

УДК 351.861+504.064

В.В. Тютюник<sup>1</sup>, Л.Ф. Черногор<sup>2</sup>, В.Д. Калугін<sup>1</sup><sup>1</sup> Національний університет цивільного захисту України, Харків<sup>2</sup> Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків

## ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПІДХОДУ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ, ПОПЕРЕДЖЕННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ЛОКАЛЬНІЙ ТЕРИТОРІЇ

На базі енергетичного підходу, з урахуванням територіально-часового розподілу енергії джерел небезпек різної природи, режимів життєдіяльності й енергетичних можливостей локальної території, у роботі розроблено принцип оцінки ефективності функціонування комплексної системи моніторингу, попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій (СМПЛ НС) за умов існування різного роду похибок виявлення небезпек.

**Ключові слова:** енергетичний підхід, джерело небезпеки, територіально-часовий розподіл, локальна територія, енергетика надзвичайних ситуацій, комплексна система моніторингу, попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій, похибка виявлення небезпек.

### Вступ

**Обґрунтування проблеми.** На ряду з вирішенням світової проблеми моніторингу надзвичайних ситуацій (НС) на рівні держав-лідерів, для території України є актуальною необхідність технічної реалізації заходів попередження та недопущення впливу небезпечних факторів на процес життєдіяльності населення та функціонування різного роду об'єктів на території держави. Особливістю вирішення цієї проблеми для України є відсутність власних штучних супутників Землі для розміщення засобів дистанційного контролю території. Тому виникає необхідність створення комплексної СМПЛ НС природного, техногенного, соціального та воєнного характеру за принципом територіального розміщення засобів контролю факторів НС.

**Аналіз останніх досліджень.** Створення комплексної територіальної СМПЛ НС в Україні ґрунтується на декількох факторах. По-перше, основою системи СМПЛ НС є складова частина класичного контуру управління (рис. 1), яка забезпечує збір, обробку й аналіз інформації, моделювання розвитку обстановки на об'єкті управління та розвитку НС на локальній території [1 – 5].

Так, отримана засобами контролю первинна інформація про фактори небезпеки на локальній території (місто, регіон, держава) або на потенційно небезпечному об'єкті по кабелях або радіоканалу транслюється до пристроїв другого рівня, які призначені виконувати обробку отриманої інформації та представляти її у вигляді, необхідному для третього рівня. Обробка отриманої інформації може виконуватися як в одному місці, так і на декількох, залежно від конкретної системи моніторингу та розмірів контрольованої нею локальної території. Оброблена

інформація у відповідному вигляді надходить на третій рівень, де виконується її аналіз та систематизація даних, на основі чого робиться висновок про стан безпеки локальної території.

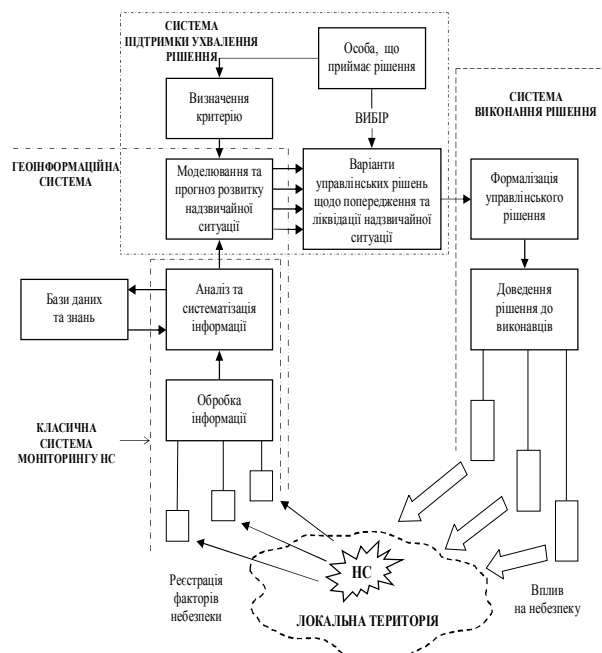


Рис. 1. Схема структури процесів моніторингу, попередження та ліквідації НС як засобів управління

Особливо важливо для забезпечення швидкодії системи використання автоматизованих засобів обробки інформації, яке значно прискорить процеси на другому та третьому рівнях системи моніторингу, дозволить створити електронні, доступні в реальному масштабі часу, бази даних та знань.

Використання відповідних математичних методів дозволить на основі отриманої інформації у відносно нетривалі терміни часу виконати моделювання

небезпечної ситуації, прогнозування її розвитку та рівня, відобразити прогнозовану динаміку катастрофічних подій графічно (у тому числі картографічно). Друга інформаційна система є системою підтримки ухвалення рішення. Особа, що приймає рішення, визначає один або декілька критеріїв, відповідно до яких здійснюється прогностичне моделювання розвитку НС та виробляються варіанти управлінських рішень, які обґрунтовані відповідними розрахунками. З набору варіантів управлінських рішень особа обирає один, або задає ще додаткові критерії, відповідно до яких виконується моделювання та розробка управлінських рішень, спрямованих на недопущення розвитку небезпеки до рівня катастрофи. Якщо ж катастрофи вже не уникнути, то розробка управлінських рішень спрямована на мінімізацію наслідків від неї. Затверджене особою, що приймає рішення, рішення надходить до системи виконання рішення, де виконується його формалізація та доведення до виконавців. Зміни стану локальної території та зміни стану небезпеки на ній викликають зміни у величинах вимірюваних параметрів, що фіксуються пристроями контролю. Подальше моделювання покаже ефективність виконання управлінського рішення – контур управління замкнувся.

По-друге, правові основи для створення системи СМПЛ НС в Україні закріплені в законах та інших підзаконних актах, які ґрунтуються на Міжнародній правовій базі [6 – 10].

По-третє, матеріально-технічна база для створення системи СМПЛ НС включає функціонує в Україні системи гідрометеорологічного прогнозу, системи сейсмічного, екологічного, радіаційного моніторингу та системи навігації та безпеки на авіаційному, залізничному, автомобільному та магістральному транспорті й інші [11 – 15].

Відкритим залишається питання щодо оцінки потужностей держави для забезпечення ефективного функціонування комплексної територіальної системи СМПЛ НС на всіх чотирьох рівнях життєдіяльності (об'єктовому, місцевому, регіональному та державному) в режимах повсякденного функціонування, підвищеної готовності, надзвичайної ситуації та надзвичайного стану. Перспективним кроком щодо аналізу ефективності функціонування такої системи є запропонований авторами у роботах [16, 17] системний підхід на базі оцінки співвідношення між руйнівними енергіями НС та енергією СМПЛ НС для виявлення та ліквідації цих небезпек. Таким чином, необхідність розвитку та узагальнення цих уявлень дозволило формулювати мету та задачі нашого дослідження.

### Постановка задачі та її розв'язання

Метою дослідження є розвиток енергетичних уявлень про стабільність функціонування території України при випадковому прояву у просторі та часі

різного роду джерел небезпек, їх дестабілізуючого впливу на умови життєдіяльності та функціонування СМПЛ НС. На базі ідеї енергетичного підходу у роботах [16, 17] нами закладені уявлення про локальну територію з динамічними розмірами, які змінюються від точки простору (пікселю) до рівня об'єкта, міста, регіону та вище. Головним фактором оцінки небезпеки такої локальної території є функціональна поверхня, випуклості якої відповідають рівням небезпеки.

Модельне представлення процесів зародження джерел НС та їх територіально-часового розподілу на локальній території представлено на рис. 2, де джерело інтегральної небезпеки в точці  $A(x, y, z)$  локальної території нелінійно об'єднує джерела природної небезпеки [18 – 20]:  $1'$  – процеси у атмосфері;  $2'$  – процеси у біосфері;  $3'$  – процеси у літосфері;  $4'$  – процеси у гідросфері; джерела техногенної небезпеки [21]:  $1''$  – аварії на промислових об'єктах і транспорті;  $2''$  – вибухи;  $3''$  – пожежі;  $4''$  – вивільнення інших видів енергії; джерела соціальної небезпеки [22]:  $1'''$  – психологічні особливості особи й особливості виховання;  $2'''$  – несприятливе положення особи;  $3'''$  – соціальна несправедливість;  $4'''$  – напруженість у міжгрупових, міжконфесійних і міжнаціональних стосунках;  $5'''$  – негативні соціальні процеси, що призводять до руйнування етичних засад, соціальної стійкості особи та законслухняності; джерела воєнної небезпеки [23]:  $1''''$  – наявність гострих суперечностей, розв'язання яких є можливим лише із застосуванням воєнної сили;  $2''''$  – наявність у однієї із сторін достатньої кількості військових сил і засобів для розв'язання суперечності на свою користь або здатність держави створити такі сили в перспективі;  $3''''$  – наявність у лідерів або урядів політичної волі та рішучості піти на застосування сили, здатності використовувати збройні сили для вирішення можливого конфлікту;  $4''''$  – наявність надійних союзників серед держав, їх коаліцій або інших суб'єктів військово-політичних відносин;  $5''''$  – сприятливі геополітичні умови та реальна (або прогнозована) військово-політична обстановка для здійснення військових акцій.

Стан стабільності функціонування локальної території в умовах прояву НС природного, техногенного, соціального та воєнного характерів і функціонування системи СМПЛ НС –  $F_{\text{СМПЛНС}}$ , можливо, базуючись на основних постулатах теорії катастроф і синергетики [24 – 27], записати як

$$\begin{cases} K_{\text{НС}}^{\text{Прир.}} = f_{\text{НС}}^{\text{Прир.}}(F_{\text{Прир.}}, F_{\text{Техн.}}, F_{\text{Соц.}}, F_{\text{Воєн.}}, F_{\text{СМПЛНС}}^{\text{Прир.}}), \\ K_{\text{НС}}^{\text{Техн.}} = f_{\text{НС}}^{\text{Техн.}}(F_{\text{Прир.}}, F_{\text{Техн.}}, F_{\text{Соц.}}, F_{\text{Воєн.}}, F_{\text{СМПЛНС}}^{\text{Техн.}}), \\ K_{\text{НС}}^{\text{Соц.}} = f_{\text{НС}}^{\text{Соц.}}(F_{\text{Прир.}}, F_{\text{Техн.}}, F_{\text{Соц.}}, F_{\text{Воєн.}}, F_{\text{СМПЛНС}}^{\text{Соц.}}), \\ K_{\text{НС}}^{\text{Воєн.}} = f_{\text{НС}}^{\text{Воєн.}}(F_{\text{Прир.}}, F_{\text{Техн.}}, F_{\text{Соц.}}, F_{\text{Воєн.}}, F_{\text{СМПЛНС}}^{\text{Воєн.}}), \end{cases} \quad (1)$$

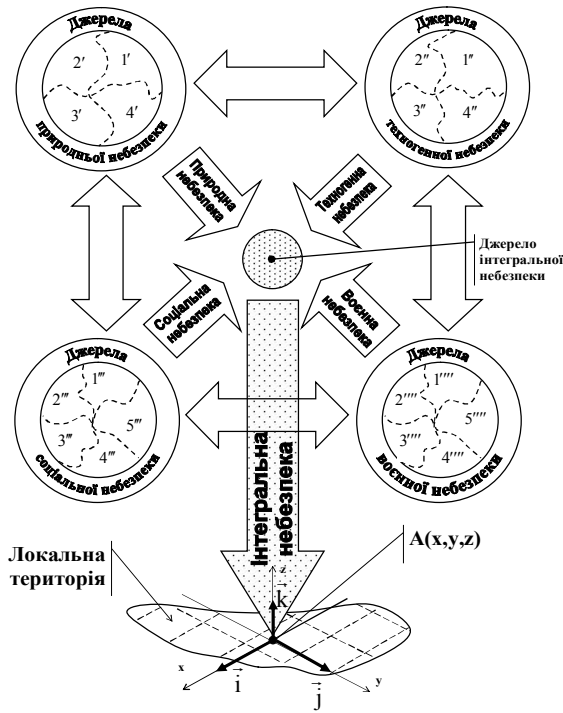


Рис. 2. Моделне представлення процесів зародження на локальній території джерел НС різного походження

де  $K_{НС}^{Прир.}$ ,  $K_{НС}^{Техн.}$ ,  $K_{НС}^{Соц.}$ ,  $K_{НС}^{Воєн.}$  – кількісні показники виникнення НС природного, техногенного, соціального та воєнного характеру;  $f_{НС}^{Прир.}$ ,  $f_{НС}^{Техн.}$ ,  $f_{НС}^{Соц.}$ ,  $f_{НС}^{Воєн.}$  – функціонали, які визначаються властивостями локальної території до прояву НС природного, техногенного, соціального та воєнного характеру;  $F_{Прир.}$ ,  $F_{Техн.}$ ,  $F_{Соц.}$ ,  $F_{Воєн.}$  – природні, техногенні, соціальні та воєнні джерела НС;  $F_{СМПЛНС}^{Прир.}$ ,  $F_{СМПЛНС}^{Техн.}$ ,  $F_{СМПЛНС}^{Соц.}$ ,  $F_{СМПЛНС}^{Воєн.}$  – функції системи СМПЛ НС в умовах прояву НС природного, техногенного, соціального та воєнного характеру.

Базуючись на запропонованому у роботах [16, 17] енергетичному підході щодо оцінки прояву різного роду джерел небезпек і їх дестабілізуючого впливу на умови життєдіяльності, у роботах [28 – 40] проведені спроби розв’язання системи рівнянь (1) щодо аналізу НС природного та техногенного характеру. Так, у роботах [28 – 33] аналіз умов виникнення та розвитку джерел НС природного характеру проведені на основі досліджень енергетичних процесів виникнення та розповсюдження сейсмічної нестабільності по земній кулі та їх впливу на стан сейсмічної безпеки території України.

Дослідження використання енергетичного підходу до оцінки рівня техногенної безпеки території України проведено у роботах [34 – 40], де за допомогою геометричних уявлень про територіальний розподіл потенційно небезпечних об’єктів і можли-

вості накладення енергетичних зон підвищеної небезпеки, які формуються навколо цих об’єктів, встановлені умови формування НС всередині локальної території [34, 35] та проведено багатofакторний статистичний аналіз безпеки життєдіяльності населення України в режимі повсякденного функціонування та в умовах прояву НС техногенного походження [35 – 40]. Додатково до цього у роботах [41, 42] проведені оцінки відносної інтенсивності між НС природного та техногенного характеру.

Подальшого розвитку розроблений у вигляді системи рівнянь (1) та схематично представлений на рис. 2 підхід до оцінки рівня безпеки локальної території набув при оцінці енергетичної ефективності функціонування системи моніторингу, попередження та ліквідації НС природного та техногенного характеру. Умови повсякденного функціонування локальної території визначаються, у відповідності до запропонованого у роботах [16, 17] та проілюстрованого на рис. 3 енергетичного підходу, рівнем природно-техногенного енергетичного балансу:

$$E_0(S_{ЛТ}, T) = E^П(S_{ЛТ}, T) + E^Т(S_{ЛТ}, T), \quad (2)$$

де  $E^П(S_{ЛТ}, T)$  – усереднена по локальній території ( $S_{ЛТ}$  – площа локальної території) та часу ( $T$ ) величина енергії природного характеру;  $E^Т(S_{ЛТ}, T)$  – усереднена по локальній території та часу величина енергії техногенного характеру.

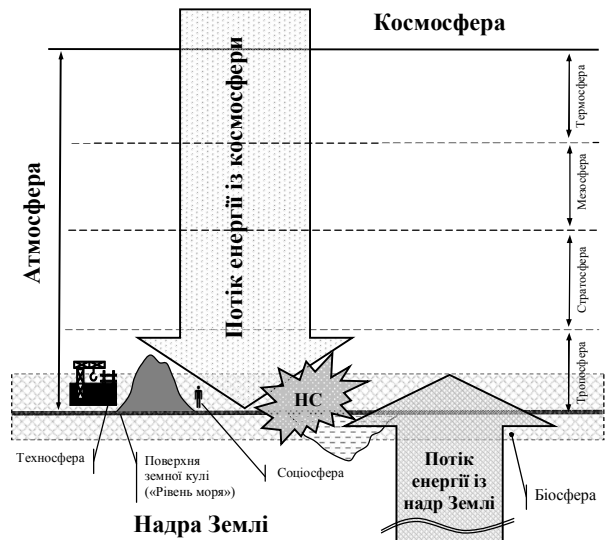


Рис. 3. Процеси, що протікають на локальній території

Сума потоків енергій космічного ( $E_K(S_{ЛТ}, T)$ ) та внутрішньо-земного походження ( $E_{ВЗ}(S_{ЛТ}, T)$ ) формує величину енергії природного характеру, яка забезпечує протікання біоциклів різних по рівням систем життєзабезпечення локальної території:

$$E^П(S_{ЛТ}, T) = \gamma_1 E_K(S_{ЛТ}, T) + \gamma_2 E_{ВЗ}(S_{ЛТ}, T), \quad (3)$$

де  $\gamma_1$  та  $\gamma_2$  – коефіцієнти, які характеризують фізико-хімічні властивості атмосфери і території та викликані цим варіації потоків енергії.

Величина енергії  $E_K(S_{ЛТ}, T)$  має вигляд:

$$E_K(S_{ЛТ}, T) = P_K \cdot T, \quad (4)$$

де  $P_K = \Pi_K \cdot S_{ЛТ}$  – потужність енергії від джерела «Космосфера»;  $\Pi_K$  – густина потоку енергії із космосфери. Під космосферою розуміється навколосезонний, ближній та дальній космос [18].

Величиною енергії  $E_{ВЗ}(S^{Укр.}, T)$  є:

$$E_{ВЗ}(S_{ЛТ}, T) = P_{ВЗ} \cdot T, \quad (5)$$

де  $P_{ВЗ} = \Pi_{ВЗ} \cdot S_{ЛТ}$  – потужність енергії від джерела «Надра Землі»;  $\Pi_{ВЗ}$  – густина потоку енергії із надр Землі.

Узагальнену схему використання енергії техногенного походження в процесі функціонування локальної території представлено на рис. 4, де енергія

техногенного походження  $E^T(S_{ЛТ}, T)$  є похідною енергії природного походження у результаті діяльності техногенного середовища. Тому, техногенно-енергетичні умови повсякденного функціонування локальної території та прояву на ній техногенної небезпеки можливо обґрунтувати рівнем енергії  $E^T(S_{ЛТ}, T)$ , яка є сумою енергій різних видів палив і електричної енергії, які споживаються. Тому, величина  $E^T(S_{ЛТ}, T)$  має вигляд:

$$E^T(S_{ЛТ}, T) = E_{П}(S_{ЛТ}, T) + E_{Е}(S_{ЛТ}, T), \quad (6)$$

де  $E_{П}(S_{ЛТ}, T)$  – енергія палива;  $E_{Е}(S_{ЛТ}, T)$  – електрична енергія, яку вироблено на гідро, теплових і атомних станціях та іншими способами. Отримана таким чином енергія  $E^T(S_{ЛТ}, T)$  витрачається на забезпечення життєдіяльності соціального середовища та функціонування техногенного середовища (безпосередньо або через соціальне середовище).

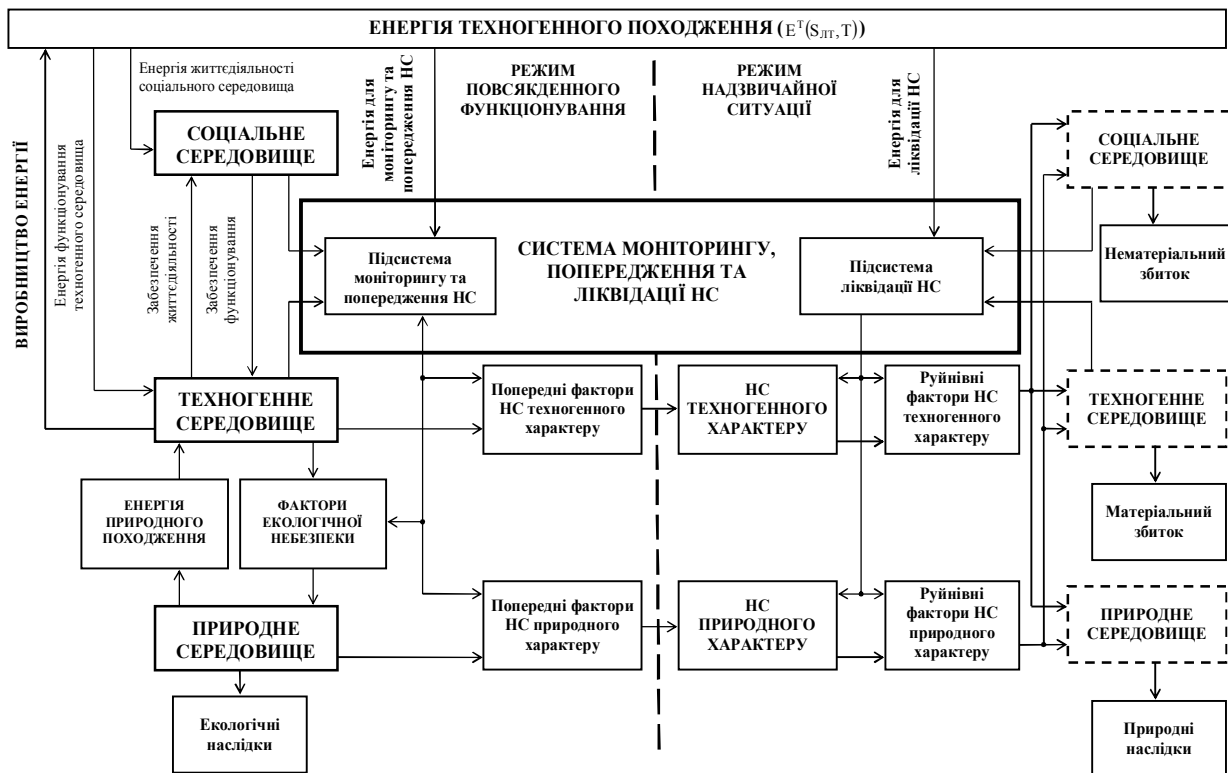


Рис. 4. Схема перетворень енергії техногенного походження в процесі життєдіяльності локальної території та функціонування системи моніторингу, попередження та ліквідації НС у режимах повсякденного функціонування та надзвичайної ситуації

Позитивний взаємозв'язок між соціальним і техногенним середовищами спрямований на забезпечення життєдіяльності соціумів соціального середовища та функціонування технічної складової техногенного середовища в режимі повсякденного функціонування локальної території. Окрім цього, у режимі повсякденного функціонування існує зворотний зв'язок між техногенним і природним середовищами у вигляді екологічного навантаження на

природне середовище. Так, у режимі повсякденного функціонування локальної території виявляються умови виникнення попередніх чинників небезпек і їх розвиток до рівня НС техногенного та навіть природного характеру. Таким чином, виникнення різного роду НС сприяє переходу з режиму повсякденного функціонування в режим надзвичайної ситуації. Під час переходу в режим надзвичайної ситуації виникає зворотний зв'язок між НС, що виникли, та

складовими локальної території у вигляді руйнівних факторів, які негативно впливають на природне, техногенне та соціальне середовища. Результатом такої негативної дії є дестабілізація в природному, техногенному та соціальному середовищах, що призводить до природних наслідків, матеріального та соціального (нематеріального) збитку.

Техногенне середовище набуває особливого інтесу, оскільки об'єднує різного роду потенційно небезпечні об'єкти, діяльність яких спрямована як на здобуття енергії техногенного походження, так і інших продуктів техногенного походження, без яких неможливо в сучасних умовах життєдіяльність соціумів.

Таким чином, існує замкнутий цикл здобуття та використання  $E^T(S_{ЛТ}, T)$ , в результаті якого відбувається генерація різного роду небезпек. У зв'язку з цим, з метою запобігання виникненню НС різної природи, а також зменшення енергії їх негативного впливу на функціонування локальної території, людство постійно працює над проблемою підвищення ефективності заходів щодо забезпечення раннього моніторингу попередніх чинників НС на етапі їх зародження, недопущення їх розвитку до рівня масштабного НС, а також локалізації та ліквідації НС, що виникли, з метою мінімізації наслідків. В основу реалізації заходів щодо підвищення рівня безпеки життєдіяльності у роботах [16, 17] закладені принципи раціонального використання енергії техногенного походження та критерії ефективності перерозподілу виробленої енергії  $E^T(S_{ЛТ}, T)$  між соціально-техногенним середовищем і підсистемами моніторингу, попередження та ліквідації НС в режимах повсякденного функціонування та надзвичайної ситуації. Тому, для реалізації заходів забезпечення відповідного рівня безпеки життєдіяльності на локальній території комплексна територіальна система СМПЛ НС має, як показано на рис. 4, міцний енергетичний взаємозв'язок між виникненням та негативним проявом НС та ефективністю самої системи безпеки. Ефективна реалізація та надійність

функціонування системи безпеки неможлива без відповідної енергетичної підтримки, адекватної рівням і характеру загроз. Оцінку енергетичних вимог до ефективності функціонування комплексної територіальної системи СМПЛ НС природного та техногенного характеру проведено на основі ймовірного математичного моделювання, яке використовується в задачах оптимізації різного роду систем [43 – 45]. Так, для СМПЛ НС, яка працює у режимі автоматичного виявлення джерел НС, властиві похибки двох родів (див. табл. 1):

– першого роду – хибна тривога про наявність небезпеки:

$$\alpha \equiv P(Z/\bar{D}_{НС}), \quad (7)$$

де  $P(Z/\bar{D}_{НС})$  – умовна імовірність спрацювання системи СМПЛ НС в умовах відсутності небезпеки;  $Z$  – вихідний сигнал СМПЛ НС про наявність небезпеки;  $\bar{D}_{НС}$  – подія, що протікає на локальній території та характеризується відсутністю НС;

– другого роду – пропуск небезпеки, що виникла:

$$\beta \equiv P(\bar{Z}/D_{НС}), \quad (8)$$

де  $P(\bar{Z}/D_{НС})$  – умовна імовірність неспрацювання системи СМПЛ НС в умовах виникнення НС;  $\bar{Z}$  – вихідний сигнал СМПЛ НС про відсутність небезпеки;  $D_{НС}$  – подія, що протікає на локальній території та характеризується наявністю НС.

Основними вимогами до надійного функціонування системи СМПЛ НС є мала імовірність цих похибок ( $\alpha \ll 1; \beta \ll 1$ ), при цьому хибна тривога є менш небезпечною у порівнянні з пропусканням небезпеки, що виникла ( $\beta \ll \alpha$ ).

Тому, коефіцієнт ефективності ( $K_{Еф.}^{СМПЛ НС}$ ) системи СМПЛ НС в режимі виявлення (моніторингу) небезпеки визначемо за умов припущення того, що  $\alpha = \text{const}$ , через похибку другого роду як:

$$K_{Еф.}^{СМПЛ НС} = 1/\beta. \quad (9)$$

Таблиця 1

Енергетичні рівні функціонування територіальної автоматизованої системи моніторингу, попередження та ліквідації НС в залежності від режимів життєдіяльності локальної території та похибки виявлення небезпек

| Локальна територія         |                  | НС                  |                          | СМПЛ НС         |                      |                                  |
|----------------------------|------------------|---------------------|--------------------------|-----------------|----------------------|----------------------------------|
| Режим життєдіяльності      | Енергія          | Наявність небезпеки | Енергія                  | Вихідний сигнал | Похибка виявлення НС | Енергія                          |
| Повсякденне функціонування | $E_0(S_{ЛТ}, T)$ | –                   | –                        | $\bar{Z}$       | –                    | $E_0^{СМПЛ НС}(S_{ЛТ}, T)$       |
|                            |                  |                     |                          | $Z$             | хибна тривога        | $E_{Lie}^{СМПЛ НС}(S_{ЛТ}, T)$   |
| Надзвичайна ситуація       | $E_0(S_{ЛТ}, T)$ | +                   | $E^{НС}(S_{НС}, T_{НС})$ | $Z$             | –                    | $E_{Truth}^{СМПЛ НС}(S_{ЛТ}, T)$ |
|                            |                  |                     |                          | $\bar{Z}$       | пропуск небезпеки    | $E_0^{СМПЛ НС}(S_{ЛТ}, T)$       |

З урахуванням наявності залежності між подіями виявлення системою СМПЛ НС небезпеки та виникнення НС, яку можна записати як  $P(D_{НС} \cdot \bar{Z}) = P(D_{НС}) \cdot P(\bar{Z}/D_{НС})$ , тоді коефіцієнт ефективності функціонування системи СМПЛ НС можна записати у вигляді:

$$K_{Еф.}^{СМПЛ НС} = \frac{P(D_{НС})}{P(D_{НС} \cdot \bar{Z})}, \quad (10)$$

де  $P(D_{НС})$  – ймовірність виникнення НС за умов не функціонування СМПЛ НС;  $P(D_{НС} \cdot \bar{Z})$  – ймовірність невиявлення НС за умов функціонування СМПЛ НС.

Обґрунтування ефективності системи СМПЛ НС представлено через випадковий характер енергетичних витрат. Для цього використано представлені у табл. 1 наступні параметри:  $E^{HC}(S_{ЛТ}, T)$  – руйнівна енергія НС, яка виникла за умов відсутності СМПЛ НС;  $E_{Truth}^{СМПЛНС}(S_{ЛТ}, T)$  – енергетичні витрати на роботу СМПЛ НС по попередженню та ліквідації НС за умов правильного виявлення небезпеки;  $E_{Lie}^{СМПЛНС}(S_{ЛТ}, T)$  – енергетичні витрати на роботу СМПЛ НС по попередженню та ліквідації НС за умов хибного виявлення небезпеки;  $E_0^{СМПЛНС}(S_{ЛТ}, T)$  – енергетичні витрати на роботу СМПЛ НС по моніторингу НС за умов відсутності небезпеки.

Величини цих параметрів на рівнях функціонування СМПЛ НС, від об'єктового до державного, пов'язані між собою як:

$$\begin{cases} E^{HC}(S_{ЛТ}, T) \gg E_{Truth}^{СМПЛНС}(S_{ЛТ}, T); \\ E_{Truth}^{СМПЛНС}(S_{ЛТ}, T) \geq E_{Lie}^{СМПЛНС}(S_{ЛТ}, T); \\ E_{Truth}^{СМПЛНС}(S_{ЛТ}, T) \geq E_0^{СМПЛНС}(S_{ЛТ}, T). \end{cases} \quad (11)$$

Математичне сподівання  $M_{E(S_{ЛТ}, T)}$  випадкової величини енергетичних витрат для локальної території можна представити виразом у вигляді:

$$\begin{aligned} M_{E(S_{ЛТ}, T)} &= E^{HC}(S_{ЛТ}, T)\beta P(D_{НС}) + \\ &+ E_{Truth}^{СМПЛНС}(S_{ЛТ}, T)(1-\beta)P(D_{НС}) + \\ &+ E_{Lie}^{СМПЛНС}(S_{ЛТ}, T)\alpha(1-P(D_{НС})) + \\ &+ E_0^{СМПЛНС}(S_{ЛТ}, T)(1-\alpha)(1-P(D_{НС})). \end{aligned} \quad (12)$$

За умов припущення наявності високого ступеню ризику виникнення НС ( $P(D_{НС}) \approx 1$ ) оцінка очікуваних енергетичних витрат має вигляд:

$$M_{E(S_{ЛТ}, T)} \approx E^{HC}(S_{ЛТ}, T)\beta + E_{Truth}^{СМПЛНС}(S_{ЛТ}, T), \quad (13)$$

а навпаки за  $P(D_{НС}) \ll 1$  очікуваних енергетичних витрат можливо оцінити як:

$$\begin{aligned} M_{E(S_{ЛТ}, T)} &\approx E^{HC}(S_{ЛТ}, T)\beta P(D_{НС}) + \\ &+ (E_0^{СМПЛНС}(S_{ЛТ}, T)P(D_{НС}) + E_{Lie}^{СМПЛНС}(S_{ЛТ}, T))\alpha + \\ &+ (E_0^{СМПЛНС}(S_{ЛТ}, T) + E_{Truth}^{СМПЛНС}(S_{ЛТ}, T)P(D_{НС})). \end{aligned} \quad (14)$$

Умови зниження енергетичних витрат можливо звести до зменшення, в першу чергу, відносного вкладу першого члену правої частини виразу (7), що визначає основну умову енергетичної ефективності системи СМПЛ НС. Ця умова має вигляд:

$$\beta \ll \frac{E_{Truth}^{СМПЛНС}(S_{ЛТ}, T)}{E^{HC}(S_{ЛТ}, T)}, \quad (15)$$

що підтверджує адекватність запропонованого у роботі [16] енергетичного підходу та введення показника енергетичної ефективності впливу системи безпеки на джерело небезпеки у вигляді

$$k_{СМПЛНС \rightarrow НС}^{Безп.} = \frac{E_{Truth}^{СМПЛНС}(S_{ЛТ}, T)}{E^{HC}(S_{ЛТ}, T)}.$$

Для величини  $\alpha$  додаткові вимоги за умови  $P(D_{НС}) \ll 1$  мають вигляд:

$$\alpha \ll \frac{E_0^{СМПЛНС}(S_{ЛТ}, T) + E_{Truth}^{СМПЛНС}(S_{ЛТ}, T)P(D_{НС})}{E_0^{СМПЛНС}(S_{ЛТ}, T)P(D_{НС}) + E_{Lie}^{СМПЛНС}(S_{ЛТ}, T)}. \quad (16)$$

За умов виконання вимог (15) і (16) очікуванні енергетичні затрати можна звести до:

$$\begin{aligned} M_{E(S_{ЛТ}, T)} &\approx E_0^{СМПЛНС}(S_{ЛТ}, T) + \\ &+ E_{Truth}^{СМПЛНС}(S_{ЛТ}, T)P(D_{НС}). \end{aligned} \quad (17)$$

Математичне сподівання  $M_{E^{HC}(S_{ЛТ}, T)}$  величини  $E^{HC}(S_{ЛТ}, T)$  за умов відсутності системи СМПЛ НС можливо визначити як:

$$M_{E^{HC}(S_{ЛТ}, T)} = E^{HC}(S_{НС}, T)P(D_{НС}), \quad (18)$$

де  $S_{НС}$  – площа НС.

У зв'язку з цим, коефіцієнт енергетичної ефективності системи СМПЛ НС можна представити наступним чином:

$$K_{Еф.}^{СМПЛ НС} \equiv \frac{M_{E^{HC}(S_{ЛТ}, T)}}{M_{E(S_{ЛТ}, T)}}, \quad (19)$$

який для оптимальної територіальної системи СМПЛ НС має вигляд:

$$\begin{aligned} K_{Еф.}^{СМПЛ НС} &\approx \\ &\approx \frac{E^{HC}(S_{ЛТ}, T)}{E_0^{СМПЛНС}(S_{ЛТ}, T)}P(D_{НС}) + \frac{E^{HC}(S_{ЛТ}, T)}{E_{Truth}^{СМПЛНС}(S_{ЛТ}, T)}. \end{aligned} \quad (20)$$

У випадку, якщо оптимальних параметрів  $\alpha$  і  $\beta$  досягти не вдається, достатньою умовою енергетичної виправданості системи СМПЛ НС залишається умова  $K_{Еф.}^{СМПЛ НС} > 1$ , а саме:

$$\frac{E_{\text{Truth}}^{\text{СМПЛНС}}(S_{\text{ЛГ}}, T)}{E^{\text{HC}}(S_{\text{ЛГ}}, T)} + \frac{\alpha}{P(D_{\text{HC}})} \cdot \frac{E_{\text{Lie}}^{\text{СМПЛНС}}(S_{\text{ЛГ}}, T)}{E^{\text{HC}}(S_{\text{ЛГ}}, T)} + \frac{\alpha P(D_{\text{HC}}) + 1}{P(D_{\text{HC}})} \cdot \frac{E_0^{\text{СМПЛНС}}(S_{\text{ЛГ}}, T)}{E^{\text{HC}}(S_{\text{ЛГ}}, T)} + \beta < 1. \quad (21)$$

Перевірку адекватності представленого підходу проведено за даними аналізу ефективності функціонування на території України системи моніторингу, попередження та ліквідації НС державного та регіонального рівнів. Результати представлено у графічному вигляді на рис. 5.

Так, у відповідності з результатами, наведеними у роботах [16, 17], потужності основних джерел небезпеки, які виникають на території України, знаходяться в діапазоні  $10^7 - 10^{16}$  Вт. В залежності від масштабу та терміну дії (від 1с до п'яти діб –  $5 \cdot 10^5$  с), їх енергія знаходиться на рівні  $10^{10} - 10^{19}$  Дж.

Енергетичний рівень природного балансу за добу на території України становить:

$$E^{\text{П}}(S_{\text{Укр.}}, T = 10^5 \text{ с}) = -8,4 \cdot 10^{19} + 1,6 \cdot 10^{16} \approx 8,4 \cdot 10^{19} \text{ Дж.} \quad (22)$$

Енергетичні можливості СМПЛНС по ліквідації небезпеки характеризуються середніми за період 2002 – 2013 рр. енергетичними потужностями держави:

$$E_{\text{Truth}}^{\text{СМПЛНС}}(S_{\text{Укр.}}, T = 10^5 \text{ с}) = E_{\text{АЕС}}^{\text{T}}(S_{\text{Укр.}}, T = 10^5 \text{ с}) + E_{\text{ТЕС}}^{\text{T}}(S_{\text{Укр.}}, T = 10^5 \text{ с}) + E_{\text{ТЕС}}^{\text{T}}(S_{\text{Укр.}}, T = 10^5 \text{ с}) \approx 17,9 \cdot 10^{14} + 4,6 \cdot 10^{14} + 30 \cdot 10^{14} = 52,5 \cdot 10^{14} \text{ Дж,}$$

де  $E_{\text{АЕС}}^{\text{T}}(S_{\text{Укр.}}, T = 10^5 \text{ с})$  – середньодобовий енергетичний показник ефективності функціонування атомних електростанцій України;  $E_{\text{ТЕС}}^{\text{T}}(S_{\text{Укр.}}, T = 10^5 \text{ с})$  – середньодобовий енергетичний показник ефективності функціонування гідроелектростанцій України;  $E_{\text{ТЕС}}^{\text{T}}(S_{\text{Укр.}}, T = 10^5 \text{ с})$  – середньодобовий енергетичний показник ефективності функціонування теплових електростанцій України.

Енергетичні можливості СМПЛНС регіонального рівня (при умові рівного розподілу енергії між регіонами) становлять:

$$E_{\text{Truth}}^{\text{СМПЛНС}}(S_{\text{Регіон}}, T = 10^5 \text{ с}) \approx 2,1 \cdot 10^{14} \text{ Дж.} \quad (24)$$

Наведені на рис. 5 результати енергетичної оцінки ефективності функціонування СМПЛНС державного рівня свідчить, що серед НС найбільшу небезпеку для держави складають небезпеки, які пов'язані з процесами, що протікають у космосфері (падіння природних та штучних космічних тіл), та пов'язані з процесами, що протікають у літосфері (землетруси, вулкани). Ці небезпеки за короткий

термін дії ( $T_{\text{HC}} = 1 - 10^5$  с) на площі  $S_{\text{HC}} = 10 - 10^5 \text{ км}^2$  мають руйнівну енергію в межах  $E^{\text{HC}}(S_{\text{HC}}, T_{\text{HC}}) = 10^{10} - 10^{17}$  Дж, та відповідно відносно великі показники небезпеки.

Так, падіння штучних космічних тіл є результатом виникнення нештатної (аварійної) ситуації в роботі космічних засобів або наявності відпрацювавши свій термін й більше некерованих космічних апаратів.

Енергія даного процесу на площі  $S_{\text{HC}} = 10 - 10^3 \text{ км}^2$  за термін дії  $T_{\text{HC}} = 10^2 - 10^3$  с досягає

$E^{\text{HC}}(S_{\text{HC}}, T_{\text{HC}}) = 10^{10} - 10^{11}$  Дж. Відповідно показник енергетичної ефективності функціонування СМПЛНС, який характеризується відношенням енергії небезпеки до енергії противодії, становить:

а) за умов задіяння енергії противодії, яку має в своєму розпорядженні СМПЛНС від локальної території на рівні виниклої НС,

$$\frac{E^{\text{HC}}(S_{\text{HC}}, T_{\text{HC}})}{E_{\text{Truth}}^{\text{СМПЛНС}}(S_{\text{HC}}, T_{\text{HC}})} = 1 - 10^2;$$

б) за умов задіяння енергії противодії, яку має в своєму розпорядженні державна СМПЛНС –

$$\frac{E^{\text{HC}}(S_{\text{HC}}, T_{\text{HC}})}{E_{\text{Truth}}^{\text{СМПЛНС}}(S_{\text{Укр.}}, T = 10^5 \text{ с})} \approx 2 \cdot 10^{-6} - 2 \cdot 10^{-5}.$$

Отримані результати вказують на відносно незначний рівень дестабілізуючого впливу від падіння штучних космічних тіл на умови нормального функціонування території України та на достатні енергетичні можливості СМПЛНС для ефективної реалізації заходів щодо ліквідації цієї небезпеки.

Землетруси, з відповідними показниками небезпеки ( $S_{\text{HC}} = 10^2 - 10^3 \text{ км}^2$ ;  $T_{\text{HC}} = 10 - 10^2$  с;  $E^{\text{HC}}(S_{\text{HC}}, T_{\text{HC}}) = 10^{15} - 10^{17}$  Дж), становлять рівень небезпечного впливу відносно енергетичних можливостей СМПЛНС

$$\frac{E^{\text{HC}}(S_{\text{HC}}, T_{\text{HC}})}{E_{\text{Truth}}^{\text{СМПЛНС}}(S_{\text{HC}}, T_{\text{HC}})} = 10^6 - 10^8$$

та  $\frac{E^{\text{HC}}(S_{\text{HC}}, T_{\text{HC}})}{E_{\text{Truth}}^{\text{СМПЛНС}}(S_{\text{Укр.}}, T = 10^5 \text{ с})} \approx 2 \cdot 10^{-1} - 20$ , що вка-

зує на відносно велику потужність даного явища та, на відміну від попередньої небезпеки, землетруси характеризуються значною ймовірністю прояву та можливістю нанесення значного дестабілізуючого впливу на режим нормального функціонування певної частини території України (Крим, Карпати). Енергетичні можливості СМПЛНС вказують на необхідність ефективної реалізації для держави раннього моніторингу цієї небезпеки та розгляду можливостей її попередження на рівні зародження попередніх факторів сейсмічної небезпеки.

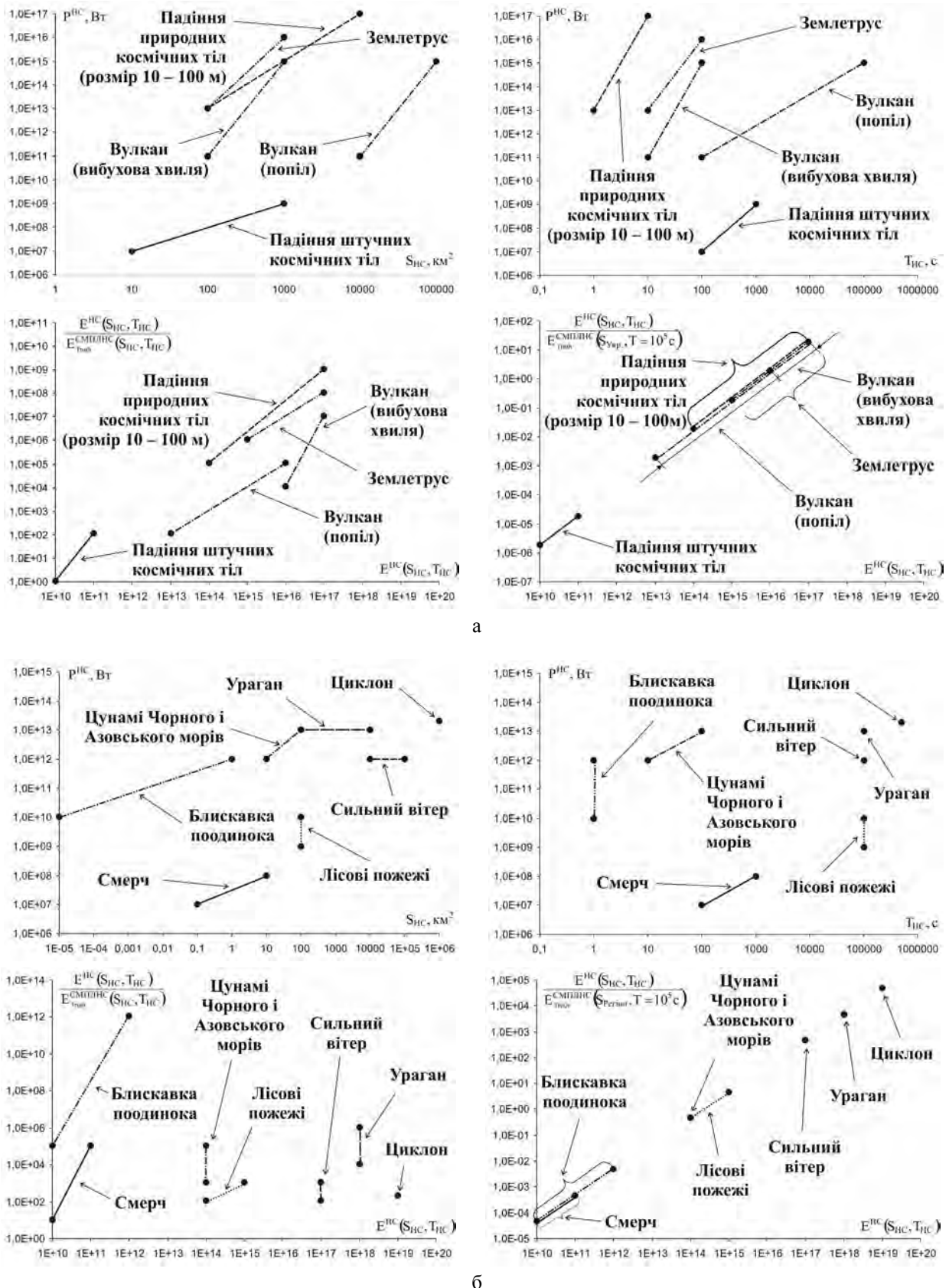


Рис. 5. Енергетична оцінка ефективності функціонування на території України підсистеми державного (а) та регіонального (б) рівней СМПЛ НС у координатах

$$E^{HC}(S_{HC}, T_{HC}) - \frac{E^{HC}(S_{HC}, T_{HC})}{E^{CMPLHC}_{Truth}(S_{HC}, T_{HC})} \text{ та } E^{HC}(S_{HC}, T_{HC}) - \frac{E^{HC}(S_{HC}, T_{HC})}{E^{CMPLHC}_{Truth}(S_{Perion}, T = 10^5 \text{ с})}$$



Вулкани, маючи

$$E^{HC}(S_{HC}, T_{HC}) = 10^{13} - 10^{17} \text{ Дж}$$

за інтервал часу  $T_{HC} = 10 - 10^2$  с (вибухова хвиля)

та  $T_{HC} = 10^2 - 10^5$  с (попіл) на площі

$S_{HC} = 10^2 - 10^3$  км<sup>2</sup> (вибухова хвиля) та

$S_{HC} = 10^4 - 10^5$  км<sup>2</sup> (попіл), складають:

а) за умов прояву небезпеки від вибухової хвилі

$$\frac{E^{HC}(S_{HC}, T_{HC})}{E_{Truth}^{CMPLHC}(S_{HC}, T_{HC})} = 10^4 - 10^7$$

та 
$$\frac{E^{HC}(S_{HC}, T_{HC})}{E_{Truth}^{CMPLHC}(S_{укр.}, T = 10^5 \text{ с})} \approx 2 - 2 \cdot 10^1;$$

б) за умов прояву небезпеки від попилу

$$\frac{E^{HC}(S_{HC}, T_{HC})}{E_{Truth}^{CMPLHC}(S_{HC}, T_{HC})} = 10^2 - 10^5$$

та 
$$\frac{E^{HC}(S_{HC}, T_{HC})}{E_{Truth}^{CMPLHC}(S_{укр.}, T = 10^5 \text{ с})} \approx 2 \cdot 10^{-3} - 2.$$

Діючих же в Україні вулканів немає, а небезпеку складають вулкани, розташовані за межами держави.

Показник небезпеки впливу на функціонування території України в умовах падіння природних космічних тіл досягає

$$\frac{E^{HC}(S_{HC}, T_{HC})}{E_{Truth}^{CMPLHC}(S_{HC}, T_{HC})} = 10^5 - 10^9$$

та 
$$\frac{E^{HC}(S_{HC}, T_{HC})}{E_{Truth}^{CMPLHC}(S_{укр.}, T = 10^5 \text{ с})} \approx 2 \cdot 10^{-2} - 20,$$
 що вка-

зує на велику руйнівну потужність даного явища за відносно короткий термін дії  $T_{HC} = 1 - 10$  с на великій площі локальної території  $S_{HC} = 10^2 - 10^4$  км<sup>2</sup>. Однак, зворотною характеристикою цього природного явища є відносно невелика ймовірність прояву тому, що природні космічні тіла ймовірної маси (енергії) падають на Землю один раз за 10 - 1000 років відповідно.

Таким чином, за результатами, наведеними на рис. 5, можливо констатувати, що енергетичні можливості СМПЛ НС, як системи активного впливу на небезпеки державного та вищих рівнів з метою їх усунення, достатньо обмежені у своїй реалізації. Виняток складають небезпеки пов'язані з падінням штучних космічних тіл. У разі же прояву інших НС державного рівня можливості СМПЛ НС обмежуються функціями виявлення, прогнозування та мінімізації наслідків.

Серед НС регіонального рівня найбільшу небезпеку, за даними рис. 5, б становлять метеорологічні явища, що виникають в атмосфері та гідросфері, а

також пожежі природного характеру. Ці небезпеки мають приголомшуючу дію на людей, сільськогосподарські тварини та рослини, об'єкти економіки та навколишнього природного середовища. Характеристики деяких цих явищ вказують на те, що вони мають:

$$S_{HC} = 10^{-5} - 10^6 \text{ км}^2, T_{HC} = 1 - 10^6 \text{ с},$$

$$E^{HC}(S_{HC}, T_{HC}) = 10^{10} - 10^{19} \text{ Дж}.$$

Так, руйнівна енергія поодинокі блискавки ( $S_{HC} = 10^{-5} - 1$  км<sup>2</sup>,  $T_{HC} = 1$  с) дорівнює

$E^{HC}(S_{HC}, T_{HC}) = 10^{10} - 10^{12}$  Дж, що у відношенні до енергетичних можливостей локальної території та регіональної підсистеми СМПЛ НС становить

$$\frac{E^{HC}(S_{HC}, T_{HC})}{E_{Truth}^{CMPLHC}(S_{HC}, T_{HC})} = 10^5 - 10^{12}$$

та 
$$\frac{E^{HC}(S_{HC}, T_{HC})}{E_{Truth}^{CMPLHC}(S_{Region}, T = 10^5 \text{ с})} \approx 5 \cdot 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-3}.$$

Небезпечні природні явища, які пов'язані з рухом повітря упродовж земної поверхні, накопичують енергію від  $10^{10} - 10^{11}$  Дж до  $10^{17} - 10^{19}$  Дж, при цьому:

- смерчі, що виникають на території України, характеризуються відносно невеликою руйнівною енергією  $E^{HC}(S_{HC}, T_{HC}) = 10^{10} - 10^{11}$  Дж, що негативно діє на незначній локальній території  $S_{HC} = 10^{-1} - 10$  км<sup>2</sup> за незначний термін часу  $T_{HC} = 10^2 - 10^3$  с. Показники енергетичного відношення між руйнівною енергією НС та енергіями противодії територіальної та регіональної СМПЛ НС відповідно дорівнюють

$$\frac{E^{HC}(S_{HC}, T_{HC})}{E_{Truth}^{CMPLHC}(S_{HC}, T_{HC})} = 10 - 10^5$$

та 
$$\frac{E^{HC}(S_{HC}, T_{HC})}{E_{Truth}^{CMPLHC}(S_{Region}, T = 10^5 \text{ с})} \approx 5 \cdot 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-4};$$

- сильні вітри на території України характеризуються  $S_{HC} = 10^4 - 10^5$  км<sup>2</sup>,  $T_{HC} = 10^5$  с та  $E^{HC}(S_{HC}, T_{HC}) = 10^{17}$  Дж, що свідчить про погіршення у порівнянні зі смерчами енергетичних можливостей СМПЛ НС у разі реалізації активної протидії сильним вітрам, а саме

$$\frac{E^{HC}(S_{HC}, T_{HC})}{E_{Truth}^{CMPLHC}(S_{HC}, T_{HC})} = 10^2 - 10^3 \gg 1$$

та 
$$\frac{E^{HC}(S_{HC}, T_{HC})}{E_{Truth}^{CMPLHC}(S_{Region}, T = 10^5 \text{ с})} \approx 5 \cdot 10^2 > 1;$$

– урагани мають більшу у порівнянні із сильними вітрами для території держави руйнівну силу

$$(S_{HC} = 10^2 - 10^4 \text{ км}^2, T_{HC} = 10^5 \text{ с}, \\ E^{HC}(S_{HC}, T_{HC}) = 10^{18} \text{ Дж}),$$

що становить

$$\frac{E^{HC}(S_{HC}, T_{HC})}{E_{Truth}^{СМПЛНС}(S_{HC}, T_{HC})} = 10^4 - 10^6$$

та 
$$\frac{E^{HC}(S_{HC}, T_{HC})}{E_{Truth}^{СМПЛНС}(S_{Region}, T = 10^5 \text{ с})} \approx 5 \cdot 10^3;$$

– циклони протягом п'яти – семи діб діють, мають велику руйнівну енергію на великій локальній території та характеризуються наступними показниками:

$$S_{HC} = 10^6 \text{ км}^2, T_{HC} = 5 \cdot 10^5 \text{ с}, \\ E^{HC}(S_{HC}, T_{HC}) = 10^{19} \text{ Дж},$$

$$\frac{E^{HC}(S_{HC}, T_{HC})}{E_{Truth}^{СМПЛНС}(S_{HC}, T_{HC})} \approx 2 \cdot 10^2$$

та 
$$\frac{E^{HC}(S_{HC}, T_{HC})}{E_{Truth}^{СМПЛНС}(S_{Region}, T = 10^5 \text{ с})} \approx 5 \cdot 10^4.$$

Пожежі, які поширюються на лісовому масиві, середня площа якого складає  $S_{HC} = 10^2 \text{ км}^2$ , у продовж доби ( $T_{HC} = 10^5 \text{ с}$ ) мають енергію  $E^{HC}(S_{HC}, T_{HC}) = 10^{14} - 10^{15} \text{ Дж}$ . Відповідно, енергетичні показники ефективності територіальної та регіональної СМПЛНС щодо ліквідації лісової пожежі становить

$$\frac{E^{HC}(S_{HC}, T_{HC})}{E_{Truth}^{СМПЛНС}(S_{HC}, T_{HC})} = 10^2 - 10^3$$

та 
$$\frac{E^{HC}(S_{HC}, T_{HC})}{E_{Truth}^{СМПЛНС}(S_{Region}, T = 10^5 \text{ с})} \approx 5 \cdot 10^{-1} - 5.$$

Рівень небезпеки, що виникає на Чорному і Азовському морях у вигляді цунамі, у відповідності природних умов прояву

$$(S_{HC} = 10 - 10^2 \text{ км}^2, T_{HC} = 10 - 10^2 \text{ с}, \\ E^{HC}(S_{HC}, T_{HC}) = 10^{14} \text{ Дж})$$

відповідає рівню

$$\frac{E^{HC}(S_{HC}, T_{HC})}{E_{Truth}^{СМПЛНС}(S_{HC}, T_{HC})} = 10^3 - 10^5$$

та 
$$\frac{E^{HC}(S_{HC}, T_{HC})}{E_{Truth}^{СМПЛНС}(S_{Region}, T = 10^5 \text{ с})} \approx 5 \cdot 10^{-1}.$$

Таким чином, у відповідності з проведеним аналізом даних рис. 5 енергетичні можливості

СМПЛНС вказаних небезпек на рівні держави та її регіону досягають в деяких випадках рівня

$$\frac{E^{HC}(S_{HC}, T_{HC})}{E_{Truth}^{СМПЛНС}(S, T)} \leq 1,$$

що вказує у перспективі на можливість розробки відповідних засобів активного попередження виникнення джерел небезпек на етапі їх зародження та недопущення їх розвитку до рівня НС.

Крім того, за результатами порівняльного аналізу приведених на рис. 5 результатів можливо констатувати, що енергетичні можливості регіону у порівнянні з енергетичними можливостями держави мають меншу ефективність при боротьбі з великими (маючими велику руйнівну енергію) НС або групою одночасно виниклих НС, тому існує початкова необхідність створення комплексної системи безпеки, яка базується на принципах взаємного перерозподілу енергетичного, матеріально-технічного та людського потенціалу між потенційно небезпечними об'єктами, містами та регіонами України для забезпечення ефективного моніторингу, попередження та ліквідації НС різного походження на різних рівнях життєдіяльності.

## Висновки

1. На базі запропонованого нами раніше енергетичного підходу розроблено принцип оцінки ефективності функціонування комплексної територіальної автоматизованої системи моніторингу, попередження та ліквідації НС в залежності від режимів життєдіяльності локальної території та похибки виявлення небезпек.

2. Розраховано енергії основних джерел небезпек, на основі розрахунків проведено систематизацію джерел небезпек та дана оцінка їх небезпечного впливу на стан життєдіяльності в Україні й енергетичні потужності держави для їх попередження.

3. Показана необхідність формування в державі комплексної системи безпеки з урахуванням територіально-часового розподілу факторів НС і раціонального взаємного перерозподілу енергетичного, матеріально-технічного та людського потенціалів між потенційно небезпечними об'єктами, містами та регіонами України.

## Список літератури

1. Азаренко Е.В. Проблема управления экологической безопасностью прибрежных вод и пути ее решения / Е.В. Азаренко, Ю.Ю. Гончаренко, М.М. Дивизинюк // Системи обробки інформації. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2012. – Вип. 2(100). – С. 271-275.
2. Агеев С.В. Методически основы требований к системам оповещения о чрезвычайных ситуациях / С.В. Агеев, М.В. Носов // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности», 2012. – Вып. 4(44). [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу:

<http://academygps.ru/img/UNK/asit/ttb/2012-1/18-04-12.ttb.pdf>.

3. Лисиченко Г.В. Про вдосконалення системи моніторингу довкілля в світлі задач сталого розвитку / Г.В. Лисиченко, Ю.Л. Забулонов, В.А. Бабинець [та інші.] // Збірник праць. Севастопольського національного університету ядерної енергії і промисловості, 2005. – № 14. – С. 50-59.

4. Кондратьев К.Я. Концепция регионального геоинформационного мониторинга / К.Я. Кондратьев, В.Ф. Крапивин, Е.С. Пишин // Исследование земли из космоса. – 2000. – № 6. – С. 3-10.

5. Подопригора Е.Л. Геоинформационная система мониторинга океана и атмосферы / Е.Л. Подопригора, Т.С. Чистяков, В.А. Хованец, М.С. Пермяков // Электронный журнал «ИССЛЕДОВАНО В РОССИИ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2003/128.pdf>.

6. Кодекс цивільного захисту України від 2 жовтня 2012 року № 5403-VI // Голос України. – 2012. – листопад (№ 220 (5470)). – С. 4-20.

7. Постанова Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998 року №391 «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля» [Електрон. ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/391-98-%D0%BF>.

8. Наказ МНС України від 06 листопада 2003 року №425 «Про затвердження Положення про моніторинг потенційно небезпечних об'єктів» [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/z1238-03>.

9. Малишева Н.Р. Гармонізація екологічного законодавства в Європі / Н.Р. Малишева. – К., 1996. – 148 с.

10. Збірник нормативно-правових актів Європейського Союзу у сфері охорони навколишнього середовища. – Львів, 2004. – 192 с.

11. Український Гідрометцентр [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: [http://meteo.gov.ua/ua/33345/hmc/hmc\\_main/](http://meteo.gov.ua/ua/33345/hmc/hmc_main/).

12. Комплексная система обеспечения безопасности движения поездов [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.eav.ru/publ1.php?publ1=2009-12a09>.

13. «Укрзалізниця» підвищує рівень безпеки руху поїздів [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://economics.unian.ua/transport/539737-ukrzhalsnitsya-privischnue-riven-bezpeki-ruhu-pojizdiv.html>.

14. Автоматизована система управління дорожнім рухом та контролю за станом покриття [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: [http://www.asfalt.kiev.ua/sit\\_asursp.html](http://www.asfalt.kiev.ua/sit_asursp.html).

15. На автодороге Киев-аэропорт «Борисполь» установлены автоматизированные системы управления дорожным движением [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: [http://www.rbc.ua/rus/news/economic/na\\_avtodoroge\\_kiev\\_aeroport\\_borispol\\_ustanovleny\\_avtomatizirovannye\\_sistemy\\_upravleniya\\_dorozhnym\\_dvizheniem\\_mitranssvyazi\\_030220090](http://www.rbc.ua/rus/news/economic/na_avtodoroge_kiev_aeroport_borispol_ustanovleny_avtomatizirovannye_sistemy_upravleniya_dorozhnym_dvizheniem_mitranssvyazi_030220090).

16. 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: Зб. наук. праць. – Х.: Національний університет цивільного захисту України, 2011. – Вип. 14. – С. 171-194.

17. 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.

18. Черногор Л.Ф. Физика и экология катастроф / Л.Ф. Черногор – Х.: ХНУ имени В.Н. Каразина, 2012. – 556 с.

19. Черногор Л.Ф. О нелинейности в природе и науке / Л.Ф. Черногор – Х.: ХНУ имени В.Н. Каразина, 2008. – 528 с.

20. Тютюник В.В. Аналіз факторів, які провокують виникнення надзвичайних ситуацій природного характеру / В.В. Тютюник, В.Д. Калугін // Системи обробки інформації. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2011. – Вип. 4(94). – С. 280-284.

21. ГОСТ Р 22.0.05-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения [Электронный ресурс]. – Режим доступа до ресурсу: [http://www.fireman.ru/bd/gost/22-0-05/22-0-05-94.htm#n\\_3\\_1\\_2](http://www.fireman.ru/bd/gost/22-0-05/22-0-05-94.htm#n_3_1_2).

22. Михайлов Л.А. Чрезвычайные ситуации природного, техногенного и социального характера и защита от них / Л.А. Михайлов, В.П. Соломин. – СПб.: Питер, 2008. – 235 с.

23. Ліпкан В.А. Національна безпека України / В.А. Ліпкан [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://westudents.com.ua/knigi/368-natsionalna-bezpeka-ukrani-lpkan-va.html>.

24. Арнольд В.И. Теория катастроф / В.И. Арнольд. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. – 128 с.

25. Хакен Г. Синергетика / Г. Хакен. – М.: Изд. «Мир», 1980. – 414 с.

26. Бабурина В.Л. Пространство циклов: Мир – Россия – регион / Под ред. В.Л. Бабурина, П.А. Чистякова. – М.: Изд-во ЛКИ, 2007. – 320 с.

27. Малинецкий Г.Г. Математические основы синергетики: Хаос, структуры, вычислительный эксперимент / Г.Г. Малинецкий. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. – 312 с.

28. Тютюник В.В. Дослідження механізму цепного розвитку процесу розповсюдження нестабільності у сейсмічно небезпечних регіонах Землі / В.В. Тютюник, В.Д. Калугін // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2012. – Вип. 1(30). – С. 178-184.

29. Тютюник В.В. Оцінка ризику функціонування природно-техногенно-соціальної системи при сезонних коливаннях сейсмічної активності / В.В. Тютюник, В.Д. Калугін, Л.Ф. Черногор // Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист. – Київ-Кременчук, 2012, 2013. – Вип. 5. – С. 165-179.

30. Тютюник В.В. Оцінка територіально-часового розподілу кількості землетрусів по земній кулі / В.В. Тютюник, В.Д. Калугін, Л.Ф. Черногор // Геоінформатика – К.: Інститут геологічних наук НАН України, 2012. – № 4(44). – С. 53-60.

31. Калугін В.Д. Оцінка співвідношення між рівнями сейсмічної небезпеки півкуль земної кулі / В.Д. Калугін, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко // Системи обробки інформації. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2012. – Вип. 7 (105). – С. 277-287.

32. Тютюник В.В. Оцінка впливу тектонічної активності земної кулі на сейсмічність території України / В.В. Тютюник, Ю.О. Гордієнко, В.Д. Калугін, Л.Ф. Черногор // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ДП «Центральний науково-дослідний інститут навігації і управління», 2012. – Вип. 3(23). – С. 210-216.

33. 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.

34. Тютюник В.В. Моделирование энергетических зон суммарного риска от стационарных потенциально опасных

объектов / В.В. Тютюник, А.В. Попова, А.Н. Соболев, В.Д. Калугин, Е.А. Сушко // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, 2014. – Вып. 1(33). – С. 159-166.

35. Тютюник В.В. Моделирование процесса формирования энергетических зон суммарного риска от стационарных и подвижных потенциально опасных объектов / В.В. Тютюник, Ю.С. Чапля, А.Н. Соболев, В.Д. Калугин, Е.А. Сушко // Фундаментальные исследования. – М.: Академия естествознания, 2014. – № 11. – Ч. 4. – С. 799-803.

36. Тютюник В.В. Оценка уровня техногенной опасности территории по основным показателям жизнедеятельности методами факторного анализа и анализа главных компонент / В.В. Тютюник, Н.В. Бондарев, Р.И. Шевченко, Л.Ф. Черногор, В.Д. Калугин // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – Химки: Академия гражданской защиты МЧС РФ, 2014. – № 3(22). – С. 47-57.

37. Тютюник В.В. Кластерный анализ территории Украины по основным показателям повседневного функционирования и проявления техногенной опасности / В.В. Тютюник, Н.В. Бондарев, Р.И. Шевченко, Л.Ф. Черногор, В.Д. Калугин // Геоинформатика. – К.: Институт геологических наук НАН Украины, 2014. – 4(52). – С. 63-72.

38. Тютюник В.В. Деревяная классификация территории Украины за основными показателями повседневного функционирования та прояву техногенної небезпеки / В.В. Тютюник, М.В. Бондарев, Р.І. Шевченко, Л.Ф. Черногор, В.Д. Калугин // Системи обробки інформації. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2014. – Вип. 9(125). – С. 228-237.

39. Тютюник В.В. Дискримінантний та канонічний аналізи результатів кластеризації території України за основними показателями повсякденного функціонування та прояву техногенної небезпеки / В.В. Тютюник // Системи озброєння і військова техніка. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2015. – № 1(41). – С. 173-178.

40. Тютюник В.В. Нейромережеве прогнозування залежності рівня техногенної небезпеки регіонів України від умов життєдіяльності / В.В. Тютюник // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2015. – № 1 (18). – С. 191-196.

41. Андронов В.А. Комплексні показники оцінювання стану природно-техногенної небезпеки адміністративно-територіальних одиниць України / В.А. Андронов, Ю.П. Бабков, В.В. Тютюник, Р.І. Шевченко // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Х.: Національний університет цивільного захисту України, 2010. – Вип. 12. – С. 9-20.

42. Тютюник В.В. Оцінка відносної інтенсивності між надзвичайними ситуаціями природного та техногенного характеру в регіонах України / В.В. Тютюник // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Х.: Національний університет цивільного захисту України, 2015. – Вип. 21. – С. 112-120.

43. Куракин А.Л. Экономическая оптимизация требований к системам геоэкологического мониторинга / А.Л. Куракин, Л.И. Лобковский // Доклады Академии Наук, 2012. – Т. 446. – № 1. – С. 86-88.

44. 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: Академия гражданской защиты МЧС РФ, 2010. – № 1. – С. 9-14.

45. Кузнецов И.В. Методы расчета ущерба от катастроф различного типа / И.В. Кузнецов, В.Ф. Писаренко, М.В. Родкин // Экономика и математические методы, 1997. – Т. 33. – Вып. 4. – С. 39-50.

Надійшла до редколегії 2.11.2015

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

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОДХОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА, ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ЛОКАЛЬНОЙ ТЕРРИТОРИИ

В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, В.Д. Калугин

На базе энергетического подхода, с учетом территориально-временного распределения энергии источников опасностей различной природы, режимов жизнедеятельности и энергетических возможностей локальной территории, в работе разработан принцип оценки эффективности функционирования комплексной системы мониторинга, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций при условии существования различного рода ошибок обнаружения опасностей.

**Ключевые слова:** энергетический подход, источник опасности, территориально-временное распределение, локальная территория, энергетика чрезвычайных ситуаций, комплексная система мониторинга, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, ошибка обнаружения опасностей.

## USE OF POWER APPROACH FOR THE ASSESSMENT EFFICIENCY OF FUNCTIONING OF THE COMPLEX THE AUTOMATED SYSTEM OF MONITORING, PREVENTIONS AND ELIMINATIONS OF EMERGENCY SITUATIONS IN THE LOCAL TERRITORY

V.V. Tiutiunik, L.F. Chernogor, V.D. Kalugin

On the basis of power approach, taking into account territorial and time distribution of energy of sources of dangers of various nature, the modes of activity and power opportunities of the local territory, in article the principle of an assessment of efficiency of functioning of complex system of monitoring, the prevention and elimination of emergency situations on condition of different existence of errors of detection of dangers is developed.

**Keywords:** power approach, danger source, territorial and time distribution, local territory, power of emergency situations, complex system of monitoring, prevention and elimination of emergency situations, error of detection of dangers.