

Запобігання та ліквідація надзвичайних ситуацій

УДК 351.861

В.В. Тютюник, В.Д. Калугін

Національний університет цивільного захисту України, Харків

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ЦЕПНОГО РОЗВИТКУ ПРОЦЕСУ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ НЕСТАБІЛЬНОСТІ У СЕЙСМІЧНО НЕБЕЗПЕЧНИХ РЕГІОНАХ ЗЕМЛІ

У роботі, на основі представлень про територіально-часовий розподіл джерел сейсмічної небезпеки, їх взаємний вплив та можливість виникнення циклічної генерації землетрусів, проведені дослідження механізму цепного розвитку процесу розповсюдження нестабільності у сейсмічно небезпечних регіонах земної кулі з метою удосконалення комплексної системи попередження надзвичайних ситуацій.

Ключові слова: сейсмічно небезпечні регіони, територіально-часовий розподіл небезпек, цепний розвиток сейсмічної небезпеки, комплексна система попередження надзвичайних ситуацій.

Вступ

Постановка проблеми. Природно-техногенно-соціальна система (ПТС система) у процесі свого функціонування та розвитку генерує небезпеки, які згубно впливають на стан біосфери на планеті Земля та призводять у деяких її регіонах часткове або повне руйнування природно-екологічного, економіко-технічного та соціально-політичного балансу [1, 2].

Аналіз небезпек, які впливають на стан ПТС системи [3 – 10] вказує на необхідність розробки ефективних заходів попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій (НС) різної природи. Перспективним напрямком розв'язання цієї проблеми являється розробка ефективної системи виявлення небезпечних чинників на етапі їх зародження та впливу на них з метою недопущення виникнення НС.

Реалізація такого підходу неможлива без проведення наукових досліджень, направлених на вивчення процесів виникнення небезпек літосферного, гідросферного та атмосферного походження, їх розповсюдження та взаємного впливу (взаємної генерації). Тому дана робота, яка є часткою запланованого комплексу наукових досліджень, направлена на вивчення процесу виникнення та розповсюдження НС літосферного походження, а саме сейсмічної активності.

У роботі досліджуються процеси можливої вторинної генерації небезпеки у сейсмічно нестабільних регіонах Землі в умовах впливу на них енергії землетрусів, що виникли у зоні первинного прояву. Особливість роботи ґрунтується на показі можливості виникнення сейсмічної небезпеки для території України, як регіону з можливістю прояву третинних землетрусів. Крім того, необхідно зазначити, що процес виникнення сейсмічних небезпек літосферного походження до останнього часу не підлягає можливості «штучного управління». В основу досліджень покладено аналіз стану та вивчення приро-

ди сейсмічної небезпеки, що виникла за останній період часу, починаючи з березня місяця, у берегів Японії та небезпечних подій пов'язаних з цим.

Аналіз останніх досліджень. В сучасних напрямках наукових досліджень достатньо уваги приділяється проблемі боротьби з сейсмічною складовою небезпеки [11 – 15] функціонування ПТС системи, які направлені на дослідження механізмів й періодичності виникнення землетрусів та природи розповсюдження сейсмічних хвиль [16 – 19], з метою розробки наукових методів прогнозування часу та місця виникнення небезпеки, методів та засобів моніторингу попередніх факторів [20 – 24], методів оцінки руйнівної здатності та механізмів мінімізації наслідків [25] та евакуації населення.

У той же час, взаємність функціонування складових ПТС системи залишає відкритими питання проведення досліджень, направлених на вивчення процесів цепного розповсюдження нестабільності у сейсмічно небезпечних регіонах.

Постановка задачі та її розв'язання. Метою даної роботи є розробка представлень про виникнення надзвичайних ситуацій літосферного походження в умовах територіально-часового розподілу джерел сейсмічної небезпеки, їх взаємного впливу та можливості виникнення циклічної генерації землетрусів, з метою використання цих результатів для формування комплексної системи попередження НС та оцінки можливостей розробки заходів ефективного впливу на ці процеси.

Основний розділ

Короткотривалі струси в земній корі або верхній мантії, згідно опису в [11, 12, 20, 26 – 28], викликають виникнення землетрусів (рис. 1). Результати класифікації представлені на основі обробки великого масиву даних. Згідно даних рис. 1, тектонічні землетруси обумовлені тектонічними процесами, які виникають в

результаті раптового вивільнення енергії Землі, що накопичилася в надрах, при деформації великих об'ємів гірських порід. Вулканічні землетруси виникають у районах вулканічної активності і пов'язані з процесами підвищення активності вулканів. Денудаційні землетруси відбуваються у наслідок удару, який виник при обвалі підземних порід. Антропогенні землетруси викликані людською діяльністю; метеоритні – падінням крупних метеоритів на поверхню Землі.



Рис. 1. Класифікація землетрусів

Наслідком землетрусів є процес розповсюдження сейсмічних хвиль. Швидкість розповсюдження сейсмічних хвиль залежить від щільності та пружності гірничих порід. Сейсмічні хвилі, виникаючи в товщі Землі як об'ємні, породжують поверхневі хвилі.

Поверхневі хвилі класифікуються на хвилі Релея та хвилі Лява. У хвиль Релея зсув частин ґрунту відбувається у вертикальній площині, а хвиль Лява – у горизонтальній площині перпендикулярно до вектору розповсюдження хвиль. Швидкість розповсюдження цих хвиль залежить від частоти коливань [26, 29].

Об'ємні хвилі в осередку землетрусу розділяються на подовжні (пружні хвилі стискування) й поперечні (пружні хвилі зрушення) та підкоряються законам геометричної оптики на межі розділу середовищ внутрішньої будови Землі. Швидкість цих хвиль, згідно [30, 31], визначається як:

$$V_p = \sqrt{\left(K + \frac{4}{3}\mu\right) / \rho}; \quad V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}, \quad (1)$$

де V_p і V_s – швидкість розповсюдження подовжніх і поперечних хвиль; K – модуль усестороннього стискування; μ – модуль зрушення; ρ – щільність. Відомо [26, 29 – 31], що $V_p > V_s$ та залежить від глибини проникнення (рис. 2).

Згідно представлених на рис. 2 даних, подовжні (P) хвилі розповсюджуються на дуже великі глибини, включаючи ядро Землі. Глибина проникнення поперечних (S) хвиль обмежується розміром мантії, що обумовлюється показниками розповсюдження цих хвиль та фізико-хімічними та фізико-механічними властивостями ядра Землі [26].

Пронизування об'ємними сейсмічними хвилями планети дозволяє досліджувати її внутрішню

будову. Зворотною стороною такого процесу, на наш погляд, є провокування виникнення додаткових землетрусів в інших сейсмічно небезпечних регіонах земної кулі, а сейсмічний центр (Z_0) формується за рахунок флуктуаційних процесів в ядрі (магмі) Землі (рис. 3).

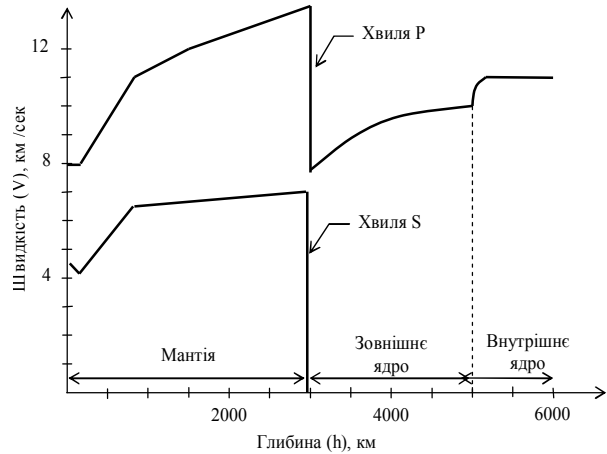


Рис. 2. Графік залежності швидкості сейсмічних хвиль від глибини проникнення

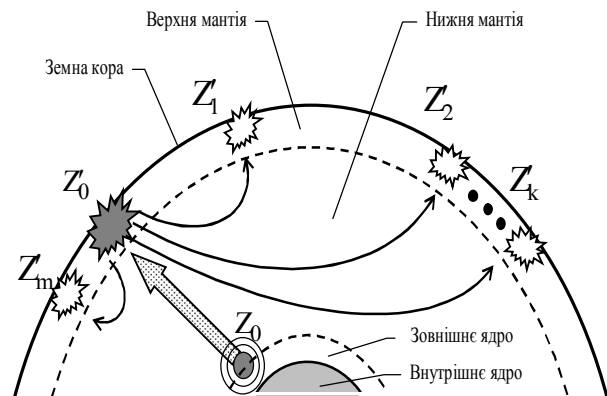


Рис. 3. Схема цепного (последовного) розвитку процесу розповсюдження нестабільності у сейсмічно небезпечних регіонах Землі: Z_0 – сейсмічний центр; Z'_0 – зона виникнення первинного землетрусу; Z'_j – зони (j=1, ..., k, ..., m) прояву вторинних землетрусів

Можливість прояву процесу циклічного розповсюдження нестабільності у сейсмічно небезпечних регіонах спостерігається у випадках виникнення значної кількості землетрусів у зоні Z'_0 за відносно короткій термін часу. У даному випадку система первинних землетрусів працює у режимі включення «генератора» накачування додатковою енергією, що провокує появу землетрусів в інших регіонах та перехід системи з режиму рівноваги (за рахунок потоків енергії із Космосу та надр Землі) в режим збудження (рис. 4).

Роботу «генератора» первинного накачування безпеки розглянемо на прикладі процесу підвищення сейсмічної безпеки в потенційно сейсмонезпечних регіонах за рахунок виникнення низки землетрусів у берегів Японії починаючи з березня 2011 року.



Рис. 4. Схема впливу енергії сейсмічної хвилі від первинного землетрусу на процес розвитку сейсмічного напруження у сейсмічно небезпечних регіонах

Зв'язок між магнітудою (M) землетрусу та його енергією (E), за даними [30], має вигляд:

$$\lg E = 11,8 + 1,5 \cdot M \quad (2)$$

Сумарна енергія, яка розрахована за даними (час виникнення, місце виникнення та магнітуда), зафіксованими вимірювальними засобами Головного центру спеціального контролю Державного космічного агентства України [32], землетрусів, що виникли у сейсмонезбезпечних регіонах за аналізований період часу, представлена на рис. 5.

Аналіз отриманих результатів інтегрування енергетичних показників землетрусів, які виникли у районі Японії та інших районах земної кулі з періодом дискретності в один місяць, дозволив визначити виникнення позитивного градієнту сумарної енергії землетрусів, а відповідно й їх кількості, за межами японського регіону в умовах стабільної роботи «первинного генератора». Так, у початковий період «березень – травень» спостерігається рівномірна за амплітудою робота генератора. У червні виникає додаткова підкачка енергії в інших потенційно небезпечних регіонах за рахунок збільшення там кількості землетрусів. У липні має місце трьохкратне підвищення сейсмічної енергії у цих регіонах, яке різко знижується у серпні та вересні. Таким чином, представлена на рис. 5 територіально-часова динаміка зміни енергії землетрусів підтверджує роботу представлену на рис. 3 схеми та циклічність основного й похідних землетрусів з можливим гальмуванням у часі окремих етапів вторичної генерації/

Наступним етапом роботи є дослідження територіально-часового розподілу процесу активації сейсмічної небезпеки в потенційно сейсмонезбезпечних регіонах в рамках представлення сейсмічного розлому, за умов $\Delta l \rightarrow \min$ (l – довжина розлому), лінійним диполем з відповідними властивостями направленої дії. Такий підхід не перечить встановленим представленням про те, що слід розлому на поверхні зазвичай є прямою [30].

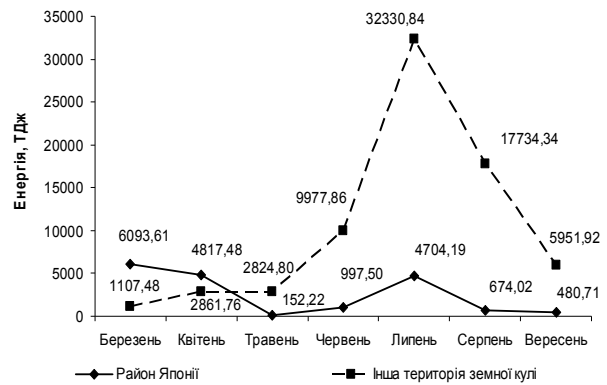


Рис. 5. Динаміка зміни сумарної енергії землетрусів, які виникли у районі Японії та інших районах земної кулі за період березень – вересень 2011 року

Відповідно, територіально-часовий аналіз землетрусів, які виникли у районі Японії починаючи з 11 березня 2011 року, до першого землетрусу у іншому районі земної кулі, дозволяє, в межах класичних математичних підходів апроксимації функції, представити сейсмічний розлом у вигляді, представленому на рис. 6.



Рис. 6. Територіально-часовий розподіл землетрусів, які виникли у районі Японії починаючи з 11 березня 2011 року до першого землетрусу у іншому районі земної кулі [32]:

- 1 – 11.03.2011р. 13:44:28; 2 – 11.03.2011р. 13:46:45;
- 3 – 11.03.2011р. 14:12:50; 4 – 11.03.2011р. 15:16:50;
- 5 – 11.03.2011р. 16:56:15; 6 – 11.03.2011р. 17:13:15;
- 7 – 11.03.2011р. 20:11:24; 8 – 11.03.2011р. 20:17:05;
- 9 – 11.03.2011р. 20:59:15; 10 – 11.03.2011р. 21:03:00;
- 11 – 11.03.2011р. 21:46:50; 12 – 11.03.2011р. 22:11:25;
- 13 – 12.03.2011р. 03:34:10; 14 – 12.03.2011р. 03:47:15;
- 15 – 12.03.2011р. 12:53:30; 16 – 12.03.2011р. 14:53:51;
- 17 – 12.03.2011р. 15:15:40; 18 – 13.03.2011р. 00:12:45;
- 19 – 13.03.2011р. 03:26:07; 20 – 13.03.2011р. 13:37:31;
- 21 – 14.03.2011р. 03:02:39; 22 – 14.03.2011р. 08:12:35;
- 23 – 15.03.2011р. 11:49:54; 24 – 15.03.2011р. 15:27:54;
- 25 – 15.03.2011р. 17:23:55; 26 – 15.03.2011р. 17:23:55;
- 27 – 16.03.2011р. 05:52:05

Направлена дія «генератора активації» сейсмічно небезпечних регіонів досліджувалася, у відповідності з направленням диполу, за чотирма напрямками – I, II, III та IV (рис. 6). Необхідно особливо відмітити те, що напрямок IV (західний напрямок розвитку сесмічної активності від японського епіцентру) має важливе значення для України, який активізувався у період активності японського регіону за рахунок виникнення вторинних землетрусів у Туреччині, Середземному морі та на Балканах [32] по розділу геопліт. Наслідки від цих явищ зможуть відчуватися у Криму та Західній Україні.

Результати досліджень з періодом дискретності в один місяць представлено на рис. 7 – 12.



Рис. 7. Динаміка основних показників землетрусів, які виникли у японському регіоні, за період з березня по вересень 2011 року

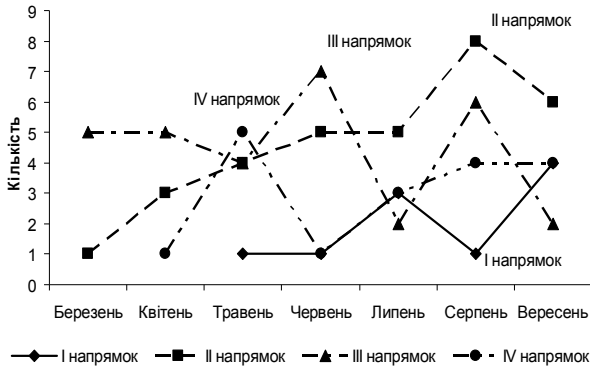


Рис. 8. Динаміка кількості землетрусів, які виникли за межами японського регіону, за період з березня по вересень 2011 року

Обговорення. Представлений у даній статті аналіз процесу розповсюдження циклічної генерації землетрусів у потенційних сейсмічно небезпечних територіально розподілених регіонах земної кулі в умовах виникнення первинного землетрусу показав наступне.

Виникнення умов циклічної генерації передбачає необхідність довгострокової роботи первинного генератора з високою амплітудою сигналу ($M \geq 5$).

Так, підготовчий період у випадку японських подій склав виникнення 27-ми потужних землетрусів (рис. 6), що дозволило провести накачку енергією літосферну складову верхньої мантії та можливо вийти на відповідний рівень сейсмічної активності в інших регіонах земної кулі.

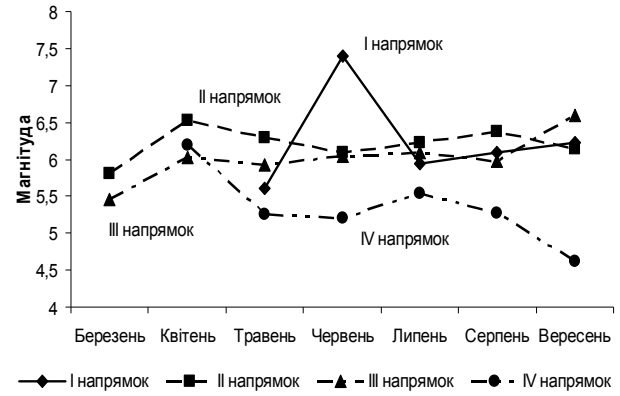


Рис. 9. Динаміка значень середньої магнітуди землетрусів, які виникли за межами японського регіону, за період з березня по вересень 2011 року

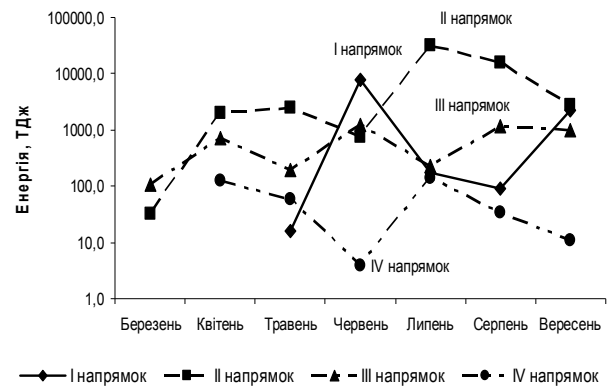


Рис. 10. Динаміка значень сумарної енергії землетрусів, які виникли за межами японського регіону, за період з березня по вересень 2011 року

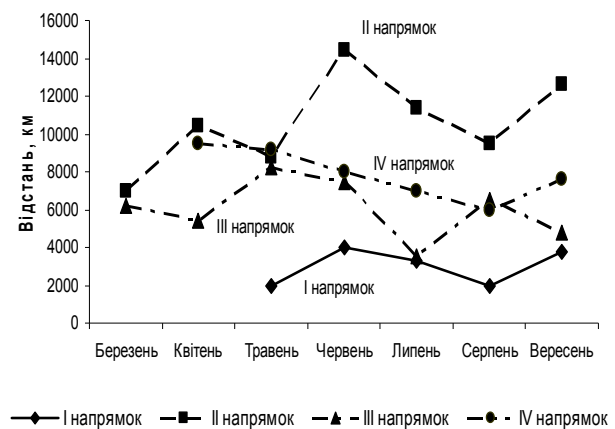


Рис. 11. Динаміка значень середньої відстані між японським регіоном та іншими регіонами, де виникли землетруси за період з березня по вересень 2011 року

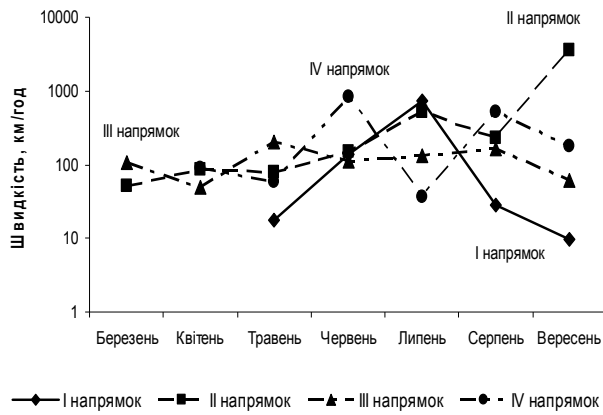


Рис. 12. Динаміка значень середньої швидкості розповсюдження процесу виникнення землетрусів між японським регіоном та іншими регіонами, за період з березня по вересень 2011 року

Подальший процес виникнення землетрусів у берегів Японії можливо розглядати як фактор енергетичної підтримки активованого сейсмічного режиму з надр Землі.

Напрямки розповсюдження небезпеки характеризуються наявністю великої кількості потенційно сейсмічно небезпечних регіонів, які знаходяться на межах тектонічних плит та перебувають в режимі збудження (рис. 13).

Аналізуючи кількість виникнення, рівень амплітуд (магнітуд) та енергії вторинних землетрусів за чотири напрямками (рис. 14) можливо вказати на відносно велику середню кількість (N_C) та відносно великий середній рівень (M_C) землетрусів, а відповідно й

рівень сейсмічної небезпеки, у II та III напрямках відносно положення розлому у берегів Японії.

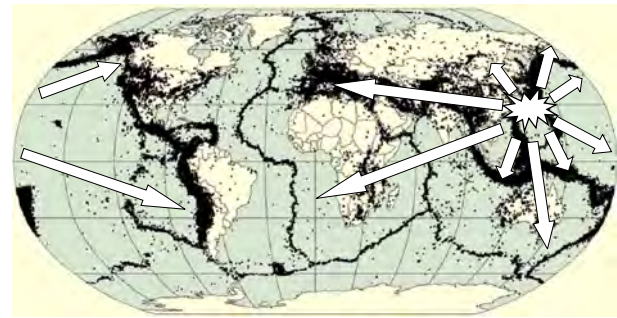


Рис. 13. Розподіл сейсмічної небезпеки на планеті за даними о землетрусах (чорні крапки) у період 1963 – 1998 рр. (<http://ru.wikipedia.org/wiki/Землетрясение>) та напрямки (білі стрілки) розповсюдження сейсмічної небезпеки за умов виникнення первинної генерації у берегів Японії у березні 2011 року

Територіальний розподіл сумарної енергії (E_C) землетрусів (рис. 14, в) має аналогію з розподілом магнітуд (рис. 14, б). Виключення становить I напрямком в червні місяці, який характеризується виникненням землетрусу у районі Лисячих островів магнітудою $M = 7,4$ ($E = 7,5 \cdot 10^{15}$ Дж, згідно виразу (2)), що обумовлено виникненням відповідно сильного напруження у земній корі, що пов'язано з фізико-механічними властивостями цього регіону, який, можливо, знаходиться у процесі активізації від впливу землетрусів протягом попередніх місяців.

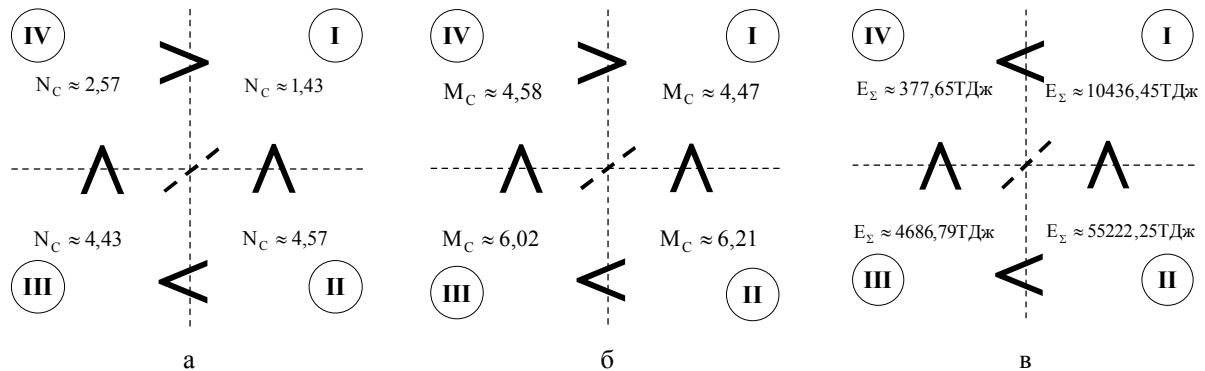


Рис. 14. Порівняльний аналіз середньої, за період березень – вересень 2011 року, кількості – а; величині магнітуди – б та сумарної енергії – в землетрусів, які виникли в сейсмічно небезпечних регіонах земної кулі за чотири напрямками відносно японських землетрусів

Наслідком амплітудно-енергетичних показників землетрусів є відповідний територіальний розподіл середніх значень відстані (L_C) між первинними та вторинними землетрусами (рис. 15, а) та швидкості (V_C) розповсюдження нестабільності у сейсмічно небезпечних регіонах (рис. 15 б). Різниця в значеннях цих показників за напрямками розповсюдження (I,

II, III та IV) визначається напрямком виникнення розлому, властивостями розповсюдження сейсмічних хвиль та властивостями середовища розповсюдження [33, 34]. Отриманні результати співвідношень швидкостей розповсюдження сейсмічної небезпеки за чотири напрямками (рис. 12; 15, б) відповідно характеру розлому (рис. 6) не суперечать встановленому в [26, 30] співвідношенню $V_p > V_s$.

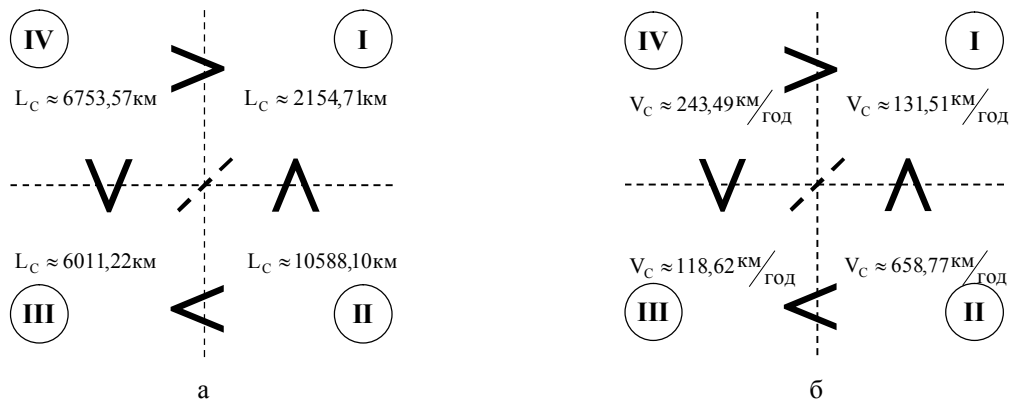


Рис. 15. Порівняльний, за період березень – вересень 2011 року, аналіз середньої відстані:
а – між первинними та вторинними землетрусами та швидкістю розповсюдження сейсмічної небезпеки;
б – за чотирма напрямками відносно японських землетрусів

Результати же порівняння характеру змінення величин N_C , M_C , E_C , L_C й V_C вторинних землетрусів зі значеннями амплітудно-енергетичних показників первинних землетрусів (рис. 7) дозволяють заключити про їх взаємозалежність. Так, аналіз рис. 7 – 12 дозволяє скласти наступну картину: – виникнення за березень місяць у берегів Японії великої кількості потужних землетрусів стало наслідком вивільнення великої кількості сумарної енергії ($E \approx 6 \cdot 10^{15}$ Дж) з надр Землі, що послужило початком активації інших сейсмічно небезпечних регіонів земної кулі; – у квітні – травні спостерігається процес зменшення кількості первинних землетрусів, на відміну від чого в інших регіонах спостерігається протилежна картина сейсмічної активності, на що необхідно визначити появу часової затримки між динамікою амплітудно-енергетичних показників з динамікою значень L_C та V_C , що, можливо, пов'язано з процесом налаштування або перелаштування каналу розповсюдження сейсмічної небезпеки у процесі включення або зміни настройок роботи «генератора активації» сейсмічної небезпеки; – активізація первинного «генератора активації» у червні – липні послужило причиною появи вторинної сейсмічної активності у липні – серпні, що остаточно доводить можливість виникнення 1 – 2 – 3 – ... – ланків при цепному розповсюдженні нестабільності у сейсмічно небезпечних регіонах земної кулі.

Таким чином, наявність можливості виникнення цепного розповсюдження нестабільності у сейсмічно небезпечних регіонах земної кулі вказує на необхідність проведення подальших досліджень та досконалого вивчення процесів територіально-часової генерації небезпек «природно – природного» та «природно – техногенного» характерів, з метою встановлення можливості активного або пасивного впливу на них для недопущення їх виникнення або розвитку.

Висновки

1. Встановлена можливість територіально-часового розвитку небезпек від первинного джерела зе-

млетрусів до вторинних, третинних та подальших.

2. Запропоновано механізм цепного розвитку процесу розповсюдження нестабільності у сейсмічно небезпечних регіонах Землі від первинного джерела до подальших.

3. Вказано на можливість сейсмічного враження території України, як території, яка може потрапити під дію вторинних та третинних джерел сейсмічної небезпеки, та на необхідність участі України у проведенні додаткових досліджень та досконалого вивчення процесів територіально-часової генерації небезпек «природно – природного» та «природно – техногенного» характерів, з метою встановлення можливості активного або пасивного впливу на них для недопущення їх виникнення або розвитку.

Список літератури

1. 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.
2. Тютюник В.В. Аналіз факторів, які провокують виникнення надзвичайних ситуацій природного характеру / В.В. Тютюник, В.Д. Калугін // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2011. – Вип. 4(94). – С. 280-284.
3. Національна доповідь „Про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2002 році” – К.: Чорнобильінтерінформ, 2003. – 291 с.
4. Національна доповідь „Про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2003 році” – К.: Чорнобильінтерінформ, 2004. – 435 с.
5. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2004 році – К.: Чорнобильінтерінформ, 2005. – 360 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2004.html.
6. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2005 році – К.: Чорнобильінтерінформ, 2006. – 375 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2005.html.
7. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2006 році – К.: Чорнобильінтерінформ, 2007. – 235 с. [Електронний

ресурс] – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2006.html.

8. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2007 році – К.: Чорнобильінтерінформ, 2008. – 230 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2007.html.

9. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2008 році – К.: Чорнобильінтерінформ, 2009. – 257 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2008.html.

10. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2009 році – К.: Чорнобильінтерінформ, 2010. – 252 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2009.html.

11. Мострюков А.О. Каталог механизмов очагов землетрясений: 1964 – 1990 / А.О. Мострюков, В.А. Петров. – М., 1994. – 87 с.

12. Соболев Г.А. Физика землетрясений и предвестники / Г.А. Соболев, А.В. Пономарев. – М.: Наука, 2003. – 270 с.

13. Сейсмические риски внезапных выбросов пород: основные принципы управления рисками (обзор зарубежного опыта) / Л.Л. Кауфман, Б.А. Лысиков; ред. Л.Л. Кауфман. – Донецк: Норд-Пресс, 2010. – 421 с.

14. Учитель И.Л. Разрушительные свойства геодинамики: [моногр.] / И.Л. Учитель – Одесса: Астропринт, 2010. – 222 с.

15. The study of multidisciplinary earthquake prediction in China / Zhang Guomin, Zhang Zhaocheng // J. Earth. Predict. Res. – 1992. – Vol. 1. – N 1. – P. 71 – 85.

16. Уайт Дж. Э. Возбуждение и распространение сейсмических волн / Дж. Э. Уайт. – М.: Недра, 1986. – 261 с.

17. Пасечник И.П. Характеристики сейсмических волн при ядерных взрывах и землетрясениях / И.П. Пасечник. – М.: Недра, 1970. – 191 с.

18. Матричний метод та його модифікації в задачах розрахунку хвильового поля землетрусу і параметрів його джерела: автореф. дис. ... д-ра фіз.-мат. наук.: 04.00.22 / Д.В. Малицький; НАН України, Ін-т геофізики ім. С.І. Суботіна. – К.: 2010. – 40 с.

19. Features of precursor fields before and after the Datong-Yang-gao Earthquake swarm / Ma Li, Chen Jianmin, Chen Qifu, Liu Guiping // J. Earth. Predict. Res. – 1995. – Vol. 4. – N 1. – P. 1 – 30.

20. Соболев Г.А. Основы прогноза землетрясений / Соболев. – М.: Наука, 1993. – 313 с.

21. Тертышников А.В. Перспективы мониторинга сейсмических условий из космоса / А.В. Тертышников,

В.В. Платонов // Электронный научный журнал «Исследовано в России» [Электронный ресурс] – Режим доступу: <http://www.zhurnal.ape.relarn.ru/artecles/2007/031.pdf>.

22. Сейсмологічні основи прогнозу сейсмічної небезпеки території півдня України: автореф. дис. ... канд. фіз.-мат. наук.: 04.00.22 / А.А. Пустовітенко; НАН України, Ін-т геофізики ім. С.І. Суботіна. – К.: 2008. – 21 с.

23. Возбуждение ОНЧ-сигналов при подготовке землетрясения / В.М. Бардаков, Б.О. Вугмейстер, А.С. Гуров [и др.] // Электронный научный журнал «Исследовано в России» [Электронный ресурс] – Режим доступу: <http://www.zhurnal.ape.relarn.ru/artecles/2007/116.pdf>.

24. Pre-earthquake ionospheric anomalies registered by continuous GPS TEC measurement / J.Y. Liu, Y.J. Chuo, S.J. Shan, Y.B. Tsai, Y.I. Chen, S.A. Pulnits, S.B. Yu // Annales Geophysicae. – 2004. – Vol. 22. – P. 1585 – 1593.

25. Вплив природних і техногенних процесів на потенційно небезпечних об'єктах. Сейсмічний ризик: автореф. дис. ... канд. геог. наук.: 04.00.22 / О.Б. Винниченко; Київ. нац. ун-т ім. Т. Шевченка. – К.: 2005. – 20 с.

26. Трухин В.И. Общая и экологическая геофизика / В.И. Трухин, К.В. Показеев, В.Е. Куницын. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 576 с.

27. Райс Дж. Механика очага землетрясения / Дж. Райс. – М.: Мир, 1982. – 217 с.

28. Зобин В.М. Динамика очага вулканических землетрясений / В.М. Зобин. – М.: Наука, 1979. – 92 с.

29. Саваренский Е.Ф. Сейсмические волны / Е.Ф. Саваренский. – М.: Недра, 1972. – 296 с.

30. Касахара К. Механика землетрясений / К. Касахара. – М.: Мир, 1985. – 264 с.

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

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

33. Пиенников К.В. Механизм возникновения афтершоков и неупругие свойства земной коры / К.В. Пиенников. – М.: Наука, 1965. – 87 с.

34. Гуфельд И.Л. Сейсмический процесс. Физико-химические аспекты / И.Л. Гуфельд. – М.: Научное издание. Королёв, М.О.: ЦНИИМаи, 2007. – 160 с.

Надійшла до редколегії 14.11.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.М. Фоменко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ЦЕПНОГО РОЗВИТКУ ПРОЦЕСУ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ НЕСТАБІЛЬНОСТІ У СЕЙСМІЧНО НЕБЕЗПЕЧНИХ РЕГІОНАХ ЗЕМЛІ

В.В. Тютюник, В.Д. Калугін

У роботі, на основі представлень про територіально-часовий розподіл джерел сейсмічної небезпеки, їх взаємний вплив та можливість виникнення циклічної генерації землетрусів, проведені дослідження механізму цепного розвитку процесу розповсюдження нестабільності у сейсмічно небезпечних регіонах земної кулі з метою удосконалення комплексної системи попередження надзвичайних ситуацій.

Ключові слова: сейсмічно небезпечні регіони, територіально-часовий розподіл небезпек, цепний розвиток сейсмічної небезпеки, комплексна система попередження надзвичайних ситуацій.

RESEARCH OF MECHANISM OF CHAIN DEVELOPMENT OF PROCESS OF DISTRIBUTION OF INSTABILITY IS IN SEISMICALLY DANGEROUS REGIONS OF EARTH

V.V. Tiutiunik, V.D. Kalugin

In this paper, based on representations of territorial and time distribution of seismic hazard sources, their mutual influence and the potential for cyclic generation of earthquakes, researches of the mechanism of chain propagation process instability in seismically dangerous regions of the globe to improve comprehensive early warning system emergencies.

Keywords: seismically dangerous regions, territorial and time distribution of hazards, chain development of seismic hazard, comprehensive emergency warning system.