення ядра.

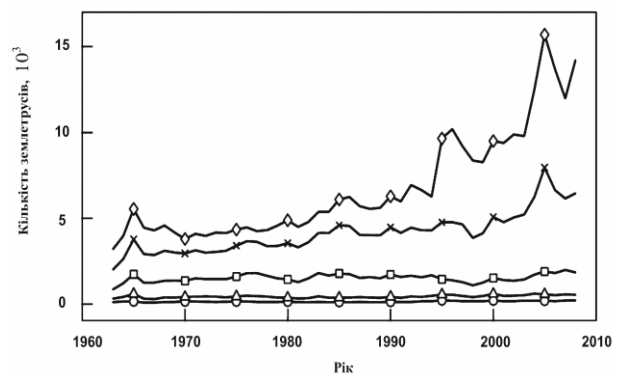


Рис. 1. Варіації глобальної сейсмічної активності Землі за період 1964 – 2008 рр. [11 – 13].

Різними символами визначені криві динаміки кількості землетрусів з відповідною магнітудою: крива з символом \diamond відповідає $M \geq 4,0$; \times – $M \geq 4,5$; \square – $M \geq 5,0$; \triangle – $M \geq 5,5$; \circ – $M \geq 6,0$

Представлені же у роботах [11, 12] результати спрямовані на знаходження статистичними методами кореляції між глобальними властивостями сейсміч-

ної активності Землі (розподілу кількості землетрусів між північною і південною та східною і західною півкулями) та кутовою швидкістю і кутовим прискоренням обертання планети. Авторами проведено кореляційний аналіз даних (рис. 1) по землетрусам за період 1964 – 2008 рр. за інформацією Національного інформаційного центру по землетрусам Геологічної служби США [13]. Результатом цього напрямку досліджень стало припущення про існування двох класів динамічних факторів, які визначають зміну сейсмічності у великих тектонічних структурах [11]:

- глобальний механізм, який визначає зміну у часі загальної кількості сильних землетрусів;
- механізм, який викликає змінну напругу на стиках тектонічних плит, що впливає тільки на слабкі землетруси.

Виходячи з цього, об'єднання цих уявлень про вплив кінетики внутрішніх фізико-хімічних властивостей земної кулі на процес генерування природних небезпек тектонічного походження для ефективно оцінки сейсмічного ризику функціонування ПТС системи Землі є важливим напрямком, яке взято за основу у даному дослідженні.

Постановка задачі та її розв'язання

Рівень сейсмічного ризику ($R_{НС Сейсм.}^{ПТС}$) небезпеки функціонування ПТС системи можна представити як:

$$R_{НС Сейсм.}^{ПТС} = \psi(F_{НС Сейсм.}, U_{НС Сейсм.}^{ПТС}), \quad (1)$$

де $F_{НС Сейсм.}$ – частота виникнення сейсмічної небезпеки; $U_{НС Сейсм.}^{ПТС}$ – збиток ПТС системи в умовах прояву сейсмічної небезпеки.

Частота виникнення сейсмічної небезпеки являється функцією кількості (N) виникнення землетрусів за одиничний інтервал часу (Δt):

$$F_{НС Сейсм.} = \frac{N(t)}{\Delta t}. \quad (2)$$

Збиток ПТС системи в умовах прояву сейсмічної небезпеки має функціональну залежність з енергією виниклих землетрусів [14, 15]:

$$U_{НС Сейсм.}^{ПТС} = \varphi(E_{Сейсм.}^{НС}), \quad (3)$$

де $E_{Сейсм.}^{НС}$ – руйнівна енергія від НС сейсмічного походження.

Складові $F_{НС Сейсм.}$ і $U_{НС Сейсм.}^{ПТС}$ сейсмічного ризику характеризуються їх нерівномірним територіальним розподілом по земній кулі.

Ці властивості виникнення сейсмічної активності, рівноцінно з іншими надзвичайними ситуаціями природного характеру, пов'язані із зовнішніми й

внутрішніми фізико-хіміко-геологічними властивостями Землі, які виникли під час існування планети як відкритої підсистеми у Сонячній системі (системі космічного простору), їх нерівномірним розподілом в об'ємі та постійним рухом.

Основними внутрішніми умовами сейсмічної активності виступають умови впливу на мантію й оболонку земної кулі сезонного руху внутрішнього ядра Землі у зовнішньому ядрі відносно центру кулі – рис. 2 [9, 10].

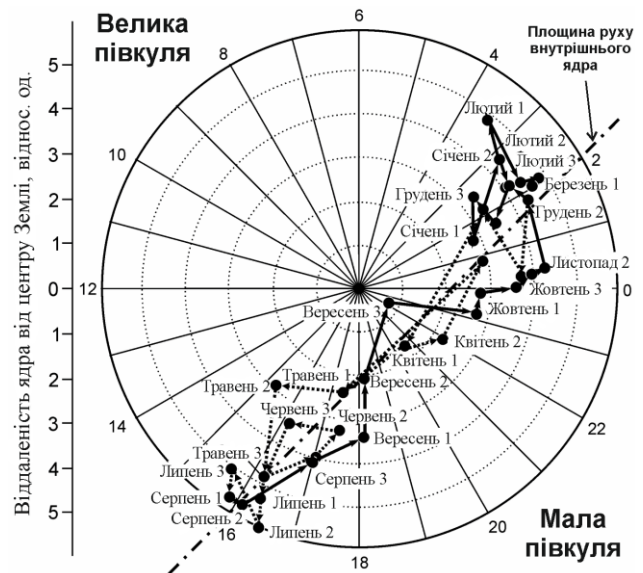


Рис. 2. Траса руху центру внутрішнього ядра усередині Землі протягом року (вид з боку полюсу) [9, 10]

У результаті існування траси руху внутрішнього ядра Землі між другим і шістнадцятим поясами (рис. 2) виникає можливість умовного розділу зон сейсмічної активності на: «Мала півкуля» і «Велика півкуля». Які, у свою чергу, площиною екватора розділяються на: «Північна мала півкуля», «Північна велика півкуля», «Південна мала півкуля» та «Південна велика півкуля».

Оцінка співвідношень між рівнями сейсмічної небезпеки визначених чотирьох півкуль визначає мету цієї роботи, яка має розвиток уявлень про особливості виникнення землетрусів та взаємну кореляцію між рівнями сейсмічної небезпеки (ризiku) у різних півкулях земної кулі, що є необхідною інформацією при розробці комплексної системи попередження НС.

Для досягнення поставленої мети у роботі проведено низка досліджень, які спрямовані на:

- проведення оцінки ступеня сейсмічної активності у північній та південній півкулях на основі аналізу динаміки кількості землетрусів у відповідності до виразу (2);
- проведення оцінки руйнівного впливу від

НС тектонічного походження на умови нормально-го функціонування ГПС системи на основі аналізу динаміки енергетичних показників землетрусів у відповідності до функціоналу (3);

– аналіз ступеня сейсмічного ризику визначених територій у відповідності до функціоналу (1).

В основу проведення досліджень покладено аналіз інформації, яка була надана Головним

центром спеціального контролю [16], про найбільш потужні землетруси, що виникли на земній кулі за період 2001 – 2011 рр.

Динаміка кількості значних землетрусів, що виникли за аналізований термін часу у північній ($N^{\text{Північ}}(t)$) і південній ($N^{\text{Південь}}(t)$) півкулях, представлено на рис. 3.

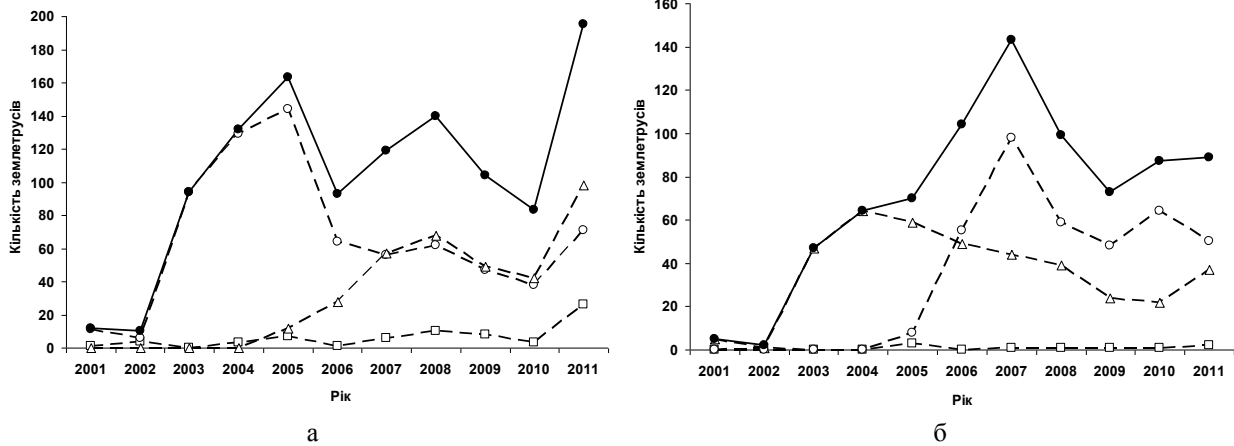


Рис. 3. Динаміка кількості землетрусів, що виникли у північній (а) і південній (б) півкулях за період 2001 – 2011 рр., з відповідною магнітудою: крива з символом □ відповідає $5,0 \leq M < 5,5$; Δ – $5,5 \leq M < 6,0$; \circ – $M \geq 6,0$; • – загальна кількість

Коефіцієнт кореляції між ступенями сейсмічної активності у даних півкулях оцінено як:

$$r_{N^{\text{Північ}}N^{\text{Південь}}} = \frac{\sum_{i=1}^n (N_i^{\text{Північ}} - N^{\text{Північ}*}) (N_i^{\text{Південь}} - N^{\text{Південь}*})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (N_i^{\text{Північ}} - N^{\text{Північ}*})^2 \sum_{i=1}^n (N_i^{\text{Південь}} - N^{\text{Південь}*})^2}} \quad (4)$$

де $N^{\text{Північ}*}$ та $N^{\text{Південь}*}$ – значення середніх кількостей (математичне сподівання) землетрусів у північній і південній півкулях за період 2001 – 2011 рр.

Так, представлені на рис. 3 динаміки кількостей землетрусів, що виникли у північній і південній півкулях, характеризуються ступенями кореляції на рівні:

– між землетрусами з магнітудою $5,0 \leq M < 5,5$ показник кореляції дорівнює $r_{N^{\text{Північ}}N^{\text{Південь}}} \approx 0,60$;

– між землетрусами з магнітудою $5,5 \leq M < 6,0$ показник кореляції дорівнює $r_{N^{\text{Північ}}N^{\text{Південь}}} \approx 0,92$;

– між землетрусами з магнітудою $M \geq 6,0$ показник кореляції дорівнює $r_{N^{\text{Північ}}N^{\text{Південь}}} \approx 0,77$;

– загальна ступень кореляції знаходиться на рівні $r_{N^{\text{Північ}}N^{\text{Південь}}} \approx 0,66$.

Перевірка гіпотези про значимість коефіцієнтів

кореляції визначила наступне. Спостережуване значення критерію (T_C) визначається, як

$$T_C = r_{N^{\text{Північ}}N^{\text{Південь}}} \frac{\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_{N^{\text{Північ}}N^{\text{Південь}}}^2}} \quad (5)$$

де $n = 11$ – об'єм вибірки.

Критична точка розподілу Стьюдента ($t_{кр}(\alpha; k)$), за заданим рівнем значимості $\alpha = 0,05$ і числом рівнів свободи $k = n - 2 = 9$, дорівнює $t_{кр}(\alpha; k) \approx 2,26$.

Результати порівняльного аналізу значень показників T_C для землетрусів з $5,0 \leq M < 5,5$ ($|T_C| = 2,25$), $5,5 \leq M < 6,0$ ($|T_C| \approx 7,04$), $M \geq 6,0$ ($|T_C| \approx 3,62$) і загальної кількості землетрусів ($|T_C| \approx 2,64$) відносно критичного рівня $t_{кр}(\alpha; k)$ вказують на можливість відкинути нульову гіпотезу ($|T_C| > t_{кр}(\alpha; k)$) і констатувати наявність кореляції (наявності лінійної залежності) між рівнями сейсмічної активності у північній і південній півкулях.

Динаміка кількості значних землетрусів, що виникли за аналізований термін часу у північній малій ($N^{\text{Північ}}(t)$) та великій ($N^{\text{Північ}}(t)$) і південній малій ($N^{\text{Південь}}(t)$) та великій ($N^{\text{Південь}}(t)$) півкулях, представлено на рис. 4.

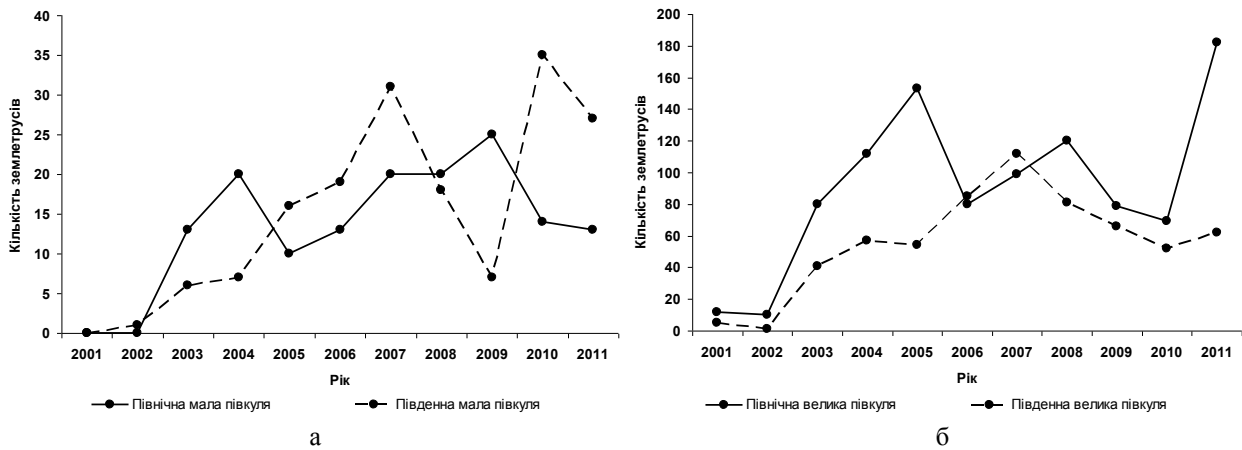


Рис. 4. Динаміка кількості землетрусів, що виникли у північній малій та великій (а) і південній малій та великій (б) піквулях за період 2001 – 2011 рр.

Представлені на рис. 4 залежності характеризуються ступенями кореляції на рівні:

– між динаміками сейсмічної активності у північній малій ($N'_{Північ}(t)$) і північній великій ($N''_{Північ}(t)$) піквулях показник кореляції дорівнює $r_{N'_{Північ}N''_{Північ}} \approx 0,51$, що визначає значення $|T_C| \approx 1,78 < t_{кр}(\alpha; k)$;

– між динаміками сейсмічної активності у південній малій ($N'_{Південь}(t)$) і південній великій ($N''_{Південь}(t)$) піквулях показник кореляції дорівнює $r_{N'_{Південь}N''_{Південь}} \approx 0,68$, що визначає значення $|T_C| \approx 2,78 > t_{кр}(\alpha; k)$;

– між динаміками сейсмічної активності у північній малій ($N'_{Північ}(t)$) і південній малій ($N'_{Південь}(t)$) піквулях показник кореляції дорівнює $r_{N'_{Північ}N'_{Південь}} \approx 0,39$, що визначає значення $|T_C| \approx 1,27 < t_{кр}(\alpha; k)$;

– між динаміками сейсмічної активності у північній великій ($N''_{Північ}(t)$) і південній великій ($N''_{Південь}(t)$) піквулях показник кореляції дорівнює $r_{N''_{Північ}N''_{Південь}} \approx 0,58$, що визначає значення $|T_C| \approx 2,14 < t_{кр}(\alpha; k)$;

– між динаміками загальної кількості землетрусів у малій ($N'(t) = N'_{Північ}(t) + N'_{Південь}(t)$) і великій ($N''(t) = N''_{Північ}(t) + N''_{Південь}(t)$) піквулях показник кореляції дорівнює $r_{N'N''} \approx 0,79$, що визначає значення $|T_C| \approx 3,86 > t_{кр}(\alpha; k)$.

Перевірка нульових гіпотез вказує на відсутність, у деяких випадках, підстав для її спростування. Це пов'язано із зміною сейсмічної активності від

періодичних коливань внутрішніх властивостей планети, які обумовлені рухом її внутрішнього ядра, та виникненням епізодичної ланцюгової генерації землетрусів в окремих її зонах. Прикладом такої ланцюгової генерації, за аналізований період часу, можливо виступає процес виникнення афтершоків у узбережжя Чилі, у о-ва Суматра (Індонезія), у Туреччині, у берегів Японії та інших сейсмічно нестабільних регіонах.

Так, результати аналізу сейсмічної активності піквуль в умовах виключення ланцюгової генерації, як нелінійної форми вивільнення енергії, дозволяють спостерігати збільшення ефекту лінійної кореляції – рис. 5, де у числівнику наведено значення коефіцієнту кореляції за відсутності ланцюгової генерації, у знаменнику за наявності ланцюгової генерації.

Наступним кроком кореляційного аналізу сейсмічної активності між піквулями земної кулі є аналіз взаємної динаміки кількості землетрусів у цих піквулях у відповідності з рівнями їх магнітуд. Розкладену за магнітудою динаміку сейсмічної активності $N'_{Північ}(t)$, $N''_{Північ}(t)$, $N'_{Південь}(t)$ і $N''_{Південь}(t)$ представлено на рис. 6.

Представлені на рис. 6 залежності характеризуються ступенями кореляції на рівні:

– між динаміками сейсмічної активності у північній малій ($N'_{Північ}(t)$) і південній малій ($N'_{Південь}(t)$) піквулях показники кореляції дорівнюють:

◦ $r_{N'_{Північ}N'_{Південь}} \approx -0,04$ для землетрусів з магнітудою $5,0 \leq M < 5,5$, що визначає значення $|T_C| \approx 0,12 < t_{кр}(\alpha; k)$;

◦ $r_{N'_{Північ}N''_{Південь}} \approx 0,32$ для землетрусів з магнітудою $5,5 \leq M < 6,0$, що визначає значення $|T_C| \approx 1,07 < t_{кр}(\alpha; k)$;

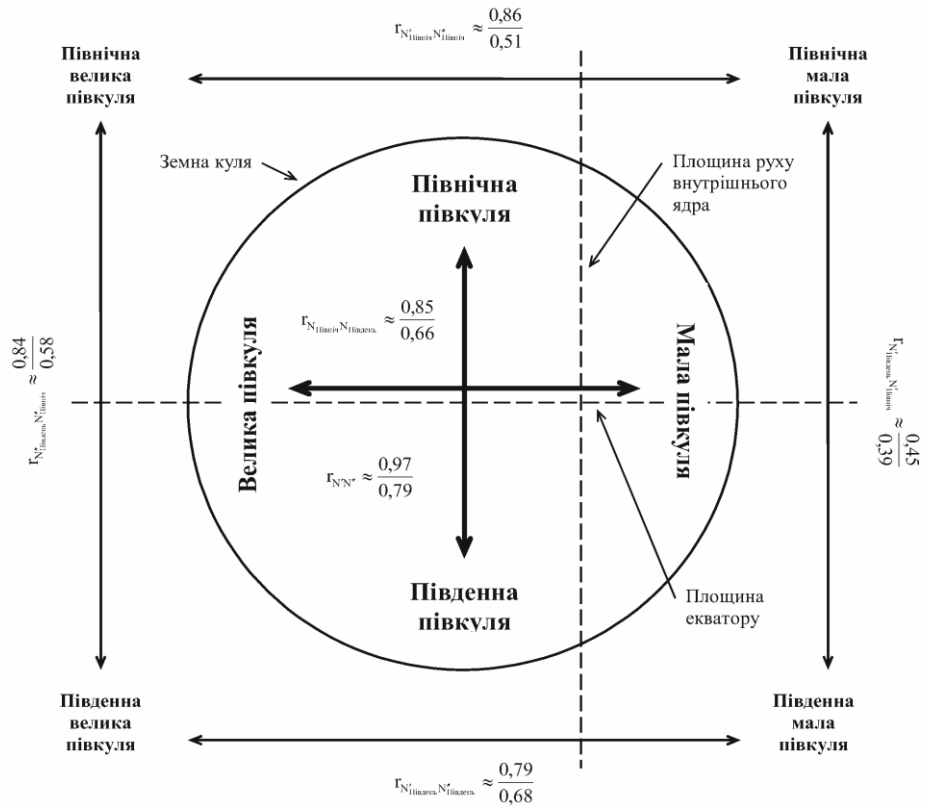


Рис. 5. Значення коефіцієнтів кореляції між кількістю землетрусів, що виникли у північній і південній півкулях за період 2001 – 2011 рр. (у числівнику наведено значення коефіцієнту кореляції за відсутності ланцюгової генерації, у знаменнику за наявності ланцюгової генерації)

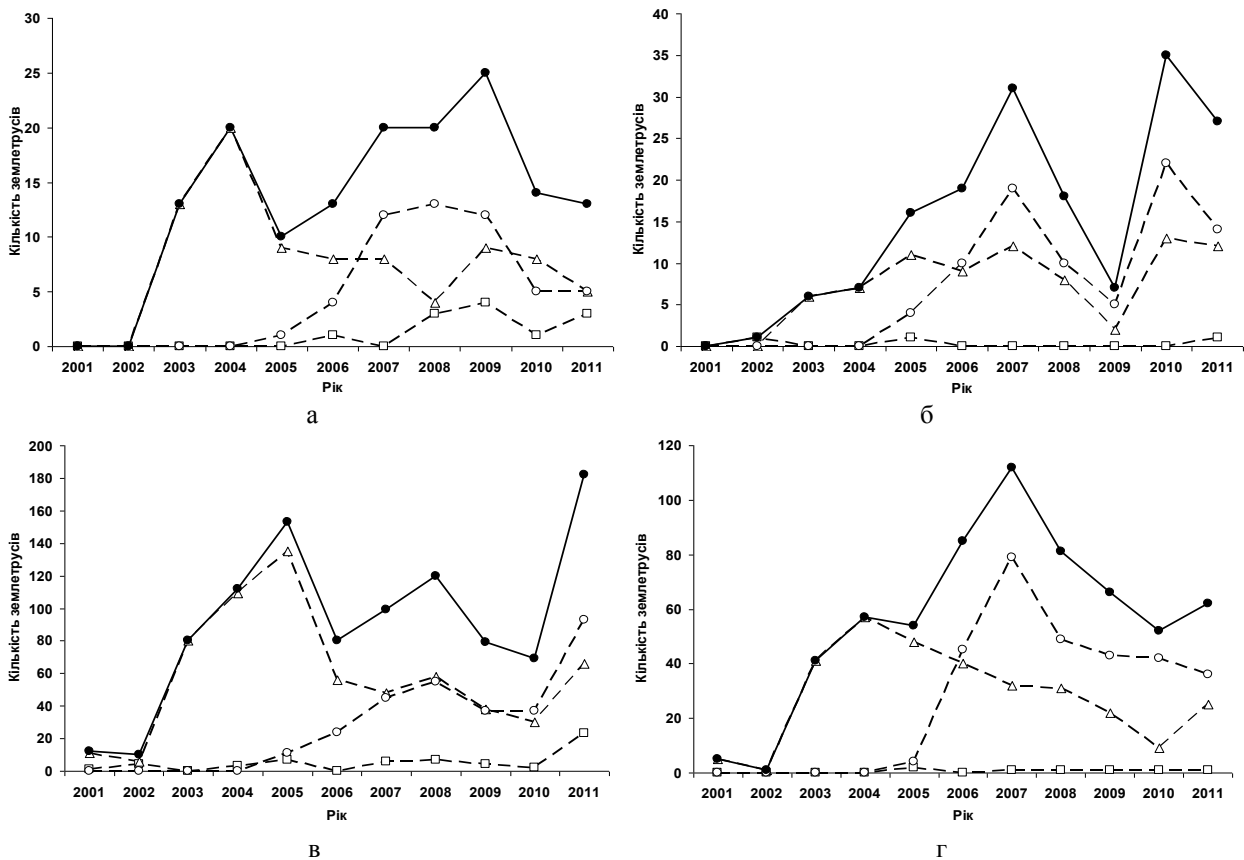


Рис. 6 – Динаміка кількості землетрусів, що виникли у північній малій (а), південній малій (б), північній великій (в) і південній великій (г) півкулях за період 2001 – 2011 рр., з відповідною магнітудою: крива з символом \square відповідає $5,0 \leq M < 5,5$; \triangle – $5,5 \leq M < 6,0$; \circ – $M \geq 6,0$; \bullet – загальна кількість

° $r_{N'_{Північ}N'_{Південь}} \approx 0,58$ для землетрусів з магнітудою $M \geq 6,0$, що визначає значення $|T_C| \approx 2,14 < t_{кр}(\alpha; k)$;

– між динаміками сейсмічної активності у північній великій ($N''_{Північ}(t)$) і південній великій ($N''_{Південь}(t)$) півкулях показники кореляції дорівнюють:

° $r_{N''_{Північ}N''_{Південь}} \approx 0,45$ для землетрусів з магнітудою $5,0 \leq M < 5,5$, що визначає значення $|T_C| \approx 1,51 < t_{кр}(\alpha; k)$;

° $r_{N''_{Північ}N''_{Південь}} \approx 0,90$ для землетрусів з магнітудою $5,5 \leq M < 6,0$, що визначає значення $|T_C| \approx 6,19 > t_{кр}(\alpha; k)$;

$r_{N''_{Північ}N''_{Південь}} \approx 0,70$ для землетрусів з магнітудою $M \geq 6,0$, що визначає значення $|T_C| \approx 2,94 > t_{кр}(\alpha; k)$. Внесок сейсмічного стану окремої півкулі (*) в загальний кількісний рівень сейсмічної активності земної кулі визначається як:

$$\chi_{N^*} = \frac{N^*}{N'_{Південь} + N''_{Південь} + N'_{Північ} + N''_{Північ}}, \quad (6)$$

де N^* – кількість землетрусів, що виникли у півкулі, яку піддали аналізу.

Результати аналізу показників χ_{N^*} , визначених площиною руху внутрішнього ядра Землі (рис. 2) і площиною екватора чотирьох складових земної кулі, дозволило динаміку співвідношення між рівнями сейсмічної активності цих півкуль представити у наступному графічному вигляді – рис. 7.

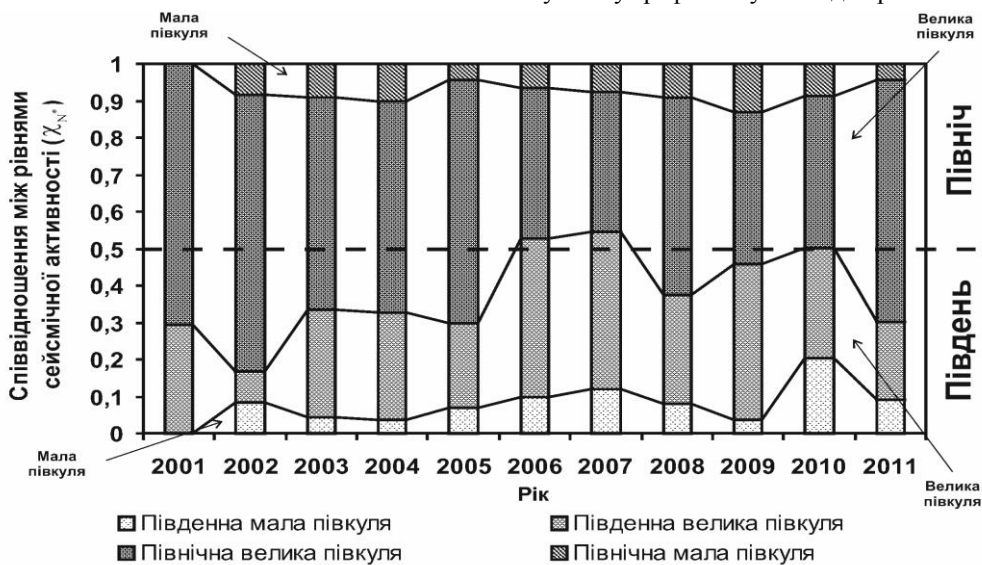


Рис. 7. Динаміка співвідношення між кількісними рівнями сейсмічної активності, характерними для малих північних і південних та великих північних і південних півкуль, за період 2001 – 2011 рр.

Згідно рис. 7, сейсмічна активність великих півкуль переважає над активністю малих. Крім того, північ земної кулі перевищує за рівнем сейсмічної активності південь планети. Виняток складають 2006, 2007 і 2010 рр.

В основу даного підходу покладено представлення про існування ПТС системи Земля в умовах енергетичної рівноваги та існування факту перерозподілу енергії між її підсистемами різних рівнів в умовах збереження рівноваги всієї системи. Так, наступним кроком досліджень є встановлення співвідношення між енергетичними рівнями сейсмічної небезпеки північних і південних півкуль.

Динаміку значень енергій ($E(t)$) значних землетрусів, що виникли за 2001 – 2011 рр., представлено на рис. 8.

Представлені на рис. 8 залежності загальної енергії землетрусів у північній і південній півкулях

характеризуються ступенями кореляції на рівні $r_{E_{Північ}E_{Південь}} \approx 0,07$, що визначає значення $|T_C| \approx 0,21 < t_{кр}(\alpha; k)$.

Динаміка енергії значних землетрусів, що виникли за аналізований термін часу у північній малій ($E'_{Північ}(t)$) та великій ($E''_{Північ}(t)$) і південній малій ($E'_{Південь}(t)$) та великій ($E''_{Південь}(t)$) півкулях, представлено на рис. 9.

Представлені на рис. 9 залежності характеризуються ступенями кореляції на рівні:

– між динаміками енергії землетрусів у північній малій ($E'_{Північ}(t)$) і північній великій ($E''_{Північ}(t)$) півкулях показник кореляції дорівнює

$r_{E'_{Північ}E''_{Північ}} \approx -0,14$, що визначає значення $|T_C| \approx 0,42 < t_{кр}(\alpha; k)$;

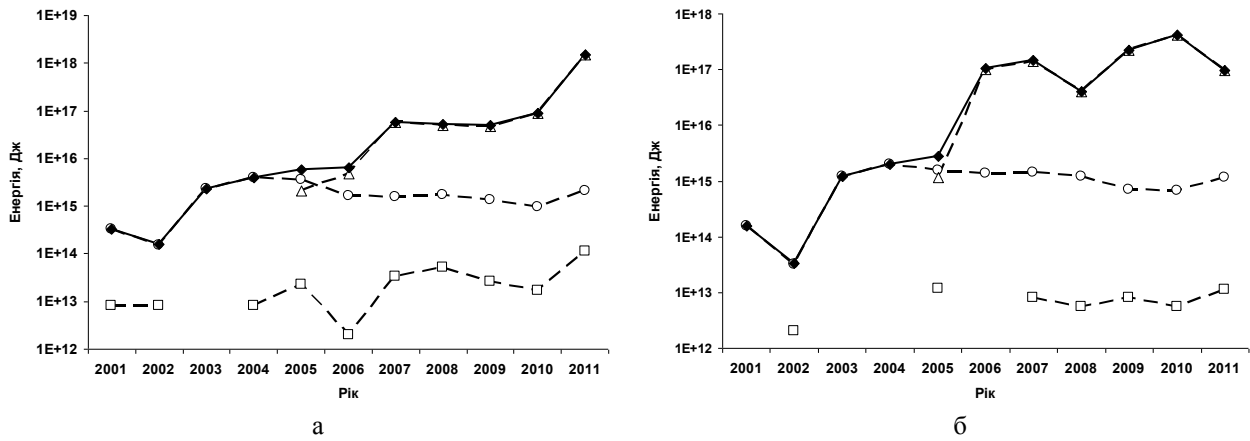


Рис. 8. Динаміка сумарної енергії землетрусів, що виникли у північній (а) і південній (б) півкулях за період 2001 – 2011 рр., з відповідною магнітудою: крива з символом □ відповідає $5,0 \leq M < 5,5$; Δ – $5,5 \leq M < 6,0$; \circ – $M \geq 6,0$; ● – сумарна енергія

– між динаміками енергії землетрусів у південній малій ($E'_{\text{Південь}}(t)$) і південній великій ($E''_{\text{Південь}}(t)$) півкулях показник кореляції дорівнює $r_{E'_{\text{Південь}}E''_{\text{Південь}}} \approx -0,05$, що визначає значення $|T_C| \approx 0,15 < t_{кр}(\alpha; k)$;

– між динаміками енергії землетрусів у північній малій ($E'_{\text{Північ}}(t)$) і південній малій ($E'_{\text{Південь}}(t)$) півкулях показник кореляції дорівнює $r_{E'_{\text{Південь}}E'_{\text{Північ}}} \approx 0,14$, що визначає значення $|T_C| \approx 0,42 < t_{кр}(\alpha; k)$;

– між динаміками сейсмічної активності у північній великій ($E''_{\text{Північ}}(t)$) і південній великій ($E''_{\text{Південь}}(t)$) півкулях показник кореляції дорівнює

$r_{E''_{\text{Південь}}E''_{\text{Північ}}} \approx 0,16$, що визначає значення $|T_C| \approx 0,49 < t_{кр}(\alpha; k)$;

– між динаміками загальної енергії землетрусів у малій ($E'(t) = E'_{\text{Північ}}(t) + E'_{\text{Південь}}(t)$) і великій ($E''(t) = E''_{\text{Північ}}(t) + E''_{\text{Південь}}(t)$) півкулях показник кореляції дорівнює $r_{E'E''} \approx -0,07$, що визначає значення $|T_C| \approx 0,21 < t_{кр}(\alpha; k)$.

Результати кореляційного аналізу енергетики сейсмічної активності півкуль в умовах виключення ланцюгових генерацій, які виникли у 2011 р., представлено на рис. 10, де у числівнику наведено значення коефіцієнту кореляції при відсутності ланцюгової генерації, у знаменнику при наявності ланцюгової генерації.

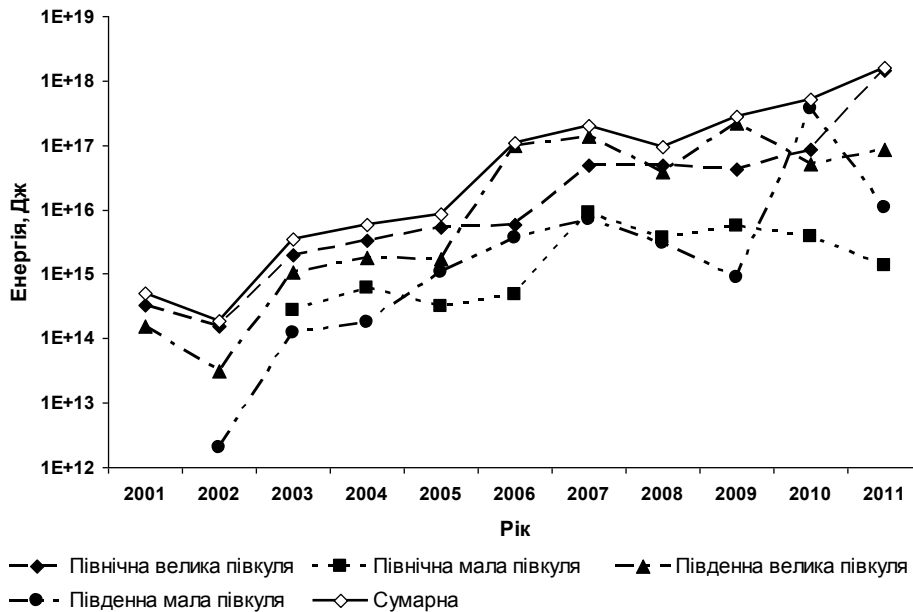


Рис. 9. Динаміка сумарної енергії землетрусів, що виникли у північній малій та великій і південній малій та великій півкулях за період 2001 – 2011 рр.

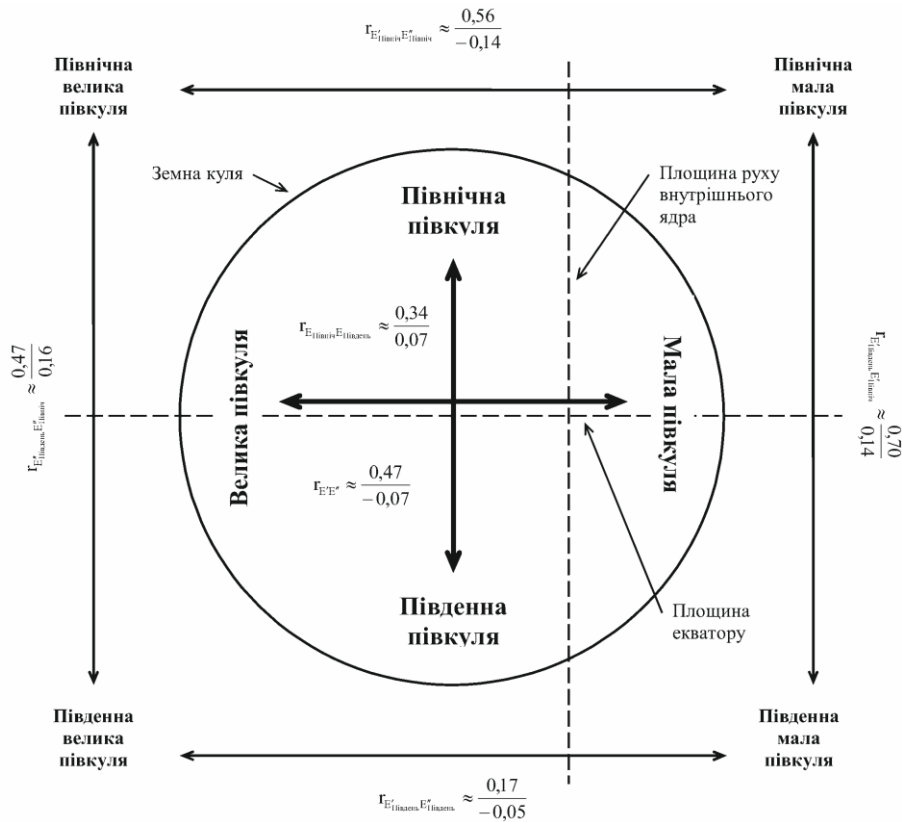


Рис. 10. Значення коефіцієнтів кореляції між енергією землетрусів, що виникли у північній і південній півкулях за період 2001 – 2011 рр. (у числівнику наведено значення коефіцієнту кореляції за відсутності ланцюгової генерації, у знаменнику за наявності ланцюгової генерації)

Як видно з рис. 10, значення коефіцієнтів кореляції між енергією землетрусів у південній півкулі, на відміну від північної, вказують на відсутність підстав для її спростування нульової гіпотези. Внесок енергії від сейсмічних процесів, що протікають в окремій півкулі, в загальний енергетичний рівень сейсмічної активності земної кулі визначається як:

$$\chi_{E^*} = \frac{E^*}{E'_{Південь} + E''_{Південь} + E'_{Північ} + E''_{Північ}}, \quad (7)$$

де E^* – загальна енергія землетрусів, що виникли у півкулі, яку піддали аналізу.

Результати аналізу показників χ_{E^*} , визначених у статті півкуль земної кулі, дозволило динаміку співвідношення між енергетичними рівнями сейсмічної активності цих півкуль представити у графічному вигляді на рис. 11.

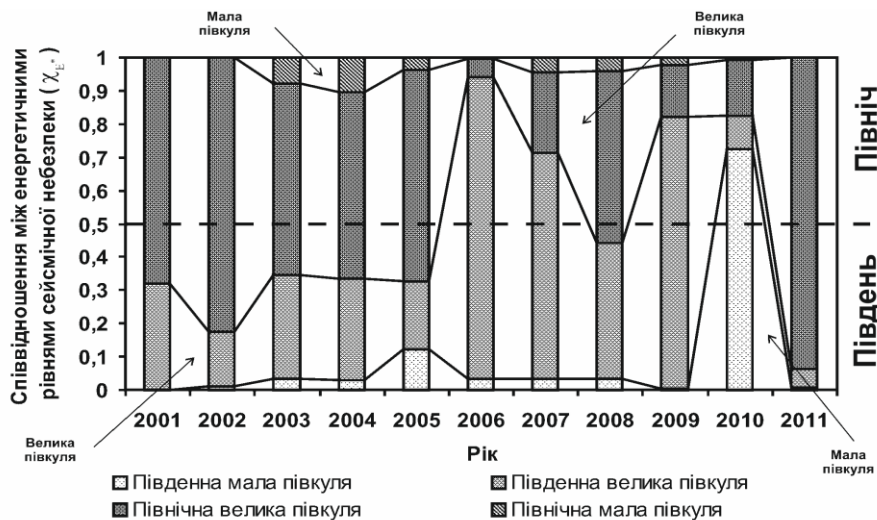


Рис. 11. Динаміка співвідношення між енергетичними рівнями сейсмічної активності, характерними для малих північних і південних та великих північних і південних півкуль, за період 2001 – 2011 рр.

Згідно рис. 11, коливання енергетичних рівнів сейсмічної активності півночі і півдня земної кулі носять осцилюючий характер з хаотично послідовним переважанням енергетичного рівня то в одній, то в іншій півкулях. При цьому, середній за період 2001 – 2011 рр. показник енергетичних коливань знаходиться на рівні середнього енергетичного балансу.

Отримані результати територіально-часового розподілу коливань сейсмічної активності за кількі-

сним і енергетичним показниками дозволили визначити, у відповідності виразу (1), рівень ризику НС тектонічного походження. Результати аналізу за 2001 – 2011 рр. сейсмічного ризику у «Північній малій півкулі» – $R_{\text{Сейсм}}^{\text{Північ}}$, «Північній великій півкулі» – $R_{\text{Сейсм}}^{\text{Північ}}$, «Південній малій півкулі» – $R_{\text{Сейсм}}^{\text{Південь}}$ та «Південній великій півкулі» – $R_{\text{Сейсм}}^{\text{Південь}}$ приведено у графічному вигляді на рис. 12.

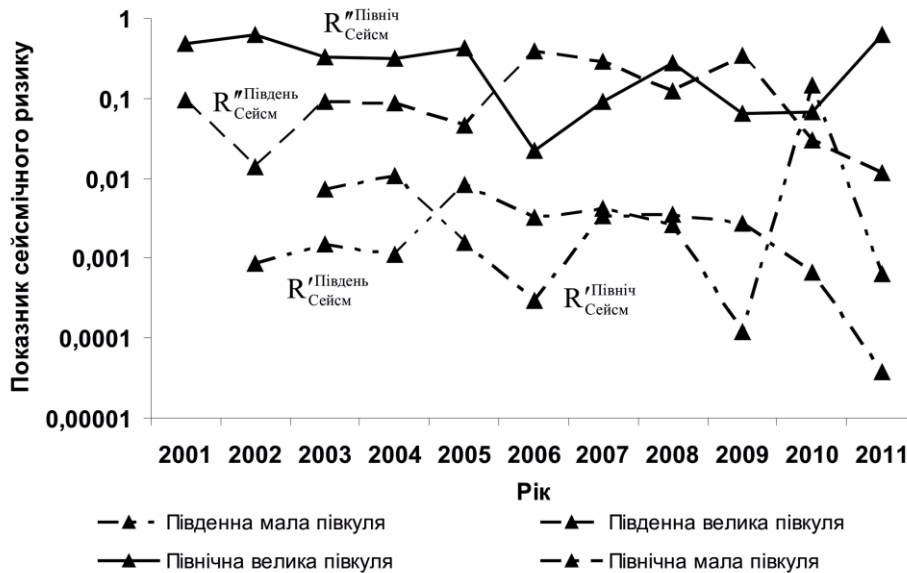


Рис. 12. Динаміка рівня сейсмічного ризику, характерного для малих північних і південних та великих північних і південних півкуль, за період 2001 – 2011 рр.

Внесок ступеню ризику, характерного для окремої півкулі, в загальний показник сейсмічного ризику земної кулі визначається як:

$$\chi_{R_{\text{Сейсм}}}^* = \frac{R_{\text{Сейсм}}^*}{R_{\text{Сейсм}}^{\text{Південь}} + R_{\text{Сейсм}}^{\text{Південь}} + R_{\text{Сейсм}}^{\text{Північ}} + R_{\text{Сейсм}}^{\text{Північ}}}, \quad (8)$$

де $R_{\text{Сейсм}}^*$ – рівень сейсмічного ризику півкулі, яку піддали аналізу.

Результати аналізу показників $\chi_{R_{\text{Сейсм}}}^*$ представлено на рис. 13.

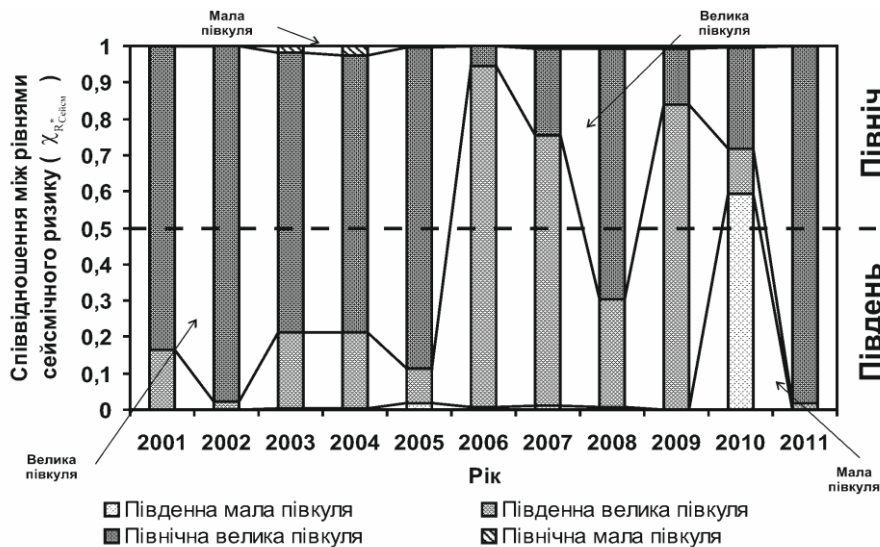


Рис. 13. Динаміка співвідношення між рівнями сейсмічного ризику, характерного для малих північних і південних та великих північних і південних півкуль, за період 2001 – 2011 рр.

Як видно з рис. 12 і 13, переважно значна частка сейсмічного ризику приходить на великі півкулі.

Порівняльний аналіз цих півкуль за ступенем сейсмічної небезпеки вказує на існування почергової зміни ступеню ризику в них. Так, період 2001 – 2005 рр. припадає на існування переважно рівня сейсмічного ризику у північній півкулі. Період же 2006 – 2010 рр. характеризується зменшенням величини рівня сейсмічної небезпеки у північній півкулі та, навпаки, його збільшенням у південній. Подальший процес життєдіяльності ПТС системи Землі вказує на активацію у 2011 році сейсмічної активності у північній півкулі. Вклад сейсмічного ризику малих півкуль за загальний рівень небезпеки носить незначний і епізодичний характер.

Виняток становить 2010 рік, де спостерігається значний рівень сейсмічного ризику у малій південній півкулі.

Отримані у роботі теоретично-експериментальні результати базуються на результатах розвитку мозаїчно-калейдоскопічного підходу [7, 8] до наукових уявлень про безпеку функціонування природно-техногенно-соціальної системи в умовах надзвичайних ситуацій, як системи з нерівномірно рознесеними у часі і просторі параметрами [14, 17].

Вони являються основою для оцінки впливу загального сейсмічного ризику земної кулі на ступень сейсмічної активності сейсмічно небезпечних для території України регіонів.

Висновки

1. В рамках уявлень про кінетику впливу руху внутрішнього ядра Землі на тектонічні процеси оболонки планети встановлені закономірності територіально-часового розподілу кількості землетрусів і їх сумарної енергії між півднем і північню земної кулі. Отримані результати щорічного за період 2001 – 2011 рр. територіально-часового кількісного й енергетичного розподілів землетрусів свідчать про існування двох типів коливань сейсмічної активності, а саме:

– квазіперіодичних коливань сейсмічної активності між півднем і північню земної кулі, в межах виниклих умов рівноваги функціонування природно-техногенно-соціальної системи;

– стохастичних флуктуацій сейсмічної активності, що виникають за умов ланцюгового поширення землетрусів у межах зон сейсмічної нестабільності.

2. У результаті визначення коефіцієнтів кореляції встановлено, що кількісна картина коливань сейсмічної активності між північною малою і великою та південною малою і великою півкуля-

ми носить взаємний достатньо стабільний періодичний характер. Особливості поведінки значень коефіцієнтів кореляції можливо пов'язано з асиметричним розподілом сейсмічно нестабільних регіонів по земній кулі.

3. У рамках запропонованого кількісно-енергетичного підходу, проведено територіально-часову оцінку ступеню сейсмічного ризику. Отримані результати співвідношення між рівнями сейсмічного ризику півночі та півдня планети свідчать про відносно стабільний, у рамках допустимих відхилень від нормальних умов функціонування ПТС системи за рахунок епізодичного виникнення сильних землетрусів і генерованих ними ланцюгового поширення сейсмічної нестабільності, стан зовнішньої оболонки земної кулі.

4. Представлений кількісно-енергетичний підхід до оцінки ступеню сейсмічного ризику дозволяє, за рахунок проведення аналізу та ранжирування території земної кулі за можливістю прояву сейсмічних небезпек, їх періодами активності, можливістю взаємного впливу та ступенями руйнівного впливу, суттєво доповнити основи формування комплексної системи попередження надзвичайних ситуацій.

Список літератури

1. Черногор Л.Ф. Физика и экология катастроф / Л.Ф. Черногор – Х.: ХНУ имени В.Н. Каразина, 2012. – 556 с.
2. Осипов В.И. Природные опасности и стратегические риски в мире и в России / В.И. Осипов // Экология и жизнь. – 2009. – № 11 – 12 (96 – 97). – С. 5-15.
3. Азімов О.Т. Огляд поточного стану природно-техногенної безпеки в Україні та перспективи розвитку аналітичної інтерактивної системи моніторингу надзвичайних ситуацій засобами дистанційних, телематичних та ГІС-технологій / О.Т. Азімов, П.А. Коротинський, Ю.Ю. Колесніченко // ГЕОІНФОРМАТИКА. – 2006. – № 4. – С. 52-66.
4. Тютюник В.В. Оцінка індивідуальної небезпеки населення регіонів України в умовах надзвичайних ситуацій / В.В. Тютюник, Р.І. Шевченко, О.В. Тютюник // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Х.: УЦЗУ, 2009. – Вип. 9. – С. 146-157.
5. Родкин М.В. Фундаментальные проблемы мониторинга и прогнозирования природных и техногенных катастроф / М.В. Родкин, В.И. Мухин // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – Химки: ФГБОУ ВПО «АГЗ МЧС России», 2010. – № 1. – С. 9-14.
6. Тютюник В.В. Основні принципи інтегральної системи безпеки при надзвичайних ситуаціях / В.В. Тютюник, Р.І. Шевченко // Зб. наук. праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: ХУПС ім. І. Кожедуба, 2008. – Вип. 3(18). – С. 179-180.
7. Тютюник В.В. Аналіз факторів, які провокують виникнення надзвичайних ситуацій природного характеру / В.В. Тютюник, В.Д. Калугін // Системи

обробки інформації. – Х.: ХУПС ім. Івана Кожедуба, 2011. – Вип. 4(94). – С. 280-284.

8. Тютюник В.В. Системний підхід до оцінки небезпеки життєдіяльності при територіально-часовому розподілі енергії джерел надзвичайних ситуацій / В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, В.Д. Калугін // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ, 2011. – Вип. 14. – С. 171-194.

9. Малышков Ю.П. Периодические вариации геофизических полей и сейсмичности, их возможная связь с движением ядра Земли / Ю.П. Малышков, С.Ю. Малышков // Геология и геофизика. – 2009. – Т. 50, № 2. – С. 152-172.

10. Малышков Ю.П. Способ определения пространственного положения и параметров движения внутреннего ядра Земли / Ю.П. Малышков, С.Ю. Малышков, С.Г. Шталайн [и др.] // Институт мониторинга климатических и экологических систем. – Патент РФ № 2352961, МПК G01V3/00.

11. Фридман А.М. О некоторых корреляциях в сейсмодинамике и двух компонентах сейсмической активности Земли / А.М. Фридман, Е.В. Поляченко, Н.Р. Насырканов // Успехи физических наук. – 2010. – Т. 180, № 3. – С. 303-312.

12. Клименко А.В. Глобальные свойства сейсмической активности Земли и их связь с ее вращением: дис. ... канд. физ.-мат. наук / Клименко А.В. – М.: Московский государственный областной университет, 2005. – 87 с.

13. US Geological Survey, National Earthquake Information Center [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.earthquake.usgs.gov>.

14. Калугін В.Д. Системний підхід до оцінки ризиків надзвичайних ситуацій в Україні / В.Д. Калугін, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – 1/6 (55). – С. 59-70.

15. Тютюник В.В. Оцінка ризику сейсмічної небезпеки на території України / В.В. Тютюник, В.Д. Калугін, Л.Ф. Черногор // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ, 2012. – Вип. 15. – С. 196-213.

16. Дані Головного центру спеціального контролю по землетрусам [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.nkau.gov.ua/nsau/zemltrus.nsf/zemletrusy>.

17. Грінченко Є.М. Інтегральна система безпеки регіонів України, як складових державної територіально-часової параметричної системи. Принцип комплексної оцінки небезпеки / Є.М. Грінченко, О.Ю. Кірючкін, В.В. Тютюник, Р.І. Шевченко // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Х.: УЦЗУ, 2008. – Вип. 7. – С. 58-71.

Надійшла до редколегії 1.08.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. М.І. Адаменко, Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Харків.

ОЦЕНКА СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ УРОВНЯМИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ПОЛУСФЕР ЗЕМНОГО ШАРА

В.Д. Калугин, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.И. Шевченко

Предложен подход для оценки соотношения между уровнями сейсмического риска полусфер земного шара в условиях неравномерного территориально-временного распределения чрезвычайных ситуаций тектонического происхождения, которые приводят к значительным социально-экономическим и экологическим последствиям.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, сейсмическая опасность, сейсмический риск, соотношение между уровнями риска, социально-экономические и экологические последствия.

RATIO ESTIMATION BETWEEN LEVELS SEISMIC DANGER OF HEMISPHERES OF THE GLOBE

V.D. Kalugin, V.V. Tyutyunik, L.F. Chernogor, R.I. Shevchenko

The approach for ratio estimation between levels of seismic risk of hemispheres of the globe in the conditions of non-uniform territorial and time distribution of emergency situations of a tectonic origin which lead to considerable social and economic and ecological consequences is offered.

Keywords: emergency situation, seismic danger, seismic risk, a ratio between risk levels, social and economic and ecological consequences.