

УДК 351.861

Турал Агазаде, ORCID iD 0000-0002-0165-1118

Державна Протипожежна Служба МНС Азербайджану

Вадим Тютюник, док. техн. наук, професор, ORCID iD 0000-0001-5394-6367

Національний університет цивільного захисту України

Леонід Черногор, док. физ.-мат. наук, професор, ORCID iD 0000-0001-5777-2392

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Ольга Тютюник, канд. техн. наук, доцент, ORCID iD 0000-0002-3330-8920

Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця

ОСОБЛИВОСТІ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ АНТИКРИЗОВИХ РІШЕНЬ В УМОВАХ ВИНИКНЕННЯ ГЕОФІЗИЧНИХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Розроблено ймовірнісну математичну модель оцінки можливості виникнення землетрусів магнітудою ≥ 5 на окремій сейсмічно активній території Земної кулі в залежності від рівня сейсмічної активності Земної кулі. Розроблена модель базується на уявленнях про динаміку фізичних процесів, які протікають в системі нелінійних енергетичних взаємодій Сонце–Земля–Місяць та впливають на рівень сейсмічної активності окремої сейсмічно активної території Земної кулі. У якості вхідних даних щодо визначеності параметрів розподілу Парето використані результатами спостережень Головного центру спеціального контролю Державного космічного агентства України за рівнем сейсмічної активності Земної кулі за період 2009–2021 рр. Результати моделювання лягли в основу удосконалення функціонування ситуаційних центрів щодо процедури підтримки прийняття антикризових рішень на виконання структурними підрозділами системи цивільного захисту задач за призначенням, які спрямовані на мінімізацію наслідків від геофізичних надзвичайних ситуацій. Інформаційно-технічна реалізація розробленої математичної моделі в інтересах удосконалення процедури підтримки прийняття антикризових рішень передбачає комплексне виконання в системі єдиного часу наступних п'яти функцій: 1) безперервний глобальний моніторинг рівня сейсмічної активності Земної кулі; 2) безперервний моніторинг сейсмічної активності окремої території Земної кулі; 3) оцінка, за результатами моніторингових спостережень, ймовірностей виникнення землетрусів на окремих сейсмічно активних територіях Земної кулі в залежності від рівня сейсмічної активності Земної кулі; 4) реалізація на окремій сейсмічно активній території Земної кулі, за результатами оцінки ймовірності виникнення на цій території землетрусу, режиму підвищеної готовності системи цивільного захисту; 5) реалізація на окремій сейсмічно активній території Земної кулі, за результатами безперервного моніторингу її сейсмічної активності, режиму "Геофізична надзвичайна ситуація".

Ключові слова: геофізична надзвичайна ситуація, ймовірність виникнення землетрусу, підтримка прийняття антикризових рішень, ситуаційний центр, система цивільного захисту, виконання задач за призначенням, мінімізація наслідків

Постановка проблеми. Широкий спектр проблем, що повстають в сучасних умовах виникнення небезпечних для території Земної кулі геофізичних надзвичайних ситуацій (НС) та призводять до порушень нормальних умов життєдіяльності суспільства, що характеризуються значними соціально-економічними наслідками, вказує на необхідність розробки ефективних заходів оптимального управління процесами своєчасного виявлення потенціальних джерел небезпек і мінімізації наслідків від землетрусів [1–6].

Перспективним напрямом розробки таких заходів є створення геоінформаційної системи безпеки території та населення держави від геофізичних НС, функції якої реалізовано за принципом класичного контуру управління та схематично представлено на рис. 1 [7].

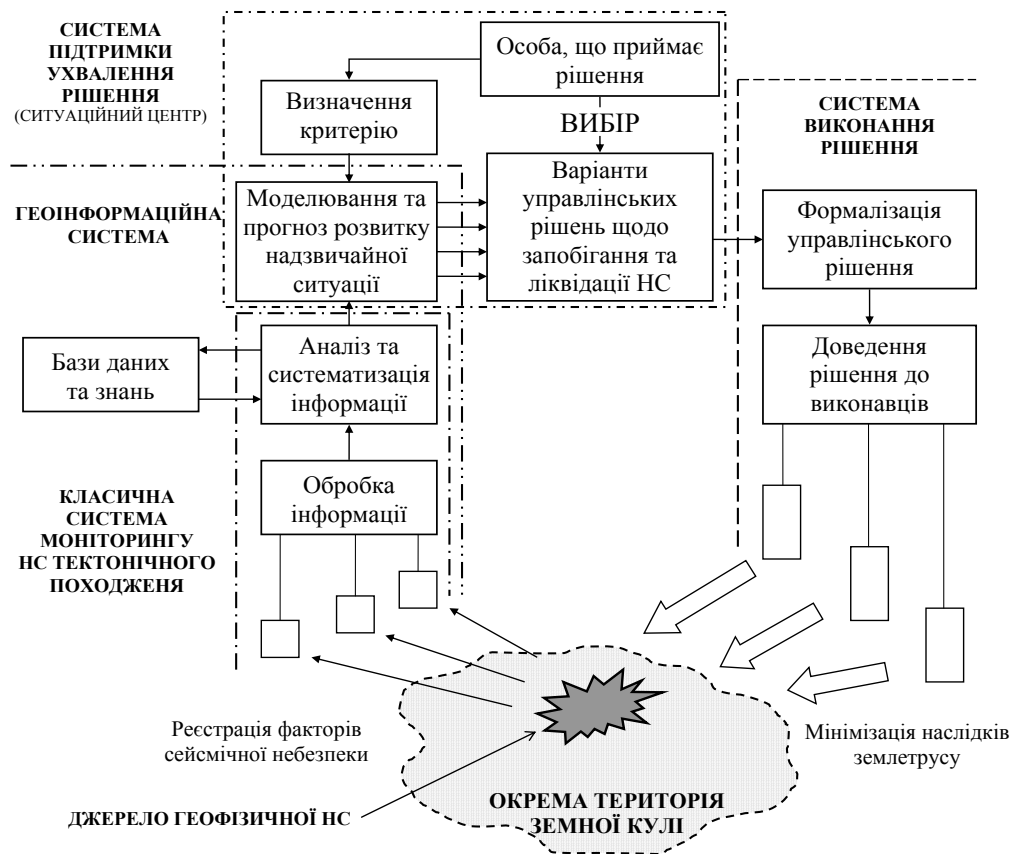


Рисунок 1. – Схема структури геоінформаційної системи безпеки від геофізичних надзвичайних ситуацій як засобу управління

Як видно з рис. 1, ефективність функціонування геоінформаційної системи безпеки від геофізичних НС в багатьох випадках залежить від роботи системи підтримки ухвалення антикризових рішень, яка базується на синтезі інформаційно-комунікаційних технологій, засобів накопичення та представлення інформації, комп'ютерних засобів підтримки прийняття рішень. Ця система підтримки ухвалення рішень може бути представлена у вигляді ситуаційного центру, під яким розуміється сукупність методів, алгоритмів, моделей прийняття управлінських рішень і комплексу технологій як підтримуючих, так і тих, що реалізують ці рішення [8–11]. Розробка таких підходів до прийняття ефективних антикризових рішень щодо реалізації структурними підрозділами системи цивільного захисту завчасних дій за призначенням, які спрямовані на мінімізацію наслідків від геофізичних НС, є актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Результати проведеного аналізу літературних даних та інформаційних Інтернет-ресурсів [12–26] свідчать про те, що сучасні системи безпеки в умовах геофізичних НС функціонують за принципом побудови, згідно даних рис. 1, геоінформаційних систем сейсмічного моніторингу території Земної кулі в глобальному та національному масштабах, без надання структурним підрозділам системи цивільного захисту прогностичної інформації для завчасної підготовки їх до ефективного виконання задач за призначенням, які спрямовані на мінімізацію наслідків від геофізичних НС.

Виходячи з вище висловленого, одним з перспективних напрямків розвитку систем безпеки в умовах геофізичних НС є розвиток наукових основ створення комплексної системи безпеки, де реалізуються підходи щодо взаємодії між функціями моніторингу, підтримки прийняття антикризових рішень та виконання цих рішень. Ефективність функціонування такої системи безпеки залежить від роботи системи підтримки ухвалення антикризових

рішень, особливістю реалізації якої є створення ситуаційних центрів [8–10, 27]. В той же час, ефективне функціонування ситуаційних центрів, як зв'язуючої ланки між системою моніторингу НС та системою цивільного захисту, потребує розробок адекватних прогностичних моделей для підтримки прийняття антикризових рішень в умовах виникнення НС.

На сьогодні, основою прогностичних сейсмічних спостережень є знання фізичних законів механізму землетрусів і контроль стану фізичних полів в сейсмоактивній зоні [28, 29]. Також, спостерігається розвиток на базі інформаційних технологій статистично-імовірнісних підходів щодо прогнозування землетрусів, а саме в [30] представлені результати дослідження прогнозування землетрусів у північно-західному районі В'єтнаму за допомогою нейромережових технологій. В той же час, результати аналізів статистичних даних рідкісних руйнівних НС вказують на те, що ці події у вирішальній мірі залежать від степеневого закону розподілу імовірності. Так, в [31, 32] представлені результати використання закону Ріхтера-Гутенбергу для оцінки кількості землетрусів від їх енергії. Подібний підхід також використовується для прогнозу інтенсивності виникнення різного роду НС природного та техногенного характеру та оцінки рівня соціального збитку в умовах виникнення НС [33–36].

Одним з перспективних напрямків розвитку цього підходу щодо прогнозування землетрусів є дослідження характеру поведінки функції розподілу землетрусів в області рідкісних руйнівних землетрусів на основі використання положень теорії екстремальних значень та в рамках моделі мультиплікативного каскаду [37]. Тому, розробка математичної моделі функціонування ситуаційного центру щодо оцінки ймовірності виникнення землетрусів з магнітудою ≥ 5 на окремій сейсмічно активній території Земної кулі, як елементу каскадного розвитку сейсмічної активності Земної кулі, та прийняття ефективних антикризових рішень щодо реалізації структурними підрозділами системи цивільного захисту завчасних дій за призначенням, які спрямовані на мінімізацію наслідків від геофізичних НС, й визначає напрямок наших наукових досліджень у галузі цивільного захисту.

Постановка завдання та його вирішення. Метою цієї роботи є удосконалення процедури підтримки прийняття антикризових рішень щодо реалізації структурними підрозділами системи цивільного захисту завчасних дій за призначенням, які спрямовані на мінімізацію наслідків від геофізичних НС.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання: 1) розробити ймовірнісну математичну модель оцінки можливості виникнення землетрусів магнітудою ≥ 5 на окремій сейсмічно активній території Земної кулі в залежності від рівня сейсмічної активності Земної кулі; 2) удосконалити процедуру підтримки прийняття антикризових рішень щодо режимів функціонування системи цивільного захисту та виконання структурними підрозділами системи цивільного захисту задач за призначенням, які спрямовані на мінімізацію наслідків від геофізичних НС, в залежності від результатів моніторингу та оцінки ймовірності виникнення землетрусів на окремій сейсмічно активній території Земної кулі.

Особливості прояву залежності між сейсмічною активністю окремої території Земної кулі та рівнем сейсмічної активності Земної кулі розглянемо на базі аналізу динаміки фізичних процесів, що протікають в енергетичній системі Сонце–Земля–Місяць. Ці процеси можна схематично представити на рис. 2–4 та охарактеризувати наступними особливостями просторових будов у межах Сонячної системи [38–40].

1. Вісь обертання Землі в небесній сфері описує складну хвилеподібну траєкторію, точки якої знаходяться на кутовій відстані, в середньому близько $23,5^\circ$ від полюса екліптики (рис. 2). Вершина конуса збігається з центром Землі. Точки рівнодення та сонцестояння рухаються по екліптиці назустріч Сонцю. Моменти сил тяжіння, які діють на екваторіальні здуття, змінюються в залежності від положень Місяця та Сонця по відношенню до Землі.

Коли Місяць і Сонце знаходяться в площині земного екватора, моменти сил зникають, а коли схилення Місяця та Сонця максимальні, то і величина моменту сил найбільша. Внаслідок коливань моментів сил тяжіння спостерігаються нутації осі обертання Землі, які складаються з ряду невеликих періодичних коливань. Основне з них має період 18,6 року – час звернення вузлів орбіти Місяця. Рух з цим періодом відбувається по еліпсу. Велика вісь еліпса перпендикулярна напрямку прецесійного руху і дорівнює $18,4''$; мала – паралельна йому і дорівнює $13,7''$. Далі за величиною амплітуди йдуть складові з періодом 0,5 року, 13,7 діб, 9,3 року, 1 рік, 27,6 діб тощо, тому траєкторія має вигляд «тонких мережив» (показано на збільшеному фрагменті в лівій частині рис. 2).

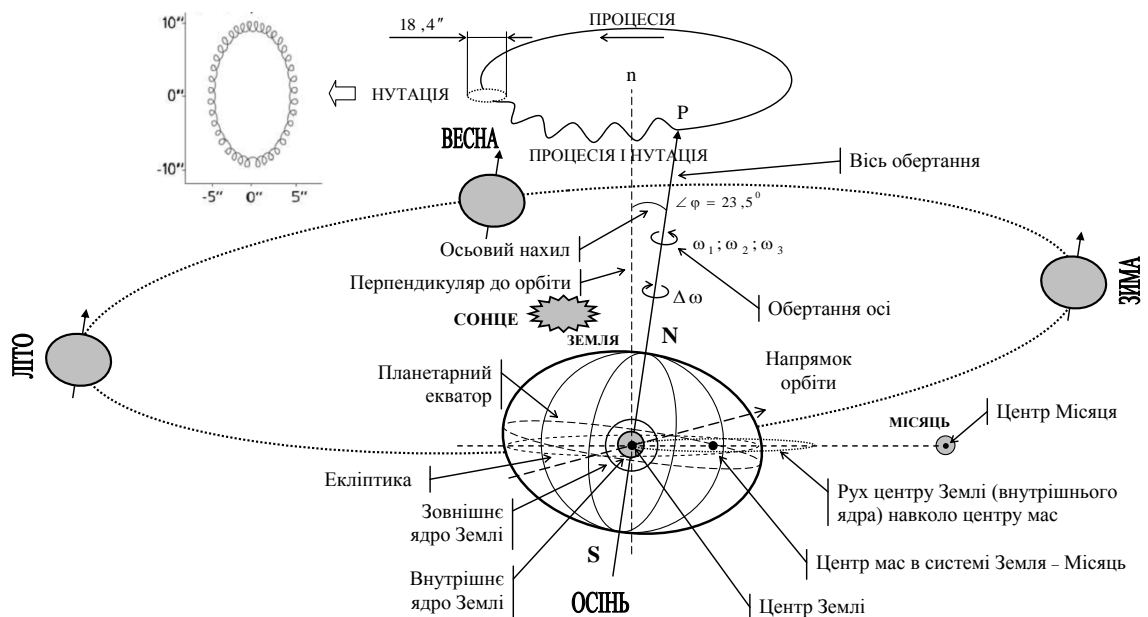


Рисунок 2. – Схема руху внутрішнього ядра Землі в системі нелінійних енергетичних взаємодій Сонце–Земля–Місяць

2. В результаті ексцентричного обертання оболонки Землі навколо зміщеного внутрішнього ядра виникає тиск з боку твердого внутрішнього ядра та навколишнього розплаву (зовнішнього ядра) на мантію, яке видавлює оболонку зсередини. В інших частинах планети виникають сили, що стискають оболонку кулі, втягуючи її всередину до ядра. Даний процес має дві складові: вплив за рахунок річного переміщення центру внутрішнього ядра відносно центру Земної кулі (рис. 2–4); вплив за рахунок ексцентричного обертання ядра відносно нижньої мантії, коли за рахунок різниці в кутових швидкостях обертань ядра та нижньої мантії (ω_1 – кутова швидкість обертання мантії; ω_2 – кутова швидкість обертання зовнішнього ядра; ω_3 – кутова швидкість обертання внутрішнього ядра; $\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1$ – кутова швидкість повороту зовнішнього ядра відносно мантії («західний дрейф»)), тому спостерігаються зони підвищеного тиску та розрядження ($P_1 \neq P_2$, де P_1 та P_2 – показники тиску внутрішнього ядра Земної кулі на її поверхню), які впливають на рівень сейсмічної активності поверхні Земної кулі (рис. 3). Існування таких зон буде підтримуватися до тих пір, поки існує різниця в кутових швидкостях обертання та зміщення ядра.

3. У процесі переміщення літосферних плит (рис. 4) виникають внутрішні пружні напруження, які є енергетичними джерелами землетрусів Z_0 . Глибина виникнення пружних напружень залежить від характеру переміщення плит. Відносний рух літосферних плит призводить до виникнення неглибоких (не глибше 20–25 км) джерел землетрусів, а занурення літосферних плит у мантію провокує появу джерел глибоких (що перевищують

70 км) землетрусів. Зі збільшенням відстані від кордону поділу літосферних плит знижується ймовірність виникнення пружних напружень – джерел землетрусів.

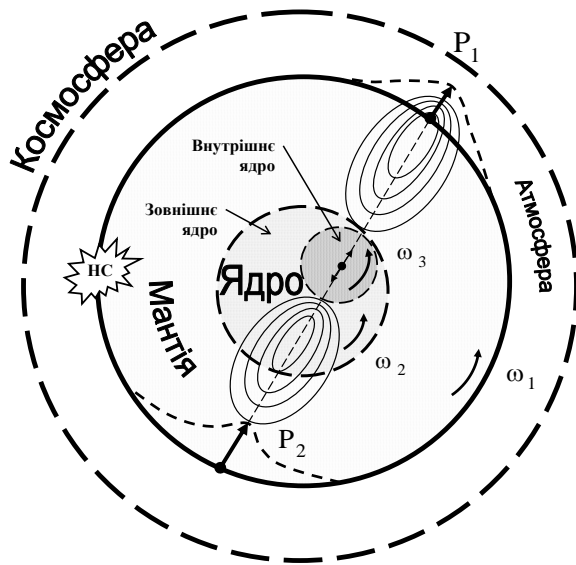


Рисунок 3. – Схема впливу коливань внутрішнього ядра на сейсмічну активність

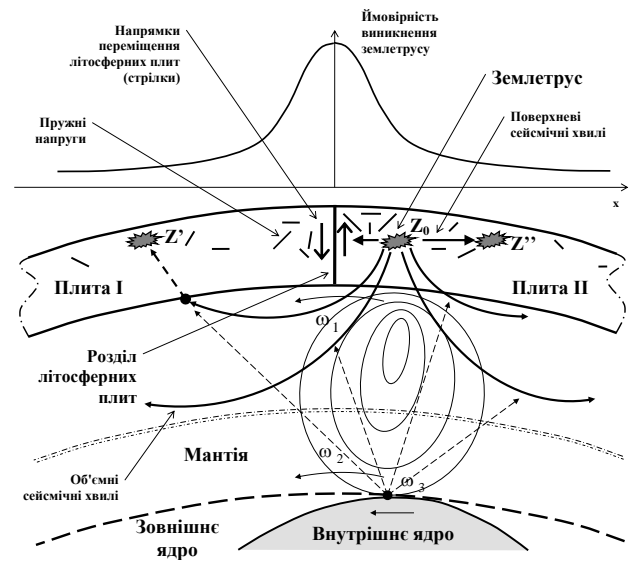


Рисунок 4. – Схема процесу виникнення землетрусів і поширення сейсмічної активності

5. В процесі просторово-коливального переміщення внутрішнього ядра Землі та його впливу на зовнішнє ядро підвищується ймовірність взаємного посилення або ослаблення об'ємних сейсмічних хвиль, а, отже, й можливість виникнення вторинних землетрусів Z' .

6. Не виключена можливість впливу поверхневих і об'ємних сейсмічних хвиль на напруженості в літосфері, що виникли поблизу землетрусу та провокують виникнення ланцюгової реакції поширення сейсмічної небезпеки Z'' .

7. Встановлено, що внаслідок руху внутрішнього ядра Землі відбуваються територіально-часові зміни інтенсивності природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ПЕМПЗ), що провокують аномальні процеси в атмосфері, іоносфері та магнітосфері.

Згідно даних рис. 2–4, енергетична система Сонце–Земля–Місяць є складною системою. Тому, процес виникнення сейсмічної активності на Земній кулі в такій складній системі можна описати степеневими законами розподілу ймовірностей. Розподілом серед степеневих законів розподілу ймовірностей, що має велике практичне значення при прогнозі інтенсивності виникнення НС природного та техногенного характеру, є розподіл Парето [36], який задається щільністю ймовірностей

$$\rho(x) = \frac{\alpha}{\theta} \left(\frac{\theta}{x} \right)^{\alpha+1} \quad (1)$$

та функцією розподілу

$$F_x(x) = 1 - \left(\frac{\theta}{x} \right)^{\alpha} \quad (2)$$

при $x > \theta$.

Розробка ймовірносної математичної моделі оцінки можливості виникнення землетрусів магнітудою ≥ 5 на окремій сейсмічно активній території Земної кулі в

залежності від рівня сейсмічної активності Земної кулі базувалося на визначеності параметрів розподілу Парето за результатами спостережень за рівнем сейсмічної активності Земної кулі, які представлені ГЦСК ДКА України [24], за період 2009–2021 роки. У математичній постановці ця задача має наступне формулювання: отримано вибірку x_1, \dots, x_n щодо кількостей виникнення землетрусів на Земній кулі в інтервалах між землетрусами на окремій сейсмічно активній території Земної кулі. Необхідно визначити або з достовірною точністю оцінити параметри α і θ .

Необхідно вказати, що в роботі достатньо визначити параметр α , оскільки параметр θ визначається як мінімальний поріг, тобто мінімальна кількість виникнення землетрусів Земній кулі в інтервалах між землетрусами на окремій сейсмічно активній території Земної кулі.

Для оцінки параметрів розподілу за вибіркою найбільш часто використовується метод максимальної правдоподібності. У випадку розподілу Парето щільність ймовірності того, що елементи вибірки приймуть значення x_1, \dots, x_n , якщо параметри розподілу Парето дорівнюють α і θ , становить:

$$G(x_1, \dots, x_n / \alpha, \theta) = \left(\frac{\alpha}{\theta} \right)^n \left(\frac{\theta^n}{x_1 \cdot \dots \cdot x_n} \right)^{\alpha+1}. \quad (3)$$

Звідси оцінка максимальної правдоподібності має вигляд:

$$\hat{\alpha} = \frac{n}{\ln x_1 + \dots + \ln x_n - n \ln \theta}, \quad (4)$$

де x_1, \dots, x_n – вибірка щодо кількостей виникнення землетрусів на Земній кулі в інтервалах між землетрусами на окремій сейсмічно активній території Земної кулі; n – розмір цієї вибірки.

Вираз (4) можливо представити у наступному вигляді:

$$\hat{\alpha} = \frac{n}{\ln \left(\frac{x_1}{\theta} \right) + \dots + \ln \left(\frac{x_n}{\theta} \right)}. \quad (5)$$

Моделювання щодо ймовірності виникнення землетрусу на окремій сейсмічно активній території Земної кулі проведено за результатами аналізу сейсмічної активності за період 2009–2021 рр. декількох окремих територій Земної кулі, з різним ступенем їх сейсмічної активності, який був оцінено шляхом проведення кластерного аналізу сейсмічно активних окремих територій Земної кулі. Результати кластеризації наведено у роботі [41]. Виходячи з цих результатів, в роботі проведено аналіз сейсмічної активності таких трьох сейсмічно активних окремих територій планети, як: територія Японії (територія з відносно високим ступенем сейсмічної активності), територія Азербайджану (територія з відносно середнім ступенем сейсмічної активності) та гір Вранча (територія Румунії з відносно низьким ступенем сейсмічної активності, але ця територія становить сейсмічну небезпеку для території України).

Результати моделювання ймовірності виникнення землетрусу в районі Японських островів у залежності від поточного рівня сейсмічної активності Земної кулі можливо представити у наступному вигляді:

$$F_{\text{Японія}}(N_{\Sigma}) = 1 - \left(\frac{\theta_{\text{Японія}}}{N_{\Sigma}} \right)^{\hat{\alpha}_{\text{Японія}}} = 1 - \left(\frac{7}{N_{\Sigma}} \right)^{1,07}, \quad (6)$$

де $\theta_{\text{Японія}} = 7$ – мінімальна кількість виникнення землетрусів магнітудою ≥ 5 на Земній кулі в інтервалах між землетрусами, що виникли в районі Японських островів за період 2009–2021 рр.; $\hat{\alpha}_{\text{Японія}} = 1,07$ – оцінений параметр функції розподілу ймовірності виникнення землетрусу в районі Японських островів в залежності від рівня сейсмічної активності Земної кулі; N_{Σ} – поточна сумарна кількість землетрусів магнітудою ≥ 5 , що виникли на Земній кулі.

Результати моделювання ймовірності виникнення землетрусу на території Азербайджану в залежності від поточного рівня сейсмічної активності Земної кулі можливо представити у наступному вигляді:

$$F_{\text{Азербайджан}}(N_{\Sigma}) = 1 - \left(\frac{\theta_{\text{Азербайджан}}}{N_{\Sigma}} \right)^{\hat{\alpha}_{\text{Азербайджан}}} = 1 - \left(\frac{75}{N_{\Sigma}} \right)^{0,81}, \quad (7)$$

де $\theta_{\text{Азербайджан}} = 75$ – мінімальна кількість виникнення землетрусів магнітудою ≥ 5 на Земній кулі в інтервалах між землетрусами, що виникли на території Азербайджану за період 2009–2021 рр.; $\hat{\alpha}_{\text{Азербайджан}} = 0,81$ – оцінений параметр функції розподілу ймовірності виникнення землетрусу на території Азербайджану в залежності від рівня сейсмічної активності Земної кулі.

Результати моделювання ймовірності виникнення землетрусу в горах Вранча в залежності від рівня сейсмічної активності Земної кулі можливо представити у наступному вигляді:

$$F_{\text{Вранча}}(N_{\Sigma}) = 1 - \left(\frac{\theta_{\text{Вранча}}}{N_{\Sigma}} \right)^{\hat{\alpha}_{\text{Вранча}}} = 1 - \left(\frac{200}{N_{\Sigma}} \right)^{1,64}, \quad (8)$$

де $\theta_{\text{Вранча}} = 200$ – мінімальна кількість виникнення землетрусів магнітудою ≥ 5 на Земній кулі в інтервалах між землетрусами, що виникли в горах Вранча за період 2009–2021 рр.; $\hat{\alpha}_{\text{Вранча}} = 1,64$ – оцінений параметр функції розподілу ймовірності виникнення землетрусу в горах Вранча в залежності від рівня сейсмічної активності Земної кулі.

Отримані ймовірнісні моделі (вирази (7)–(8)) оцінки можливості виникнення землетрусів магнітудою ≥ 5 на окремій сейсмічно активній території Земної кулі в залежності від рівня сейсмічної активності Земної кулі представлені у графічному вигляді на рис. 5.

Адекватність представлених на рис. 5 характеристик змін функцій розподілу ймовірностей виникнення землетрусів магнітудою ≥ 5 на окремих сейсмічно активних територіях Земної кулі в залежності від рівня сейсмічної активності Земної кулі залежить від результатів оцінки параметрів $\hat{\alpha}$. Точність оцінки параметрів $\hat{\alpha}$, в свою чергу, підтверджується розміром вибірки щодо кількості виникнення землетрусів на окремій сейсмічно активній території Земної кулі.

Так, при аналізі сейсмічної активності в районі Японських островів розмір вибірки становив порядку 120 випадків землетрусів магнітудою ≥ 5 . Розмір вибірки при аналізі сейсмічної активності території Азербайджану становив порядку 20 випадків землетрусів, а при аналізі сейсмічної активності гір Вранча менше 10 випадків. При цьому, розмір вибірки щодо загальної кількості землетрусів магнітудою ≥ 5 на Земній кулі за період 2009–2021 рр.

становить понад 5000 спостережень. У подальшому збільшення терміну моніторингу рівня сейсмічної активності Земної кулі та окремих сейсмічно активних її територій дозволить збільшити розмір вибірки, а також скорегувати параметри α і θ представлених у вигляді виразів (7)–(8) математичних моделей оцінки ймовірностей виникнення землетрусів на окремих сейсмічно активних територіях Земної кулі в залежності від рівня сейсмічної активності Земної кулі.

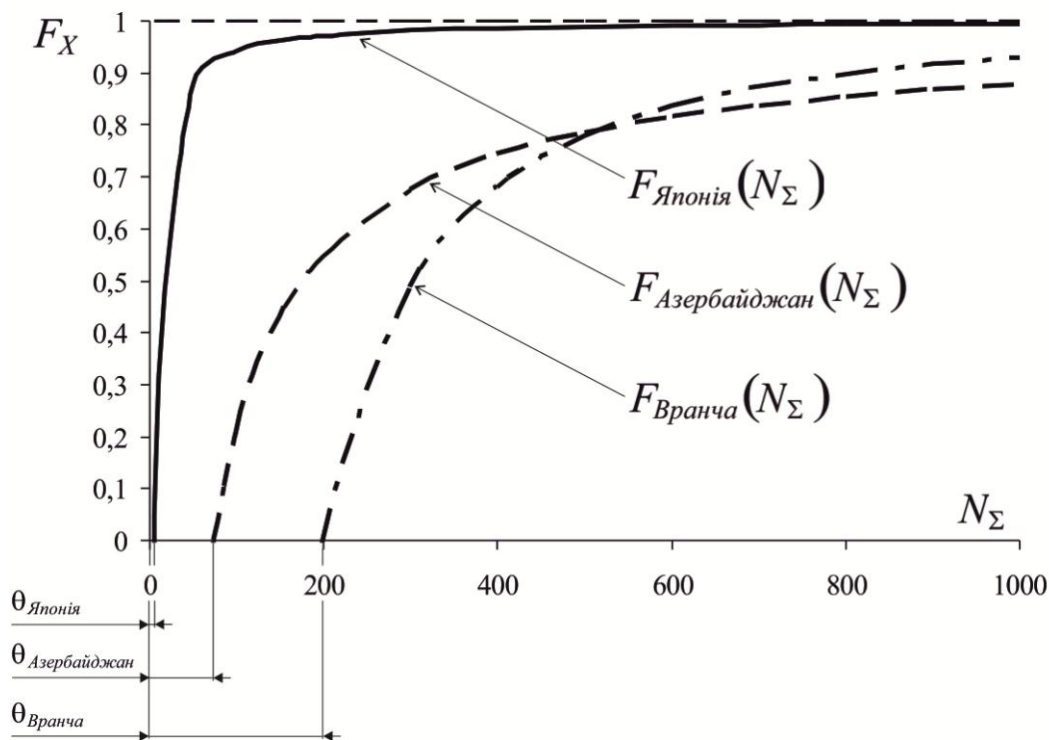


Рисунок 5. – Функції розподілу ймовірностей виникнення землетрусів на окремих сейсмічно активних територіях Земної кулі в залежності від рівня сейсмічної активності Земної кулі

Результати моделювання ймовірностей виникнення землетрусів на окремих сейсмічно активних територіях Земної кулі в залежності від рівня сейсмічної активності Земної кулі лягли в основу удосконалення процедури підтримки прийняття антикризових рішень на виконання структурними підрозділами системи цивільного захисту задач за призначенням, які спрямовані на мінімізацію наслідків від геофізичних надзвичайних ситуацій.

Інформаційно-технічна реалізація результатів моделювання ймовірностей виникнення землетрусів на окремих сейсмічно активних територіях Земної кулі в інтересах удосконалення процедури підтримки прийняття антикризових рішень на виконання структурними підрозділами системи цивільного захисту задач за призначенням, які спрямовані на мінімізацію наслідків від геофізичних НС, передбачає, у відповідності до схеми рис. 6, комплексне виконання в системі єдиного часу наступних п'яти функцій.

1. Безперервний глобальний моніторинг рівня сейсмічної активності Земної кулі. Інформація від Глобальної системи сейсмічного моніторингу у реальному масштабі часу щодо загальної кількості землетрусів ($N_\Sigma(t)$) та значення градієнту зміни цього параметру у часі ($\frac{dN_\Sigma(t)}{dt}$) надходить до підсистеми підтримки прийняття антикризових рішень ситуаційного центру.

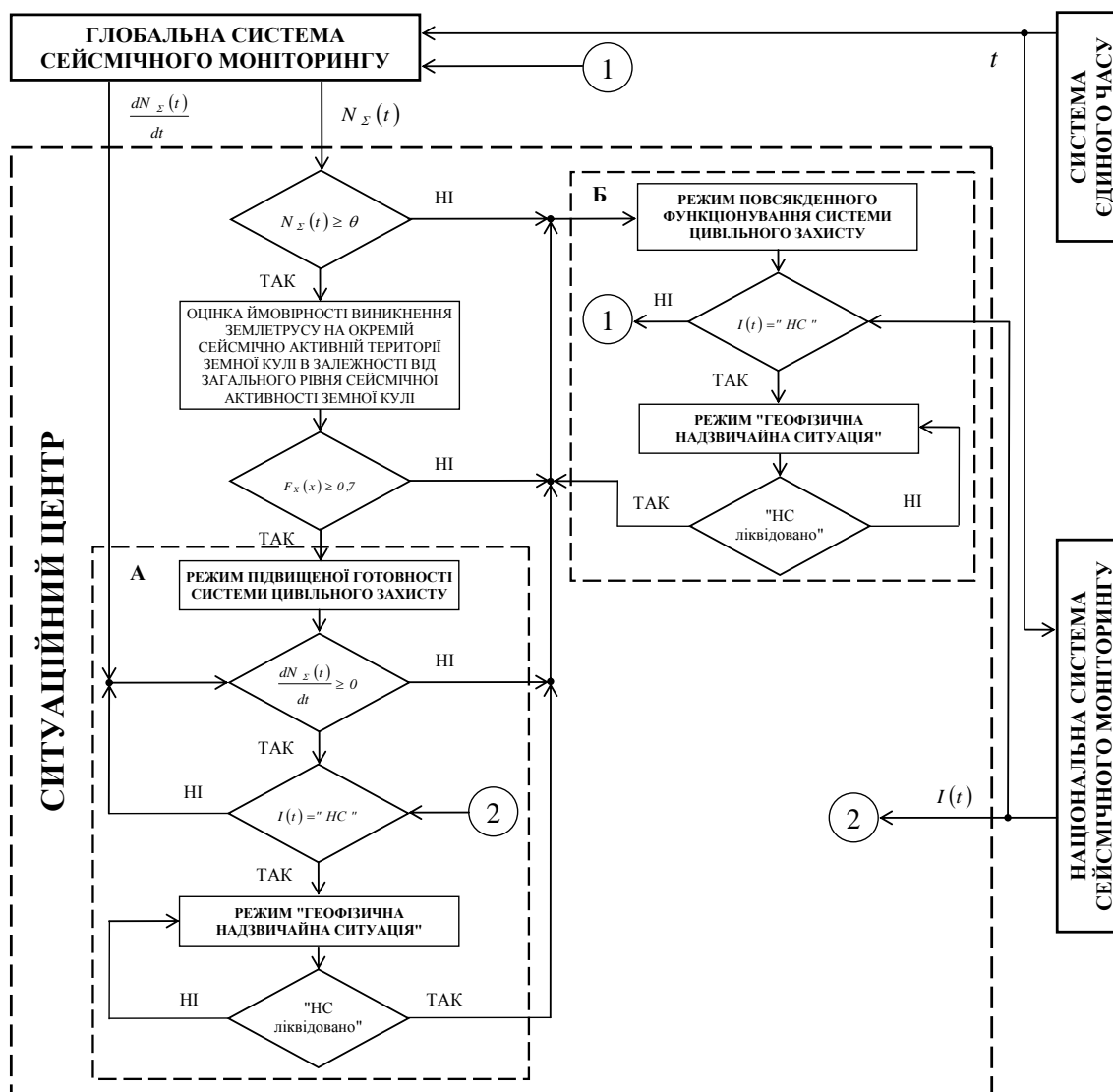


Рисунок 6. – Процедура підтримки прийняття антикризових рішень на виконання структурними підрозділами системи цивільного захисту задач за призначенням, які спрямовані на мінімізацію наслідків від геофізичних надзвичайних ситуацій

2. Безперервний моніторинг сейсмічної активності окремої території Земної кулі. Інформація про виникнення землетрусу ($I(t)$) в залежності від окремої території, що контролюється, у реальному масштабі часу надходить до підсистеми підтримки прийняття антикризових рішень ситуаційного центру від Національної системи сейсмічного моніторингу, яка реалізована Національною системою сейсмічного моніторингу Головного центру спеціального контролю Державного космічного агентства України, Республіканським центром сейсмологічної служби при Національній академії наук Азербайджану тощо.

3. Оцінка, за результатами моніторингових спостережень, ймовірностей виникнення землетрусів на окремих сейсмічно активних територіях Земної кулі в залежності від рівня сейсмічної активності Земної кулі. Реалізація підсистемою підтримки прийняття антикризових рішень ситуаційного центру цієї процедури включає наступні етапи:

– встановлення факту перевищення загальної кількості землетрусів ($N_z(t)$) значення порогу θ , що має характеристичне значення для кожної окремої сейсмічно активної території Земної кулі (див. рис. 5);

– оцінка у реальному масштабі часу ймовірності виникнення землетрусу на окремій сейсмічно активній території Земної кулі в залежності від рівня сейсмічної активності Земної кулі. Особливості реалізації цієї процедури розкрито на рис. 7;

– встановлення факту перевищення ймовірності виникнення землетрусу на окремій сейсмічно активній території Земної кулі рівня порогу. Авторами значення цього порогу, згідно даних рис. 6, запропоновано на рівні $F_x(x) \geq 0,7$, але це значення може змінюватись в залежності від вибору окремої сейсмічно активної території Земної кулі, де відповідний рівень безпеки життєдіяльності забезпечує представлена на рис. 1 геоінформаційна система безпеки від геофізичних НС, та є предметом окремих наукових досліджень.

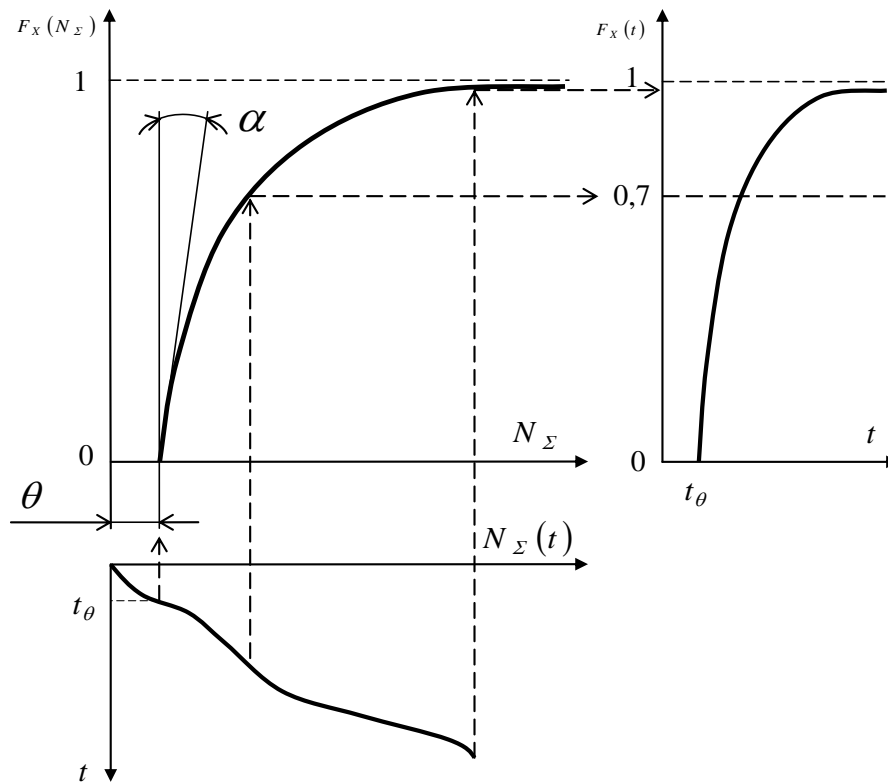


Рисунок 7. – Процедура оцінки ймовірності виникнення землетрусу на окремій сейсмічно активній території Земної кулі в залежності від зміни в часі рівня сейсмічної активності Земної кулі

4. Реалізація на окремій сейсмічно активній території Земної кулі, за результатами оцінки ймовірності виникнення на цій території землетрусу, режиму підвищеної готовності системи цивільного захисту. При встановленні цього режиму:

– здійснюється оповіщення органів влади, силових структур, комунальних та інших служб, а також населення про загрозу виникнення геофізичної НС й інформування його про дії у можливій зоні геофізичної НС;

– посилюється спостереження та контроль за сейсмічною та гідрометеорологічною обстановками, ситуацією на потенційно небезпечних об'єктах, на території об'єктів підвищеної небезпеки та/або за їх межами, на території, на якій існує загроза виникнення геологічних і гідрогеологічних явищ і процесів, а також здійснюється постійна оцінка можливості виникнення геофізичної НС та її масштабів;

– уточнюються плани реагування на геофізичну НС;

– уточнюються та здійснюються заходи щодо захисту населення та територій від можливої геофізичної НС;

– приводяться у повну готовність наявні сили та засоби.

Термін встановлення режиму підвищеної готовності для системи цивільного захисту на окремій сейсмічно активній території Земної кулі визначається наступними факторами:

– виникнення землетрусу ($I(t) = "HC"$);

– градієнт зміни загальної кількості землетрусів на Земній кулі у часі стає $\frac{dN_{\Sigma}(t)}{dt} < 0$.

5. Реалізація на окремій сейсмічно активній території Земної кулі, за результатами безперервного моніторингу її сейсмічної активності, режиму "Геофізична надзвичайна ситуація". У разі виникнення геофізичної НС:

– здійснюється оповіщення органів влади, силових структур, комунальних та інших служб, а також населення про землетрус та інформування його про дії в умовах такої ситуації;

– призначається керівник робіт із ліквідації геофізичної НС та утворюється у разі потреби спеціальна комісія з ліквідації наслідків землетрусу;

– визначається зона враження від геофізичної НС;

– здійснюється постійне прогнозування зони можливого поширення наслідків землетрусу;

– організовуються роботи з локалізації й ліквідації наслідків землетрусу, залучаються для цього необхідні сили та засоби (розвідка; витяг людей із-під завалів, а також порятунок людей з напівзруйнованих і палаючих будівель; локалізація та ліквідація аварій у комунальних та енергетичних мережах; обвалення або зміцнення нестійких конструкцій будівель і споруд тощо);

– організовуються та здійснюються заходи щодо життєзабезпечення постраждалого населення (обладнання пунктів харчування та водопостачання; організація комендантської служби тощо);

– організовуються та здійснюються евакуаційні заходи (обладнання пунктів збору постраждалих; обладнання медичних пунктів тощо);

– здійснюється безперервний контроль за обстановкою на потенційно небезпечних об'єктах, об'єктах підвищеної небезпеки, об'єктах радіаційної, хімічної та біологічної небезпеки та прилеглих до них територіях;

– організується безперервне у реальному масштабі часу інформування органів влади, органів управління силових структур, органів управління комунальних та інших служб і населення про обстановку в зоні ураження від землетрусу, а також про можливий каскадний розвиток НС різного походження від землетрусу, поширення їх наслідків і заходи, що здійснюються для їх локалізації та ліквідації.

Особливістю функціонування представленої на рис. 6 схеми щодо реалізації процедури підтримки прийняття антикризових рішень на виконання структурними підрозділами системи цивільного захисту задач за призначенням, які спрямовані на мінімізацію наслідків від геофізичних НС, є блоки А і Б.

Блок А функціонує в умовах, коли спостерігається збільшення сейсмічної активності Земної кулі, а відповідно збільшення ймовірності виникнення землетрусу на окремій сейсмічно активній території Земної кулі ($F_x(x) \geq 0,7$) та перехід системи цивільного захисту у режим підвищеної готовності.

Завершення роботи блоку А обумовлено наступними умовами:

а) завершення процесу ліквідації наслідків землетрусу;

б) спостерігається стабільне зменшення загальної кількості землетрусів на Земній кулі

($\frac{dN_{\Sigma}(t)}{dt} < 0$).

У цих випадках відбувається перехід до блоку Б, де спостерігається перехід системи цивільного захисту до режиму повсякденного функціонування.

Блок Б функціонує в умовах виникнення землетрусу при повсякденному функціонуванні системи цивільного захисту до завершення процесу ліквідації наслідків землетрусу.

Висновки

1. Розроблено ймовірнісну математичну модель оцінки можливості виникнення землетрусів магнітудою ≥ 5 на окремій сейсмічно активній території Земної кулі в залежності від рівня сейсмічної активності Земної кулі. Розроблена модель базується на уявленнях про динаміку фізичних процесів, які протікають в системі нелінійних енергетичних взаємодій Сонце–Земля–Місяць та впливають на рівень сейсмічної активності окремої сейсмічно активної території Земної кулі. У якості вхідних даних щодо визначеності параметрів розподілу Парето використані результатами спостережень Головного центру спеціального контролю Державного космічного агентства України за рівнем сейсмічної активності Земної кулі за період 2009–2021 рр. За результатами моделювання отримані аналітичні вирази функцій розподілу ймовірностей виникнення землетрусів в районі Японських островів (територія з відносно високим ступенем сейсмічної активності), на території Азербайджану (територія з відносно середнім ступенем сейсмічної активності) та в районі гір Вранча (територія Румунії з відносно низьким ступенем сейсмічної активності, але ця територія становить сейсмічну небезпеку для території України) в залежності від рівня сейсмічної активності Земної кулі.

2. Відповідно до розробленої ймовірнісної математичної моделі оцінки можливості виникнення землетрусів магнітудою ≥ 5 на окремій сейсмічно активній території Земної кулі в залежності від рівня сейсмічної активності Земної кулі, удосконалено процедуру підтримки прийняття антикризових рішень (особливістю реалізації якої є створення ситуаційних центрів) на виконання структурними підрозділами системи цивільного захисту задач за призначенням, які спрямовані на мінімізацію наслідків від геофізичних надзвичайних ситуацій. Інформаційно-технічна реалізація розробленої математичної моделі в інтересах удосконалення процедури підтримки прийняття антикризових рішень передбачає комплексне виконання в системі єдиного часу наступних п'яти функцій: 1) безперервний глобальний моніторинг рівня сейсмічної активності Земної кулі; 2) безперервний моніторинг сейсмічної активності окремої території Земної кулі; 3) оцінка, за результатами моніторингових спостережень, ймовірностей виникнення землетрусів на окремих сейсмічно активних територіях Земної кулі в залежності від рівня сейсмічної активності Земної кулі; 4) реалізація на окремій сейсмічно активній території Земної кулі, за результатами оцінки ймовірності виникнення на цій території землетрусу, режиму підвищеної готовності системи цивільного захисту; 5) реалізація на окремій сейсмічно активній території Земної кулі, за результатами безперервного моніторингу її сейсмічної активності, режиму "Геофізична надзвичайна ситуація".

ЛІТЕРАТУРА

1. Десять найпотужніших землетрусів XX і XXI століть. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://nnovosti.info/articles/desjat_najpotuzhnishih_zemletrusiv_xx_i_xxi_stolit-36.html
2. Найпотужніші землетрусу XXI століття. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.geograf.com.ua/worldnews/1270-najpotuzhnishi-zemletrusu-xxi-stolittya>
3. 7 найбільш руйнівних землетрусів 21-го століття. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://mapme.club/poradi/5097-7-najbilsh-rujnivnix-zemletrusiv-21-go-stolittya.html>
4. Черногор Л.Ф. Физика и экология катастроф. Харьков: Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина. 2012. 556 с.
5. Chernogor L.F. Geomagnetic Disturbances Accompanying the Great Japanese Earthquake of March 11, 2011. Geomagnetism and Aeronomy. 2019. Vol.59. No.1. P. 62–75.
6. Chernogor L.F. Possible Generation of Quasi-Periodic Magnetic Precursors of Earthquakes. Geomagnetism and Aeronomy. 2019. Vol.59. No.3. P. 374–382.

7. Андронов В.А., Дівізінюк М.М., Калугін В.Д., Тютюник В.В. Науково-конструкторські основи створення комплексної системи моніторингу надзвичайних ситуацій в Україні: Монографія. Харків: Національний університет цивільного захисту України. 2016. 319 с.
8. Тютюник В.В., Черногор Л.Ф., Калугін В.Д., Агазаде Т.Х. Развитие основ геоинформационных систем мониторинга чрезвычайных ситуаций тектонического происхождения. Прикладна радіоелектроніка. Харків: Харківський національний університет радіоелектроніки; Академія наук прикладної радіоелектроніки. 2019. Т.18. Вип. 1,2. С. 52–65.
9. Тютюник В.В., Калугін В.Д., Пискалова О.О. Основоположні принципи створення у Єдиній державній системі цивільного захисту інформаційно-аналітичної підсистеми управління процесами попередження й локалізації наслідків надзвичайних ситуацій. Системи управління, навігації та зв'язку. Полтава: Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. 2018. Вип. 4(50). С. 168–177.
10. Тютюник В.В., Калугін В.Д., Пискалова О.О. Управлінські основи створення у Єдиній державній системі цивільного захисту інформаційно-аналітичної підсистеми управління процесами попередження й локалізації наслідків надзвичайних ситуацій. Вісник національного університету цивільного захисту України. Серія "Державне управління". Харків: Національний університет цивільного захисту України. 2020. Вип. 1(12). С. 546–571.
11. Тютюник В.В., Черногор Л.Ф., Калугін В.Д., Агазаде Т.Х. Інформаційно-технічний метод моніторингу та прогнозування рівня сейсмічної небезпеки локальної території Земної кулі. Системи обробки інформації. Харків: Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. 2020. Вип.2(161). С. 99–113.
12. Офіційний сайт Глобальної Мережі Прогнозування Землетрусів. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://seismonet.org/index.htm>
13. Офіційний сайт Міжнародного консорціуму сейсмологічних інститутів (IRIS). [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.iris.edu/hq/>
14. US Geological Survey, National Earthquake Information Center. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.earthquake.usgs.gov>
15. Офіційний сайт Національного центру даних США (USNDC, Флорида, США). [Електронний ресурс]. Режим доступу: www.usndcorps.org
16. Офіційний сайт Європейського середземноморського сейсмологічного центру (EMSC, Париж, Франція). [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.kndc.kz/>
17. Офіційний сайт Міжнародного сейсмологічного центру (ISC, Англія). [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.isc.ac.uk/>
18. Офіційний сайт Центру вивчення Землі Німеччини (GFZ, Потсдам, Німеччина). [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.gfz-potsdam.de/>
19. Офіційний сайт Норвезького сейсмологічного центру (NORSAR). [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.norsar.no/>
20. Natal'in A. The Tectonic Evolution of Asia. Cambridge University press. 2001. p.486-638
21. В СНГ создадут межгосударственную систему космического мониторинга ЧС. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://itar-tass.com/nauka/1529312>
22. Офіційний сайт Казахстанського національного центру даних. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.kndc.kz/>
23. Офіційний сайт Республіканського Центру Сейсмологічної Служби при Національній Академії Наук Азербайджану. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.seismology.az/>
24. Інтернет-сайт Головного центру спеціального контролю Національного Космічного агентства України. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.nkau.gov.ua/nsau/catalogNEW.nsf/0/62c5d33f313fc56bc2256f690055f574!OpenDocument&Lang=U&Click=>
25. Кодекс цивільного захисту України від 2 жовтня 2012 року № 5403-VI. Голос України. 2012. Листопад (№ 220(5470)). С. 4 – 20.

26. Офіційний сайт Міністерства з надзвичайних ситуацій Азербайджанської республіки. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.fhn.gov.az/index.php?eng>
27. Морозов А.А., Яценко В.А. Ситуационные центры. Информационные технологии будущего: новая информационная технология: монография. Ин-т проблем мат. машин и систем НАН Украины. К.: Интертехнодрук. 2008. 332 с.
28. Гуфельд И.Л. Сейсмический процесс. Физико-химические аспекты. М.О.: ЦНИИМаш. 2007. 160 с.
29. Березняков А.І., Немець К.А. Фізика Землі. Харків: Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна. 2010. 268 с.
30. Пупков К.А., Као Динь Чонг. Применение нейросетевых технологий в задачах прогнозирования землетрясений (на примере северо-западного района Вьетнама). Вестник МГТУ имени Н.Э. Баумана. Сер. "Приборостроение". 2012. № 2. С. 70–78.
31. Rogozhin E.A., Rodina S.N. Paleoseismic studies and the long-term seismic regime in the North of Sakhalin Island. Seismic Instruments. 2012. No. 48(4). P. 333–341.
32. Родкин М.В., Шатахцян А.Р. Статистический анализ данных по крупным и суперкрупным месторождениям: эмпирические закономерности и интерпретация. Геоинформатика. 2013. № 4. С. 25–32.
33. Rhodes C.J., Anderson R.M. Power laws governing epidemics in isolated populations. Nature. 1996. V. 381. P. 600–602.
34. Bak P. How nature works: the science of self-organized criticality. Springer-Verlag New York, Inc. 1996. 205 p.
35. Turcotte D. Fractals and Chaos in Geology and Geophysics. Cambridge Univ. Press. 1997. 398 p.
36. Яковлева И.А., Панина Е.А., Малежик А.В. Применение распределения Парето в задачах оценки вероятности возникновения аварий на химических предприятиях. Проблемы надзвичайних ситуацій. Харків: Національний університет цивільного захисту України. 2007. Вип. 5. С. 216–221.
37. Rodkin M.V., Pisarenko V.F., Ngo Thi Lu, Rukavishnikova T.A. On potential representations of the distribution law of rare strongest earthquakes. Geodynamics & Tectonophysics. 2014. No. 5(4). P. 893–904.
38. Тютюник В.В., Черногор Л.Ф., Калугин В.Д., Агазаде Т.Х. Оценка влияния энергетических эффектов в системе Солнце–Земля–Луна на уровень сейсмической активности территории земного шара. Системи управління, навігації та зв'язку. Полтава: Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. 2017. Вип.6(46). С. 238–246.
39. Тютюник В.В., Черногор Л.Ф., Калугин В.Д., Агазаде Т.Х. Оценка динамических и энергетических эффектов на планете Земля и влияние их на соотношение между уровнями сейсмической активности полушарий Земного шара. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. Київ: Український науково-дослідний інститут цивільного захисту. 2017. № 2(4). С. 101–117.
40. Тютюник В.В., Черногор Л.Ф., Калугин В.Д., Агазаде Т.Х. Оценка влияния вариаций скорости осевого вращения Земли на уровень сейсмической активности локальных территорий. GEOINFORMATIKA. Київ: Інституту геологічних наук НАН України. 2018. №3(67). С. 36–48.
41. Vadym Tiutiunyk, Vladimir Kalugin, Olha Pysklakova, Olexandr Yaschenko, Tural Agazade. Hierarchical clustering of seismic activity local territories Globe / EUREKA: Physics and Engineering, 2019, No.4, P. 41–53.

REFERENCES

1. Desjatj najpotuzhnishykh zemletrusiv XX i XXI stolitj. Available at: https://nnovosti.info/articles/desjat_najpotuzhnishih_zemletrusiv_xx_i_xxi_stolit-36.html
2. Najpotuzhnishi zemletrusu XXI stolittja. Available at: <http://www.geograf.com.ua/worldnews/1270-najpotuzhnishi-zemletrusu-xxi-stolittya>
3. 7 najbilsh rujnivnykh zemletrusiv 21-gho stolittja. Available at: <http://mapme.club/poradi/5097-7-najbilsh-rujnivnix-zemletrusiv-21-go-stolittya.html>
4. Chernogor L.F. Fizika i ekologiya katastrof. Khar'kov: Khar'kovskiy natsional'nyy universitet imeni V.N. Karazina. 2012. 556 s.
5. Chernogor L.F. Geomagnetic Disturbances Accompanying the Great Japanese Earthquake of March 11, 2011. Geomagnetism and Aeronomy. 2019. Vol.59. No.1. P. 62–75.
6. Chernogor L.F. Possible Generation of Quasi-Periodic Magnetic Precursors of Earthquakes. Geomagnetism and Aeronomy. 2019. Vol.59. No.3. P. 374–382.
7. Andronov V.A., Divizinjuk M.M., Kalugin V.D., Tiutiunyk V.V. Naukovo-konstruktorsjki osnovy stvorennja kompleksnoji systemy monitorynghu nadzvychajnykh sytuacij v Ukrajinu: Monografija. Kharkiv: Nacionalnyj universytet cyvilnogho zakhystu Ukrainy. 2016. 319 s.
8. Tiutiunyk V.V., Chernogor L.F., Kalugin V.D., Agazade T.Kh. Razvitie osnov geoinformatsionnykh sistem monitoringa chrezvychajnykh situatsiy tekto-nicheskogo proiskhozhdeniya. Prikladna radioelektronika. Kharkiv: Kharkivs'kiy natsional'nyy universitet radioelektroniki; Akademiya nauk prikladnoï radio-elektroniki. 2019. T.18. Vip. 1,2. S. 52–65.
9. Tiutiunyk V.V., Kalugin V.D., Pysklakova O.O. Osnovopolozhni pryncypy stvorennja u Jedynij derzhavnij systemi cyvilnogho zakhystu informacijno-analitchnoji pidsystemy upravlinnja procesamy poperedzhennja j lokalizaciji naslidkiv nadzvychajnykh sytuacij. Systemy upravlinnja, navighaciji ta zv'jazku. Poltava: Poltavskijj nacionalnyj tekhnichnyj universytet imeni Jurija Kondratjuka. 2018. Vyp. 4(50). S. 168–177.
10. Tiutiunyk V.V., Kalugin V.D., Pysklakova O.O. Upravlinsjki osnovy stvorennja u Jedynij derzhavnij systemi cyvilnogho zakhystu informacijno-analitchnoji pidsystemy upravlinnja procesamy poperedzhennja j lokalizaciji naslidkiv nadzvychajnykh sytuacij. Visnyk nacionalnogho universytetu cyvilnogho zakhystu Ukrainy. Serija "Derzhavne upravlinnja". Kharkiv: Nacionalnyj universytet cyvilnogho zakhystu Ukrainy. 2020. Vyp. 1(12). S. 546–571.
11. Tiutiunyk V.V., Chernogor L.F., Kalugin V.D., Agazade T.Kh. Informacijno-tekhnichnyj metod monitorynghu ta proghnozuvannja rivnja sejsmichnoji nebezpeky lokalnoji terytoriji Zemnoji kuli. Systemy obrobky informaciji. Kharkiv: Kharkivskijj nacionalnyj universytet Povitryanjnykh Syl imeni Ivana Kozheduba. 2020. Vyp.2(161). S. 99–113.
12. Oficijnyj sajt Ghlobalnoji Merezhi Proghnozuvannja Zemletrusiv. Available at: <http://seismonet.org/index.htm>
13. Oficijnyj sajt Mizhnarodnogho konsorciumu sejsmologhichnykh instytutiv (IRIS). Available at: <https://www.iris.edu/hq/>
14. US Geological Survey, National Earthquake Information Center. Available at: <http://www.earthquake.usgs.gov>
15. Oficijnyj sajt Nacionalnogho centru danykh SShA (USNDC, Floryda, SShA). Available at: www.usndcorps.org
16. Oficijnyj sajt Jevropejskogho seredzemnomorsjkogho sejsmologhichnogho centru (EMSC, Paryzh, Francija). Available at: <http://www.kndc.kz/>
17. Oficijnyj sajt Mizhnarodnogho sejsmologhichnogho centru (ISC, Anghlija). Available at: <http://www.isc.ac.uk/>
18. Oficijnyj sajt Centru vyvchennja Zemli Nimechchyny (GFZ, Potsdam, Nimechchyna). Available at: <https://www.gfz-potsdam.de/>
19. Oficijnyj sajt Norvezjkogho sejsmologhichnogho centru (NORSAR). Available at: <https://www.norsar.no/>

20. Natal'in A. The Tectonic Evolution of Asia. Cambridge University press. 2001. p.486-638
21. V SNG sozdatut mezhgosudarstvennyuyu sistemu kosmicheskogo moni-toringa ChS. Available at: <http://itar-tass.com/nauka/1529312>
22. Oficijnyj sajt Kazakhstansjkogho nacionaljnogho centru danykh. Available at: <http://www.kndc.kz/>
23. Oficijnyj sajt Respublikansjkogho Centru Sejsmologhichnoji Sluzhby pry Nacionalnij Akademiji Nauk Azerbajdzhanu. Available at: <http://www.seismology.az/>
24. Internet-sajt Gholovnogho centru specialjnogho kontrolju Nacionaljnogho Kosmichnogho aghentstva Ukrainy. Available at: <http://www.nkau.gov.ua/nsau/catalogNEW.nsf/0/62c5d33f313fc56bc2256f690055f574!OpenDocument&Lang=U&Click=>
25. Kodeks cyviljnogho zakhystu Ukrainy vid 2 zhovtnja 2012 roku # 5403-VI. Gholos Ukrainy. 2012. Lystopad (# 220(5470)). S. 4–20.
26. Oficijnyj sajt Ministerstva z nadzvyhajnykh sytuacij Azerbajdzhanskoji respubliky. Available at: <https://www.fhn.gov.az/index.php?eng>
27. Morozov A.A., Yashchenko V.A. Situational centers. Information Technology of the Future: New Information Technology. K. Intertekhnodruk. 2008. 332 p.
28. Gufel'd, I.L. Seysmicheskij protsess. Fiziko-khimicheskie aspekty. M.O. TsNIIMash. 2007. 160 p.
29. Bereznyakov A.I., Nyemecz` K.A. Fizy`ka Zemli. Khar'kov, Khar'kovskiy natsional'nyy universitet im. V.N. Karazina. 2010. 268 p.
30. Pupkov, K.A., Chong Kao Din'. Primenenie neyrosetevykh tekhnologiy v zadachakh prognozirovaniya zemletryaseniy (na primere severo-zapadnogo rayona V'etnama). Vestnik MGTU imeni N.E. Baumana. Ser. "Pribo-rostroenie". 2012. No. 2. P. 70–78.
31. Rogozhin E.A., Rodina S.N. Paleoseismic studies and the long-term seismic regime in the North of Sakhalin Island. Seismic Instruments. 2012. No. 48(4). P. 333–341.
32. Rodkin M.V., Shatakhtsyan A.R. Statistical analysis of catalogs of large and superlarge ore deposits: empirical regularities and their interpretation. Geoinformatika. 2013. No. 4. P. 25–32.
33. Rhodes C.J., Anderson R.M. Power laws governing epidemics in isolated populations. Nature. 1996. V. 381. P. 600–602.
34. Bak P. How nature works: the science of self-organized criticality. Springer-Verlad New York, Inc. 1996. 205 p.
35. Turcotte D. Fractals and Chaos in Geology and Geophysics. Cambridge Univ. Press. 1997. 398 p.
36. Yakovleva I.A., Panina E.A., Malezhik A.V. Primenenie raspredeleniya Pareto v zadachakh otsenki veroyatnosti vozniknoveniya avariyy na khimicheskikh predpriyatiyakh. Problemy nadzvyhajnykh sytuacij. Kharkiv: Nacionalnyj universitet cyviljnogho zakhystu Ukrainy. 2007. Vyp.5. S. 216–221.
37. Rodkin M.V., Pisarenko V.F., Ngo Thi Lu, Rukavishnikova T.A. On potential representations of the distribution law of rare strongest earthquakes. Geodynamics & Tectonophysics. 2014. No. 5(4). P. 893–904.
38. Tiutiunyk V.V., Chernogor L.F., Kalugin V.D., Agazade T.Kh. Otsenka vliyaniya energeticheskikh effektov v sisteme Solntse–Zemlya–Luna na uroven' seysmicheskoy aktivnosti territorii zemnogo shara. Systemy upravlinnja, navighaciji ta zv'jazku. Poltava: Poltavskij nacionalnyj tekhnichnyj universitet imeni Jurija Kondratjuka. 2017. Vyp.6(46). S. 238–246.
39. Tiutiunyk V.V., Chernogor L.F., Kalugin V.D., Agazade T.Kh. Otsenka dinamicheskikh i energeticheskikh effektov na planete Zemlya i vliyanie ikh na sootnoshenie mezhdum urovniami seysmicheskoy aktivnosti polushariy Zemnogo shara. Naukovyj visnyk: Cyvilnyj zakhyst ta pozhezhna bezpeka. Kyjiv: Ukrainskij naukovy-doslidnyj instytut cyviljnogho zakhystu. 2017. # 2(4). S. 101–117.

40. Tiutiunyk V.V., Chernogor L.F., Kalugin V.D., Agazade T.Kh. Otsenka vliyaniya variatsiy skorosti osevogo vrashcheniya Zemli na uroven' seymicheskoy aktivnosti lokal'nykh territoriy. GEOINFORMATIKA. Kyjiv: Instytutu gheologichnykh nauk NAN Ukrajinu. 2018. #3(67). S. 36–48.

41. Vadym Tiutiunyk, Vladimir Kalugin, Olha Pysklakova, Olexandr Yaschenko, Tural Agazade. Hierarchical clustering of seismic activity local territories Globe / EUREKA: Physics and Engineering, 2019, No.4, P. 41–53.

T. Agazade¹, V. Tiutiunyk², L. Chernogor³, O. Tiutiunyk²

¹State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Azerbaijan

²National University of Civil Defense of Ukraine

³V.N. Karazin Kharkiv National University

⁴Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics

FEATURES OF SUPPORTING THE ADOPTION OF ANTI-CRISIS DECISIONS IN THE CONTEXT OF GEOPHYSICAL EMERGENCIES

A probabilistic mathematical model has been developed for assessing the possibility of earthquakes of magnitude ≥ 5 in a separate seismically active territory of the Earth, depending on the level of seismic activity of the Earth. The developed model is based on ideas about the dynamics of physical processes occurring in the system of nonlinear energy interactions Sun-Earth-Moon and affecting the level of seismic activity of a separate seismically active territory of the globe. As input data regarding the determination of the parameters of the Pareto distribution, the results of observations of the Main Center for Special Control of the State Space Agency of Ukraine over the level of seismic activity of the Earth in the period 2009–2021 were used. The simulation results formed the basis for improving the functioning of situational centers regarding the procedure for supporting the adoption of anti-crisis decisions for the implementation of the tasks by the structural units of the civil protection system, aimed at minimizing the consequences of geophysical emergencies. Information and technical implementation of the developed mathematical model in the interests of improving the procedure for supporting the adoption of anti-crisis decisions provides for the integrated implementation of the following five functions in the single time system: 1) continuous global monitoring of the level of seismic activity of the Earth; 2) continuous monitoring of seismic activity of a separate territory of the globe; 3) assessment, based on the results of monitoring observations, the probability of earthquakes in a separate seismically active territory of the globe, depending on the level of seismic activity of the globe; 4) implementation in a separate seismically active territory of the globe, based on the results of assessing the probability of an earthquake occurring in this territory, of a high alert mode of the civil protection system; 5) implementation on a separate seismically active territory of the Earth, based on the results of continuous monitoring of its seismic activity, of the "Geophysical emergency" mode.

Keywords: geophysical emergency, earthquake probability, anti-crisis decision support, situation center, civil protection system, performance of tasks as intended, minimization of consequences