

*Представлено системний підхід до оцінки ризику небезпеки функціонування природно-техногенно-соціальної системи України в умовах прояву надзвичайних ситуацій (НС) природного та техногенного характеру, які призводять до значних екологічних наслідків*

*Ключові слова: надзвичайна ситуація, ризик, системний підхід, енергетичні характеристики, екологічні наслідки*

*Представлен системный подход для оценки риска опасности функционирования природно-техногенно-социальной системы Украины в условиях проявления чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, которые приводят к значительным экологическим последствиям*

*Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, риск, системный подход, энергетические характеристики, экологические последствия*

*The system approach to an estimation of risk of danger of functioning of natural-technogenic-social system of Ukraine in the conditions of development of emergency situations natural and technogenic character is presented. They leads to ecological consequences*

*Key words: emergency situation, risk, system approach, power character-istics, ecological consequences*

## СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ РИЗИКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ В УКРАЇНІ

**В. Д. Калугін**

Доктор хімічних наук, професор  
Кафедра спеціальної хімії та хімічної технології\*  
Контактний тел.: 095-917-12-07  
E-mail: kalugin.v.d@mail.ru

**В. В. Тютюник**

Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник  
Науково-дослідна лабораторія управління у кризових ситуаціях\*  
Контактний тел.: 067-727-04-05  
E-mail: tutunik\_v@ukr.net

**Л. Ф. Черногор**

Доктор фізико-математичних наук, професор\*  
Кафедра космічної радіофізики  
Контактний тел.: (057) 707-55-61

**Р. І. Шевченко**

Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник  
Науково-дослідна лабораторія управління у кризових ситуаціях  
\*Національний університет цивільного захисту України  
вул. Чернишевська, 94, м. Харків, Україна, 61023  
Контактний тел.: 050-211-77-33  
E-mail: shevchenko605@rambler.ru

### Обґрунтування проблеми

Територія України, як природно-техногенно-соціальна система (ПТС система) з територіально-часовим розподілом параметрів, у процесі свого функціонування та розвитку створює передумови для виникнення небезпек, які негативно впливають на стан природно-екологічного, економіко-технічного та соціально-політичного балансу.

Аналіз зниження рівня безпеки життєдіяльності в Україні за період 2002 – 2010 рр. довів, що незважаючи на зменшення техногенної небезпеки, яке обумовлено падінням потужностей промисловості, зниження відбувається за рахунок збільшення масштабів і руйнівної дії природних небезпек (рис. 1).

Це негативно впливає на економіку держави й умови життєдіяльності в цілому, що непряму підтверджується динамікою зниження (рис. 1) чисельності населення та вказує на необхідність перегляду принципів безпеки життєдіяльності, які необхідно враховувати при розробці заходів попередження та недопущення виникнення як техногенних, так і природних НС.

Перспективним напрямком розробки таких заходів є обґрунтування ефективної системи виявлення попередніх факторів небезпеки на етапі їх виникнення та вплив на них з метою недопущення їх розвитку до рівня НС. Для реалізації заходів попередження та недопущення впливу небезпечних факторів на процес життєдіяльності населення України виникає

необхідність оцінки рівня ризику виникнення небезпеки та прийняття відповідних антикризових рішень.

Небезпека (F), як подія що виникла, є функціонал природних (F<sup>P</sup>), технічних (F<sup>T</sup>) і соціальних (F<sup>S</sup>) факторів:

$$F = \psi(F^P, F^T, F^S). \quad (1)$$

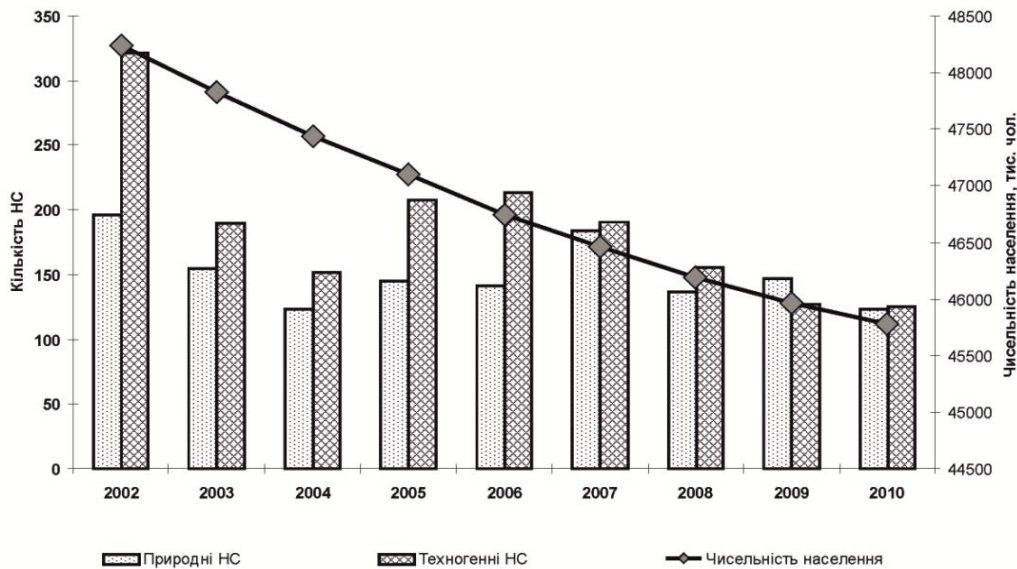


Рис. 1. Динаміка кількості надзвичайних ситуацій і чисельності населення в Україні за період 2002 – 2010 рр. [1]

## 2. Аналіз останніх досліджень

Відомі в науковій літературі [2 – 8] основні підходи до оцінки ризику НС різної природи базуються на двох підходах: вірогідно-статистичному й експертному аналізах та не враховують фізико-хімічні основи процесів, що протікають при виникненні попередніх факторів небезпек й розвитку НС та їх енергетику. Тому, вказані в [2 – 8] підходи виконують функцію вірогідної декларативності небезпек за рівнем їх можливого руйнівного впливу на стан нормального функціонування ПТС системи.

При вирішенні же проблеми формування системи комплексних заходів для попередження НС різної природи виникає необхідність дослідження кінетики процесів зародження та виникнення НС і їх взаємного впливу в умовах територіально-часового розподілу джерел небезпек [9, 10].

Необхідність проведення відповідних досліджень оцінки ризику НС на основі досліджень їх кінетики та енергетики дозволяє сформулювати мету роботи.

## 3. Постановка задачі та її розв’язання

Метою даної роботи є розробка системного підходу до оцінки ризику небезпеки функціонування природно-техногенно-соціальної системи України в умовах прояву НС природного та техногенного характеру. Даний підхід базується на основі розрахунку енергетичних характеристик джерел небезпек з метою формування комплексних заходів з удосконалення системи попередження НС в умовах територіально-часового розподілу джерел небезпек.

Процес впливу небезпек різної природи на соціально-фізіологічний та матеріально-технічний стан соціуму представлено на рис. 2. На рисунку показано відсутність чітких меж між попередніми факторами та самими небезпеками. Так, різне поєднання природних, соціальних й технічних факторів можливо призвести до прояву різних типів небезпек, а саме природного, техногенного, соціально-політичного або воєнного характеру.

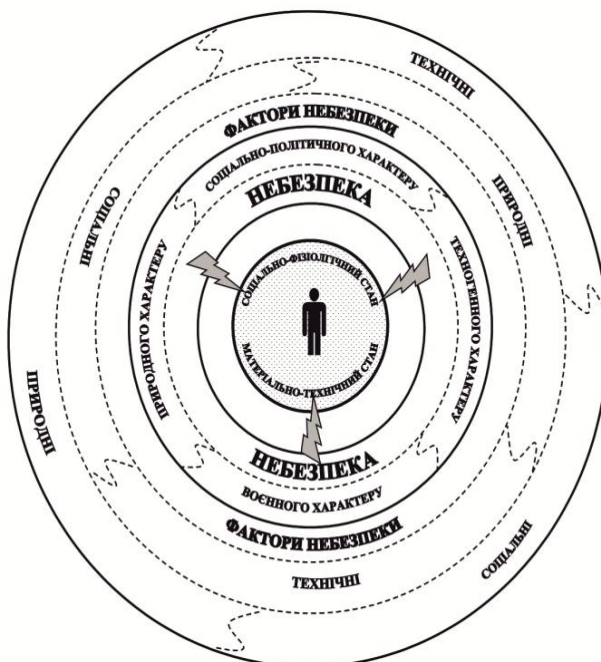


Рис. 2. Концепція небезпеки соціуму в умовах надзвичайних ситуаціях [11]

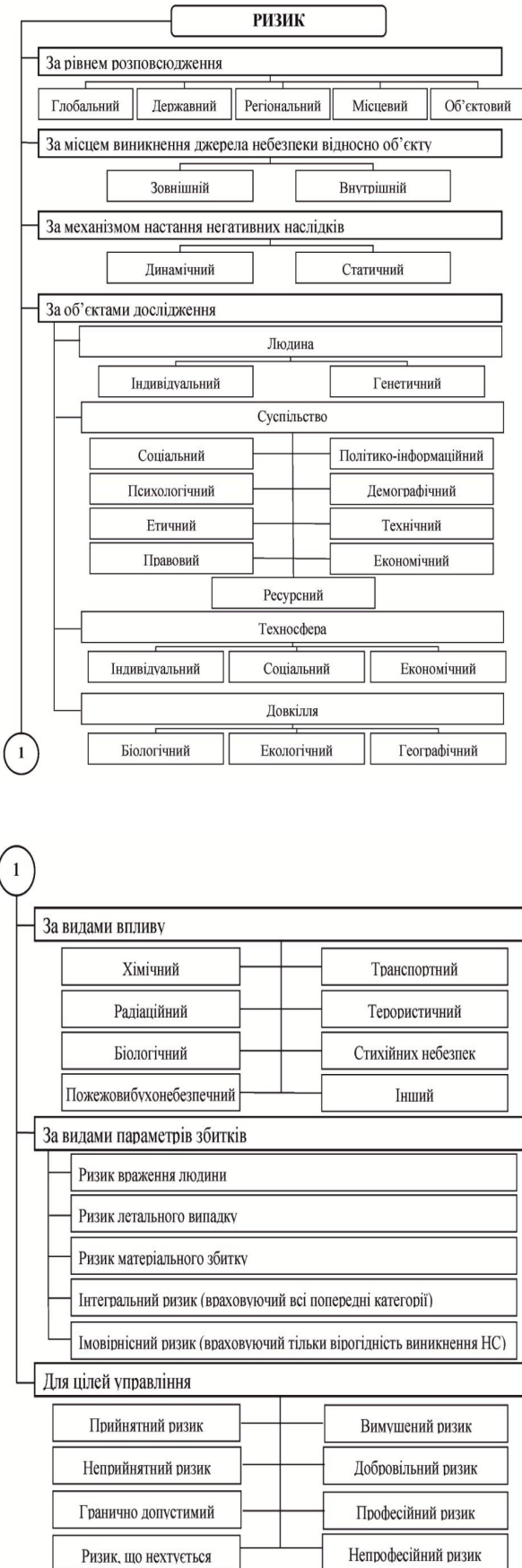


Рис. 3. Класифікація поняття «ризик»

Для оцінки рівня небезпеки, величину ризику (R) небезпеки функціонування ПТС системи можна представити як

$$R = \psi(P^F, U), \quad (2)$$

де  $P^F$  – вірогідність виникнення небезпеки F, U – збиток від небезпеки F.

Аналізуючи роботи [2 – 8, 12 – 22], класифікацію поняття «ризик» можливо представити так, як це показано на рис. 3. В залежності від ступеня впливу (енергії руйнівної дії) та наслідків впливу (ризик враження людей, ризик матеріальних збитків і т.п.) небезпеки на стани нормального ПТС системи класифікацію поняття «збиток» представлено у вигляді рис. 4.

Оцінка величини збитку від НС природного та техногенного характеру представимо наступним чином.

Загальний збиток від НС, в залежності від її площі та часу прояву, має наступний вигляд:

$$U_{\text{Загальний}}^{\text{НС}} = \int_0^{S_{\text{Лквдац.}}^{\text{НС}}} \int_{T_0^{\text{НС}}}^{T_{\text{Лквдац.}}^{\text{НС}}} U_{\text{Повний}}^{\text{НС}}(x, y, t) dt dS, \quad (3)$$

де  $U_{\text{Загальний}}^{\text{НС}}$  – загальний збиток від НС (рис. 5),

$U_{\text{Повний}}^{\text{НС}}(x, y, t)$  – повний збиток, який визначається на конкретний момент часу та є проміжним у порівнянні з загальним збитком,  $S^{\text{НС}}$  – площа НС,  $T_0^{\text{НС}}$  – час виникнення НС,  $T_{\text{Лквдац.}}^{\text{НС}}$  – час ліквідації НС.

Повний збиток складається з прямого та непрямого збитків:

$$U_{\text{Повний}}^{\text{НС}}(x, y, t) = U_{\text{Прямий}}^{\text{НС}}(x, y, t) + U_{\text{Непрямий}}^{\text{НС}}(x, y, t), \quad (4)$$

де  $U_{\text{Прямий}}^{\text{НС}}(x, y, t)$ ,  $U_{\text{Непрямий}}^{\text{НС}}(x, y, t)$  – прямий та непрямий збитки (рис. 5).

Величина збитку залежить від рівня негативного впливу від НС на стан нормальних умов життєдіяльності ПТС системи. Оцінку негативного впливу доцільно провести на базі енергетичного опису протікання цих процесів.

Так, в основу визначення показника величини збитку у епіцентрі НС було покладено функціональну залежність між показником ступеня збитку ПТС системи та її внутрішніми енергетичними властивостями й енергетикою наведених небезпек у вигляді:

$$f(x) = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma x}} \cdot e^{-\frac{(\ln(x)-m)^2}{2\sigma^2}}, \quad (5)$$

де m та  $\sigma^2 > 0$  – параметри функції. Цей підхід схематично представлено на рис. 6.

Мінімум такої функції знаходиться в точці

$$x^* = e^{m+\sigma^2} = \frac{E^{\text{ПТС}}(S^{\text{Ykp}}, T)}{E^{\text{ПТС}}(S^{\text{Ykp}}, \bar{T})} = 1 \quad (6)$$

та відповідає енергетичному балансу протікання біоциклів різних за рівнями систем життєзабезпечення за проміжок часу  $\bar{T}$ . При цьому,  $\bar{E}^{ПТС}(S^{Ykp}, \bar{T})$  – усереднена по території України величина енергії функціонування ПТС системи в умовах рівноваги,  $E^{ПТС}(S^{Ykp}, T)$  – поточне значення внутрішньої енергії системи,  $S^{Ykp}$  – площа України.

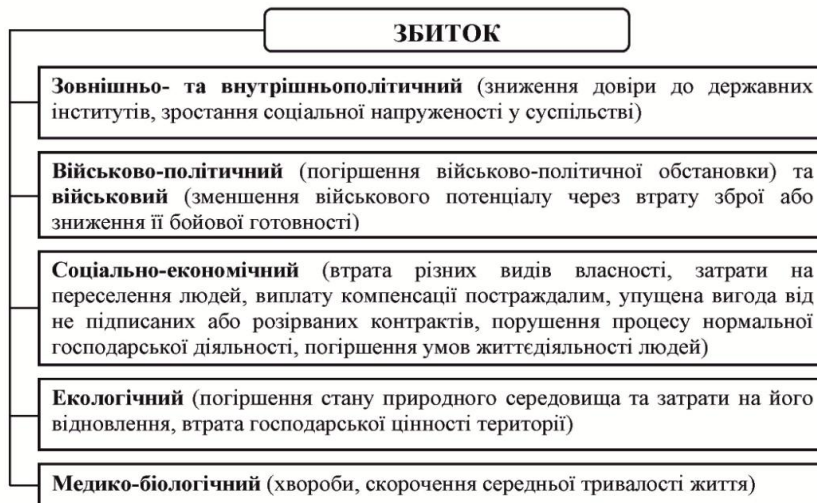


Рис. 4. Класифікація поняття «збиток»

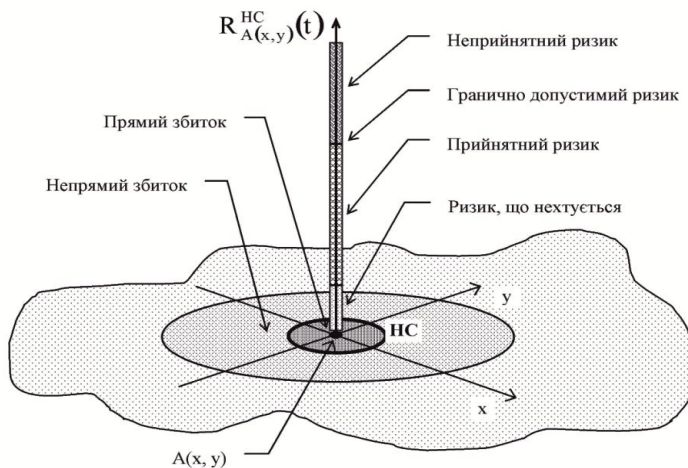


Рис. 5. Територіально-часова градація ризику НС та збитку від неї

Значення функції в точці екстремуму характеризується середнім показником прямих збитків ( $f(x^*) = k_{ПТС}^{ПЗ}$ ), що виникають у процесі нормального функціонування (режим відсутності НС) ПТС системи.

Поява позитивного градієнту прямих збитків ( $\Delta k_{ПТС}^{ПЗ}$ ) пов'язано із змінами внутрішніх властивостей ПТС системи ( $\Delta k_{ПТС-Внур.}^{ПЗ} = \frac{E^{ПТС}(S^{Ykp}, T)}{\bar{E}^{ПТС}(S^{Ykp}, \bar{T})} \neq 1$ ) або з

активацією режиму генерації небезпек

( $\Delta k_{ПТС-НС}^{ПЗ} = \frac{E^{НС}(S^{НС}, T)}{\bar{E}^{ПТС}(S^{НС}, \bar{T})} \neq 0$ ). Цей процес можливо пред-

ставити як:

$$\bar{k}_{ПТС}^{ПЗ} + \Delta k_{ПТС}^{ПЗ} = f(\Delta k_{ПТС-Внур.}^{ПЗ} + \Delta k_{ПТС-НС}^{ПЗ}) = f\left(\frac{E^{ПТС}(S^{Ykp}, T)}{\bar{E}^{ПТС}(S^{Ykp}, \bar{T})} + \frac{E^{НС}(S^{НС}, T)}{\bar{E}^{ПТС}(S^{НС}, \bar{T})}\right), \quad (7)$$

де  $E^{НС}(S^{НС}, T)$  – енергія НС.

Залежність прямих збитків ПТС системи від енергетичних характеристик наведених небезпек, за умов  $E^{ПТС}(S^{Ykp}, T) = \bar{E}^{ПТС}(S^{Ykp}, \bar{T})$ , має

вигляд:

$$k_{ПТС-НС}^{ПЗ} = \bar{k}_{ПТС}^{ПЗ} + \Delta k_{ПТС-НС}^{ПЗ} = f\left(1 + \frac{E^{НС}(S^{НС}, T)}{\bar{E}^{ПТС}(S^{НС}, \bar{T})}\right) = f(1 + k_{НС \rightarrow ПТС}^{Небезп.}) \quad (8)$$

де  $\Delta k_{ПТС-НС}^{ПЗ} = k_{НС \rightarrow ПТС}^{Небезп.}(S^{НС}, T)$  –

показник небезпеки для ПТС системи від НС, що мало величину негативного впливу на момент часу T, який було введено у [10].

Представлені на рис. 6 точки безповоротності ПТС системи А і Б можна охарактеризувати наступними властивостями.

Точка А відповідає умовам критичного рівня внутрішньо енергетичного балансу системи за рахунок зміни природних факторів (зміна природнокліматичних умов; зменшення запасів природних ресурсів), за рахунок зміни техногенних факторів (падіння потужностей промисловості) та за рахунок зміни соціальних факторів (погіршення демографічної ситуації).

Точка Б відповідає умовам знаходження ПТС системи в режимі генерації небезпек критичного рівня, коли сума внутрішньої енергії системи ( $\bar{E}^{ПТС}(S^{Ykp}, \bar{T})$ ) та енергії системи по-

передження НС ( $E_{ПТС}^{СПНС}(S^{Ykp}, T)$ ) знаходиться

на рівні енергії небезпеки ( $E^{НС}(S^{НС}, T)$ ). Ця точка, як

критичний рівень життєдіяльності системи в умовах генерації небезпек, характеризується показником  $k_{НС \rightarrow ПТС+СПНС}^{Руйнування}(S^{Ykp}, T)$ , введеним в роботу [10] у

наступному вигляді:

$$k_{НС \rightarrow ПТС+СПНС}^{Руйнування}(S^{Ykp}, T) = \frac{E^{НС}(S^{НС}, T)}{\bar{E}^{ПТС}(S^{Ykp}, \bar{T}) + E_{ПТС}^{СПНС}(S^{Ykp}, T)} \quad (9)$$



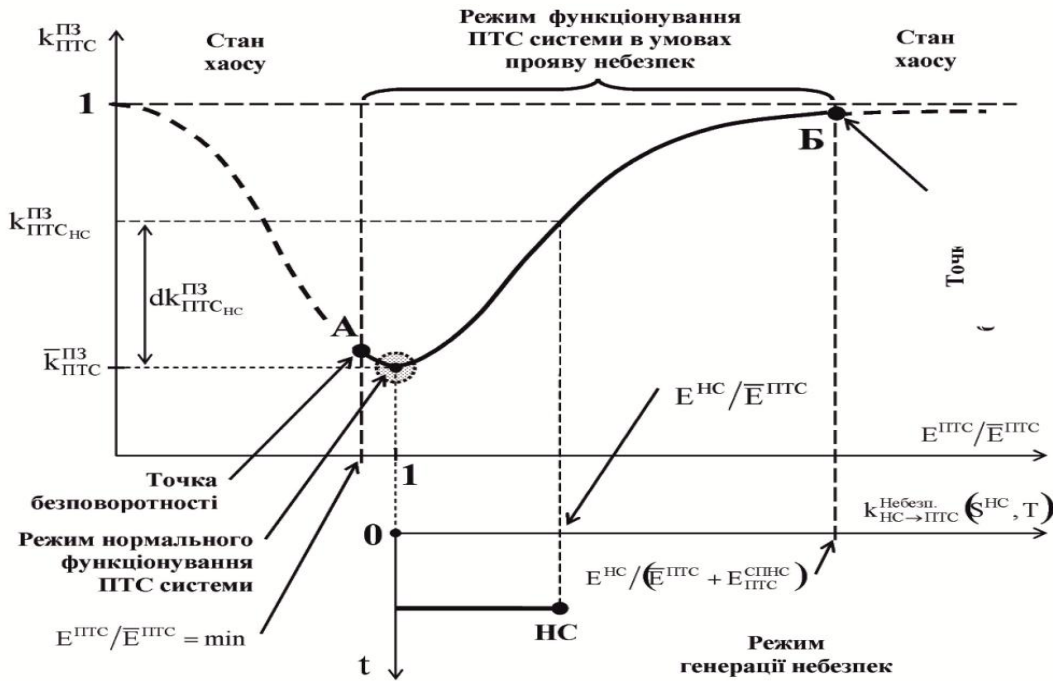


Рис. 6. Графічна залежність показника прямого збитку ( $k_{ПТС_{НС}}^{ПЗ}$ ) від енергетичного стану ПТС системи ( $E_{ПТС}(S^{Укр}, T)$ ,  $\bar{E}_{ПТС}(S^{Укр}, \bar{T})$ ) та величини руйнівної енергії наведеної небезпеки ( $k_{НС \to ПТС}^{Небезп.}(S^{НС}, T)$ ) у зоні прямого враження

Таблиця 1

Динаміка смертності в Україні за період 2000 – 2010 рр. та показник  $\bar{k}^{СМЕРТ.}$

Рік	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
НП, тис. чол.	758,1	745,9	754,9	765,4	761,3	782,0	758,1	762,9	754,5	706,7	698,2
$N^{Укр}$ , тис. чол.	49429,8	48923,2	48457,1	48003,5	47622,4	47280,8	46929,5	46646,0	46372,7	46143,7	45962,9
$k^{СМЕРТ.}$	0,015	0,015	0,016	0,016	0,016	0,017	0,016	0,016	0,016	0,015	0,015
$\bar{k}^{СМЕРТ.}$	0,016										

Функціонування ПТС системи у режимі генерації небезпек невід’ємно пов’язано з появою збитків, одними з яких являються збитки соціально-економічного характеру (рис. 4). Підхід до оцінки цих збитків представлено далі у роботі.

Соціальні умови нормального функціонування ПТС системи у першому припущенні визначається показником середньої статистичної смертності ( $\bar{k}_{ПТС}^{ПЗ} = \bar{k}^{СМЕРТ.}$ ) в Україні.

Показник  $k^{СМЕРТ.} = N^П / N^{Укр}$  визначено за офіційни-

ми даними, які надані Держкомстат України ([www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua)), та представлені у табл. 1, де  $N^П$  – кількість померлих,  $N^{Укр}$  – загальна чисельність населення України.

Режим генерації небезпек призводить до появи соціальних наслідків на території України від НС різної природи. Так, показник соціального враження території, яка безпосередньо потрапила під дію небезпечних факторів НС, визначається показником ступеня прямого нематеріального збитку (ПНМЗ) –  $k_{ПТС_{НС}}^{ПЗ} = k_{ПТС_{НС}}^{ПНМЗ}$

$$k_{ПТС_{НС}}^{ПНМЗ} = \bar{k}^{СМЕРТ.} + \Delta k_{ПТС_{НС}}^{ПЗ} = 1 - \frac{1}{0,95 \cdot (1 + k_{НС \to ПТС}^{Небезп.}(S^{НС}, T))} e^{-\frac{(\ln(1 + k_{НС \to ПТС}^{Небезп.}(S^{НС}, T)) - 0,14)^2}{0,29}} \quad (10)$$

Прямий нематеріальний збиток ПТС системи, за умов рівномірного територіального розподілу населення, має вигляд:

ми даними, які надані Держкомстат України ([www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua)), та представлені у табл. 1, де  $N^П$  – кількість померлих,  $N^{Укр}$  – загальна чисельність населення України.

Режим генерації небезпек призводить до появи соціальних наслідків на території України від НС різної природи. Так, показник

соціального враження території, яка безпосередньо потрапила під дію небезпечних факторів НС, визначається показником ступеня прямого нематеріального збитку (ПНМЗ) –  $k_{ПТС_{НС}}^{ПЗ} = k_{ПТС_{НС}}^{ПНМЗ}$

Результат проведеної числової апроксимації функції, визначеної у якості гіпотези (рис. 6) з урахуванням значення показника  $\bar{k}^{СМЕРТ.}$  в умо-

$$U_{ПТС_{НС}}^{ПМЗ} (E^{НС}, S^{НС}, T) = k_{ПТС_{НС}}^{ПМЗ} \rho^{НАСЕЛ.} S^{НС}, \quad (11)$$

де  $U_{НС \rightarrow ПТС}^{ПМЗ} (E^{НС}, S^{НС}, T)$  – прямий нематеріальний збиток території ПТС системи, що потрапила під враження НС;  $\rho^{НАСЕЛ.} = N^{Укр.} / S^{Укр.}$  – середня густина населення України;  $S^{Укр.}$  – площа території України.

Економічні умови нормального функціонування ПТС системи визначаються показником середньої

статистичної інфляції ( $k_{ПТС_{НС}}^{ПЗ} = k_{ПТС_{НС}}^{ПМЗ}$ ) в Україні. Показник  $k^{ПНФ}$  визначено за офіційними даними та представлено у табл. 2.

Індекс інфляції в Україні за період 2000 – 2010 рр. [23] та показник  $\bar{k}^{Інфляц.}$

Рік	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Індекс інфляції	125,8	106,1	99,4	108,2	112,3	110,3	111,6	116,6	122,3	112,3	109,1
$k^{ПНФ}$	0,258	0,061	-0,006	0,082	0,123	0,103	0,116	0,166	0,223	0,123	0,091
$\bar{k}^{ПНФ}$	0,122										

Режим генерації небезпек призводить до появи матеріальних наслідків на території України від НС різної природи. Так, показник матеріального враження території, яка безпосередньо потрапила під дію небезпечних факторів НС, визначається показником ступеню прямого матеріального враження (ПМЗ) –  $k_{ПТС_{НС}}^{ПЗ} = k_{ПТС_{НС}}^{ПМЗ}$ .

Результатом проведеної числової апроксимації функції, визначеної у якості гіпотези (рис. 6) з урахуванням значення показника  $\bar{k}^{ПНФ}$  в умовах нормального функціонування ПТС системи, є показник

$$k_{ПТС_{НС}}^{ПМЗ} = \bar{k}^{ПНФ} + \Delta k_{ПТС}^{ПЗ} = 1 - \frac{1}{1,05 \cdot (1 + k_{НС \rightarrow ПТС}^{Небезп.} (S^{НС}, T))} e^{\frac{(\ln(1 + k_{НС \rightarrow ПТС}^{Небезп.} (S^{НС}, T)) - 0,17)^2}{0,35}} \quad (12)$$

Прямий матеріальний збиток території ПТС системи, за умов рівномірного територіального розподілу фінансів держави, має вигляд:

$$U_{ПТС_{НС}}^{ПМЗ} (E^{НС}, S^{НС}, T) = k_{ПТС_{НС}}^{ПМЗ} \rho^{ЕКОН.} S^{НС}, \quad (13)$$

де  $U_{НС \rightarrow ПТС}^{ПМЗ} (E^{НС}, S^{НС}, T)$  – прямий матеріальний збиток території ПТС системи, що потрапила під враження НС;  $\rho^{ЕКОН.} = ВВП / S^{Укр.}$  – показник економічної значущості території України; ВВП – показник величини валового внутрішнього продукту держави.

Результати розрахунків  $k_{НС \rightarrow ПТС}^{Небезп.} (S^{НС}, T)$  [10],  $k_{ПТС_{НС}}^{ПМЗ}$  за виразом (10), та  $k_{НС \rightarrow ПТС}^{ПМЗ}$ , за виразом (12), основних

небезпек, які впливають на нормальні умови функціонування території України, представлено у табл. 3.

#### 4. Обговорення

Потужності основних джерел природної небезпеки, які виникають (можуть виникнути) на території України, знаходяться в діапазоні  $10^8 - 10^{17}$  Вт. В залежності від масштабу та тривалості дії (від 1с до п'яти діб –  $5 \cdot 10^5$ с), їх енергія знаходиться на рівні  $10^{10} - 10^{19}$  Дж [24, 25], ступень прямого збитку знаходиться на рівні від фонового ( $\bar{k}^{СМЕРТ.} = 0.016$ ;  $\bar{k}^{ПНФ.} = 0.122$ ) до 0,999, відповідно (табл. 3).

Аналіз наведених у табл. 3 небезпек дозволив умовно розділити їх на небезпеки, у яких основна руйнівна енергія сконцентрована на відносно малій площі тери-

Таблиця 2 торії ПТС системи ( $S_{П}^{НС} = 10^{-6} \div 10$  км<sup>2</sup> площа

прямого враження) та небезпеки, у яких основна руйнівна енергія розподілена по площі  $S_{П}^{НС} = 10^2 \div 10^6$  км<sup>2</sup>, що характеризується відповідними значеннями густини потоків енергії джерела

( $P_E^{НС} = E^{НС} (S^{НС}, T) / S^{НС}$ ) і потужності ( $P_P^{НС} = P^{НС} / S^{НС}$ , де

$P^{НС}$  – потужність джерела) НС.

Так, небезпеку для ПТС системи на площі  $10^{-4} - 10$  км<sup>2</sup> насамперед складають наслідки НС, які пов'язані з процесами, що протікають у космосфері. Ці небезпеки, у вигляді вибухів від падіння природних тіл розміром від 10 до 100 м та штучних космічних тіл, за короткий термін дії ( $T = 10^{-2} - 10^2$ с) мають руйнівну енергію в межах  $10^{10} - 10^{17}$  Дж на відносно малій площі прямого враження території ( $P_P^{НС} = 10^{10} - 10^{19}$  Вт/км<sup>2</sup>,  $P_E^{НС} = 10^{12} - 10^{17}$  Дж/км<sup>2</sup>), що зможе призвести до катастрофічних показників соціально-економічних наслідків, а саме:

$$k_{НС \rightarrow ПТС}^{Небезп.} (S^{НС}, T) = 12 - 1,2 \cdot 10^{10}, \quad k_{ПТС_{НС}}^{ПМЗ} \approx 0,999, \\ k_{ПТС_{НС}}^{ПМЗ} \approx 0,999.$$

Зворотною характеристикою явища падіння природних космічних тіл є відносно невелика ймовірність прояву (примітка \*\*\*\* до табл. 3).

Електричний пробій атмосфери на висоті до 10 км у вигляді блискавки може призвести до враження електричним струмом території площею  $S_{П}^{НС} = 10^{-6} - 10^{-4}$  км<sup>2</sup> за термін дії  $T = 1$ с. Енергія прямого враження цієї небезпеки знаходиться на рівні  $10^9 - 10^{10}$  Дж. Так, з урахуванням територіально-енергетичних показників ( $P_P^{НС} = 10^{13} - 10^{16}$  Вт/км<sup>2</sup>,  $P_E^{НС} = 10^{13} - 10^{16}$  Дж/км<sup>2</sup>), небезпека від блискавки складає:

$$k_{НС \rightarrow ПТС}^{Небезп.} (S^{НС}, T) = 1,2 \cdot 10^4 - 1,2 \cdot 10^7, \quad k_{ПТС_{НС}}^{ПМЗ} \approx 0,999$$

$$k_{ПТС_{НС}}^{ПМЗ} \approx 0,999$$

Таблиця 3

Величина енергії прояву у зоні прямого враження основних НС природного характеру та розраховані показники  $k_{НС \rightarrow ПТС}^{Небез.} (S^{НС}, T)$ ,  $k_{ПТС_{НС}}^{ПМЗ}$  і  $k_{ПТС_{НС}}^{ПМЗ}$  основних небезпек ландшафтного типу, які впливають на нормальні умови функціонування території України

Потужність, Вт		Небезпечні фактори	
Тривалість, с		Енергія, Дж	
Площа, км <sup>2</sup>		Густина потоку потужності *, Вт/км <sup>2</sup>	
Густина потоку енергії *, Дж/км <sup>2</sup>		$k_{НС \rightarrow ПТС}^{Небез.} (S^{НС}, T)$	
$k_{ПТС_{НС}}^{ПМЗ}$		$k_{ПТС_{НС}}^{ПМЗ}$	
$\bar{U}_{НС \rightarrow ПТС}^{ПМЗ}$ , чол.		$\bar{U}_{НС \rightarrow ПТС}^{ПМЗ}$ грн.	
Небезпечні наслідки			
Падіння природних космічних тіл (розмір 10 – 100 м ****)			
10 <sup>13</sup> – 10 <sup>17</sup>		Враження під час падіння в атмосфері	
Вибух при ударі по землі	10 <sup>2</sup> – 10 <sup>-1</sup>	1 – 10	
	10 <sup>12</sup> – 10 <sup>15</sup>	10 <sup>14</sup> – 10 <sup>17</sup>	
	10 <sup>2</sup> – 1	10 – 10 <sup>2</sup>	
	10 <sup>13</sup> – 10 <sup>19</sup>	10 <sup>11</sup> – 10 <sup>16</sup>	
	10 <sup>12</sup> – 10 <sup>17</sup>	10 <sup>12</sup> – 10 <sup>16</sup>	
	1.2 · 10 <sup>4</sup> – 1.2 · 10 <sup>10</sup>	1.2 · 10 <sup>3</sup> – 1.2 · 10 <sup>7</sup>	
	0.999	0.999	
	0.999	0.999	
	75 · 10 <sup>-2</sup> – 75	75 · 10 <sup>1</sup> – 75 · 10 <sup>2</sup>	
	1.8 · 10 <sup>4</sup> – 1.8 · 10 <sup>6</sup>	1.8 · 10 <sup>7</sup> – 1.8 · 10 <sup>9</sup>	
	1. Враження ударною хвилею 2. Руїнування об'єктів життєдіяльності 3. Пожежа		
Блискавка (поодинокі)			
10 <sup>9</sup> – 10 <sup>10</sup>		Враження електричним струмом	
	1		
	10 <sup>9</sup> – 10 <sup>10</sup>		
	10 <sup>6</sup> – 10 <sup>-4</sup>		
	10 <sup>13</sup> – 10 <sup>16</sup>		
	10 <sup>13</sup> – 10 <sup>16</sup>		
	1.2 · 10 <sup>4</sup> – 1.2 · 10 <sup>7</sup>		
	0.999		
	0.999		
	75 · 10 <sup>-6</sup> – 75 · 10 <sup>-4</sup>		
	1.8 – 1.8 · 10 <sup>2</sup>		
	Пожежа		
Землетрус			
10 <sup>15</sup> – 10 <sup>16</sup>		Сейсмічні коливання	
	1 – 10		
	10 <sup>16</sup>		
	10 <sup>2</sup> – 10 <sup>3</sup>		
	10 <sup>12</sup> – 10 <sup>14</sup>		
	10 <sup>13</sup> – 10 <sup>14</sup>		
	1.2 · 10 <sup>3</sup> – 1.2 · 10 <sup>5</sup>		
	0.999		
	0.999		
	75 · 10 <sup>2</sup> – 75 · 10 <sup>3</sup>		
	1.8 · 10 <sup>8</sup> – 1.8 · 10 <sup>9</sup>		
	1. Враження ударною хвилею 2. Руїнування об'єктів життєдіяльності 3. Пожежа		

10 <sup>9</sup> – 10 <sup>10</sup>		Падіння штучних космічних тіл *****	
Вибух при ударі об землю	Враження осколками під час падіння в атмосфері	Наслідки залежать від розмірів і кількості осколків	
10 <sup>2</sup> – 10 <sup>-1</sup>	10 <sup>2</sup>	0.999	1. Враження ударною хвилею 2. Руйнування об'єктів життєдіяльності 3. Пожежа
10 <sup>10</sup> – 10 <sup>12</sup>	10 <sup>11</sup> – 10 <sup>12</sup>	0.999	
10 <sup>-5</sup> – 10 <sup>-4</sup>	1 – 10 <sup>2</sup> *****	75 · 10 <sup>-5</sup> – 75 · 10 <sup>-4</sup>	1. Руйнування об'єктів життєдіяльності 2. Пожежа
10 <sup>14</sup>	10 <sup>10</sup> – 10 <sup>11</sup>	1.8 – 1.8 · 10 <sup>2</sup>	
10 <sup>15</sup> – 10 <sup>16</sup>	10 <sup>12</sup> – 10 <sup>13</sup>		1. Сейсмічні коливання 2. Враження токсичними речовинами та пилом
1.2 · 10 <sup>5</sup>	1.2 · 10 <sup>1</sup> – 1.2 · 10 <sup>2</sup>		
0.999			1. Руйнування об'єктів життєдіяльності 2. Пожежа
0.999			
75 · 10 <sup>-5</sup> – 75 · 10 <sup>-4</sup>			1. Руйнування об'єктів життєдіяльності 2. Пожежа
1.8 – 1.8 · 10 <sup>2</sup>			
10 <sup>11</sup> – 10 <sup>12</sup>		Цунами Чорного і Азовського морів	
Морська хвиля			1. Руйнування об'єктів життєдіяльності 2. Пожежа
10 – 10 <sup>2</sup>			1. Руйнування об'єктів життєдіяльності 2. Пожежа
10 <sup>13</sup>			
10 <sup>-1</sup> – 10 <sup>*****</sup>			1. Сейсмічні коливання 2. Враження токсичними речовинами та пилом
10 <sup>11</sup> – 10 <sup>13</sup>			
10 <sup>13</sup> – 10 <sup>14</sup>			1. Руйнування об'єктів життєдіяльності 2. Пожежа
1.2 · 10 <sup>2</sup> – 1.2 · 10 <sup>4</sup>			
0.999			1. Сейсмічні коливання 2. Враження токсичними речовинами та пилом
0.999			
75 · 10 <sup>-1</sup> – 75 · 10 <sup>-1</sup>			1. Руйнування об'єктів життєдіяльності 2. Пожежа
1.8 · 10 <sup>5</sup> – 1.8 · 10 <sup>8</sup>			
10 <sup>11</sup> – 10 <sup>15</sup>		Вулкан *****	
Викид рідкої лави			1. Сейсмічні коливання 2. Враження токсичними речовинами та пилом
10 <sup>2</sup> – 10 <sup>5</sup>			1. Сейсмічні коливання 2. Враження токсичними речовинами та пилом
10 <sup>16</sup> – 10 <sup>17</sup>			
10 <sup>2</sup> – 10 <sup>3</sup>			1. Сейсмічні коливання 2. Враження токсичними речовинами та пилом
10 <sup>8</sup> – 10 <sup>13</sup>			
10 <sup>13</sup> – 10 <sup>15</sup>			1. Сейсмічні коливання 2. Враження токсичними речовинами та пилом
1.2 · 10 <sup>-4</sup> – 1.2 · 10 <sup>4</sup>			
			1. Сейсмічні коливання 2. Враження токсичними речовинами та пилом
			1. Сейсмічні коливання 2. Враження токсичними речовинами та пилом
10 <sup>9</sup> – 10 <sup>12</sup>		Смерч	
Сильний атмосферний вихор			1. Руйнування об'єктів життєдіяльності 2. Пожежа 3. Поприщення самопочуття
10 <sup>3</sup> – 10 <sup>4</sup>			1. Руйнування об'єктів життєдіяльності 2. Пожежа 3. Поприщення самопочуття
10 <sup>12</sup> – 10 <sup>16</sup>			
1 – 10			1. Руйнування об'єктів життєдіяльності 2. Пожежа 3. Поприщення самопочуття
10 <sup>8</sup> – 10 <sup>12</sup>			
10 <sup>11</sup> – 10 <sup>16</sup>			1. Руйнування об'єктів життєдіяльності 2. Пожежа 3. Поприщення самопочуття
1.2 · 10 <sup>-1</sup> – 1.2 · 10 <sup>3</sup>			
0.062 – 0.999			1. Руйнування об'єктів життєдіяльності 2. Пожежа 3. Поприщення самопочуття
0.157 – 0.999			
5 – 75 · 10 <sup>1</sup>			1. Руйнування об'єктів життєдіяльності 2. Пожежа 3. Поприщення самопочуття
2.8 · 10 <sup>5</sup> – 1.8 · 10 <sup>7</sup>			



Циклон		Ураган		Сильний вітер		Лісова пожежа	
$2 \cdot 10^8 - 2 \cdot 10^9$	$10^8 - 10^9$	$10^{12}$	$10^{10}$	$10^{12}$	$10^{10}$	1. Враження тепловим потоком 2. Враження токсичними речовинами 3. Враження тепловим випромінюванням	$10^{10}$
Атмосферне збурення із зниженим тиском повітря	Вітер руйнівної сили і значної тривалості	Шкідливий рух повітря					
$5 \cdot 10^5$	$10^5$	$10^5$	$10^5$	$10^5$	$10^5$		$10^5$
$10^{14} - 10^{15}$	$10^{13} - 10^{14}$						$10^{15}$
$10^6$	$10^4 - 10^5$						$10^2$
$2 \cdot 10^2 - 2 \cdot 10^3$	$10^3 - 10^5$						$10^8$
$10^8 - 10^9$	$10^8 - 10^{10}$						$10^{13}$
$2.4 \cdot 10^7 - 2.4 \cdot 10^6$	$1.2 \cdot 10^6 - 1.2 \cdot 10^4$						$1.2 \cdot 10^{-1}$
0.016	0.016						0.062
0.123	0.123						0.157
$1.2 \cdot 10^6$	$1.2 \cdot 10^4 - 1.2 \cdot 10^5$						$46.5 \cdot 10^1$
$2.2 \cdot 10^{11}$	$2.2 \cdot 10^9 - 2.2 \cdot 10^{10}$						$2.8 \cdot 10^7$
1. Погіршення самопочуття 2. Руйнування об'єктів життєдіяльності 3. Пожежа	1. Руйнування об'єктів життєдіяльності 2. Пожежа 3. Погіршення самопочуття	Руйнування об'єктів життєдіяльності	Руйнування об'єктів життєдіяльності	Руйнування об'єктів життєдіяльності	Руйнування об'єктів життєдіяльності		Руйнування об'єктів життєдіяльності

**Примітки до табл. 3:**

\*  $\rho_{\text{НС}}^{\text{НС}} = \frac{E^{\text{НС}}}{S^{\text{НС}}}$  і  $\rho_{\text{НС}}^{\text{НС}} = \frac{P^{\text{НС}}}{S^{\text{НС}}}$  – густина потоків енергії

[Дж/км<sup>2</sup>] і потужності [Вт/км<sup>2</sup>] НС. Для ПТС системи (території України)  $P_{\text{НС}}^{\text{ПТС}}=8.3 \cdot 10^{13}$  Дж/км<sup>2</sup>,  $P_{\text{НС}}^{\text{ПТС}}=8.3 \cdot 10^8$  Вт/км<sup>2</sup> [10].

\*\*  $\bar{U}_{\text{НС} \rightarrow \text{ПТС}}^{\text{ПМЗ}}$  – середнє значення прямого нематеріального збитку території ПТС системи України, що потрапила під враження НС, згідно виразу (11);  $\rho^{\text{Насел.}}=N^{\text{Укр}}/S^{\text{Укр}} \approx 75 \text{чол./км}^2$  – середня густина населення України;  $S^{\text{Укр}} \approx 6 \cdot 10^5 \text{км}^2$  – площа території України.

\*\*\*  $\bar{U}_{\text{НС} \rightarrow \text{ПТС}}^{\text{ПМЗ}}$  – середнє значення прямого матеріального збитку території ПТС системи України, що потрапила під враження НС, згідно виразу (13);  $\rho^{\text{Екон.}}=\text{ВВП}/S^{\text{Укр}} \approx 1.8 \cdot 10^6$  грн/км<sup>2</sup> – показник економічної значущості території України;  $\text{ВВП} \approx 1095 \cdot 10^9$  грн. – показник величини валового внутрішнього продукту держави за 2010 рік (www.rbc.ua).

\*\*\*\* Тіла падають на Землю один раз за 10 – 1000 років відповідно.

\*\*\*\*\* Ситуація виникає під час некерованого падіння космічних апаратів.

\*\*\*\*\* Вдвоє траєкторії падіння:  $l_1 \approx 10-100$  км;  $l_2 \approx 0.1-1$  км.

\*\*\*\*\* Вдвоє прибережної смуги:  $l_1 \approx 10-100$  км;  $l_2 \approx 0.01-0.1$  км.

\*\*\*\*\* В Україні немає діючих вулканів. Небезпеку складають вулкани, що знаходяться за межами нашої держави.

Серед небезпек, у яких основна руйнівна енергія розподілена по відносно значній площі ( $S_{\text{НС}}^{\text{НС}}=10^2 \div 10^6$  км<sup>2</sup>), небезпеку складають явища, що виникають в літосфері та гідросфері, а також пожежі природного характеру. Ці небезпеки також мають приголомшуючу дію на людей, сільськогосподарських тварин та рослини, об'єкти економіки та навколишнього природного середовища. Енергетичні показники цих явищ вказують на те, що вони мають руйнівну енергію в межах  $10^{15}-10^{17}$  Дж.

Землетруси, з відповідними територіальними характеристиками епіцентрів ( $S_{\text{НС}}^{\text{НС}}=10^2 \cdot 10^3$  км<sup>2</sup>) та енергетичними показниками небезпеки ( $P_{\text{НС}}^{\text{НС}}=10^{15}-10^{16}$  Вт/км<sup>2</sup>,  $P_{\text{НС}}^{\text{НС}}=10^{16}$  Дж/км<sup>2</sup>), мають коефіцієнт небезпечного впливу  $k_{\text{НС} \rightarrow \text{ПТС}}^{\text{Небез.}}(S^{\text{НС}}, T) = 1.2 \cdot 10^3 - 1.2 \cdot 10^5$ , що вказує

на відносно велику потужність даного явища та, на відміну від небезпеки при падінні природних космічних тіл, землетруси характеризуються значною ймовірністю прояву та можливістю нанесення значного дестабілізуючого впливу на режим нормального функціонування ПТС системи.

Показник небезпеки, що виникає на Чорному і Азовському морях у вигляді цунамі, у відповідності природних умов прояву у прибережній зоні ( $S_{\text{НС}}^{\text{НС}}=10^1-10 \text{км}^2$ ) відповідає рівню небезпеки:

$$k_{\text{НС} \rightarrow \text{ПТС}}^{\text{Небез.}}(S^{\text{НС}}, T) = 1.2 \cdot 10^2 - 1.2 \cdot 10^4 .$$

Вулкани мають потужність  $10^{11}-10^{15}$  Вт за інтервал часу  $10^2-10^5$ с, однак діючих же в Україні вулканів не-

має, а небезпеку складають вулкани, які розташовані за межами держави.

Пожежі, які поширюються на лісовому масиві, середня площа яких складає  $100 \text{км}^2$ , у продовж доби мають енергію теплового враження порядку  $10^{15}$  Дж. Відповідно, показник небезпеки від лісової пожежі на площі прямого враження становить  $k_{\text{НС} \rightarrow \text{ПТС}}^{\text{Небез.}}(S^{\text{НС}}, T) = 1.2 \cdot 10^{-1}$ , що характеризується відпо-

відним доступним рівнем прямого соціально-економічного збитку – табл. 3.

Небезпечні природні явища, які пов'язані з глобальним рухом повітря упродовж земної поверхні, протягом доби накопичують енергію до  $10^{17}$  Дж.

До великомасштабних вихрів і течій, які локально проявляються як вітер різної сили, відносяться циклони, урагани, шквали та смерчі.

Циклони, як атмосферне збурення зі зниженим тиском повітря й відносно великою швидкістю руху (до  $10 - 15$  м/с) повітря, протягом п'яти діб на площі території  $10^6$  км<sup>2</sup> накопичують енергію  $10^{14}-10^{15}$  Дж. Показники небезпеки цього явища, з урахуванням територіально-енергетичних характеристик ( $P_{\text{НС}}^{\text{НС}}=2 \cdot 10^2-2 \cdot 10^3$  Вт/км<sup>2</sup>,  $P_{\text{НС}}^{\text{НС}}=10^8-10^6$  Дж/км<sup>2</sup>), дорівнюють  $k_{\text{НС} \rightarrow \text{ПТС}}^{\text{Небез.}}(S^{\text{НС}}, T) = 2.4 \cdot 10^{-7} - 2.4 \cdot 10^{-6}$ ,  $k_{\text{ПТС}_{\text{НС}}}^{\text{ПМЗ}} = 0.016$

$k_{\text{ПТС}_{\text{НС}}}^{\text{ПМЗ}} = 0.123$ , що відповідає фоновому рівню.

Ураган, як вітер руйнівної сили і значної тривалості, діє протягом доби на території площею  $10^4-10^5$  км<sup>2</sup>, що складає небезпеку порядку  $k_{\text{НС} \rightarrow \text{ПТС}}^{\text{Небез.}}(S^{\text{НС}}, T) = 1.2 \cdot 10^{-6} - 1.2 \cdot 10^{-4}$ .

Небезпека від найбільш сильних атмосферних вихрів (смерчів) складає  $k_{\text{НС} \rightarrow \text{ПТС}}^{\text{Небез.}}(S^{\text{НС}}, T) = 1.2 \cdot 10^{-1} - 1.2 \cdot 10^3$

що вказує на відповідність соціально-економічного враження території рівню:  $k_{\text{ПТС}_{\text{НС}}}^{\text{ПМЗ}} = 0,062 - 0,999$ ;  $k_{\text{ПТС}_{\text{НС}}}^{\text{ПМЗ}} = 0,157 - 0,999$ .

Сильний вітер, який виникає у результаті нерівномірного нагріву земної поверхні та діючий на площі перетину шару атмосфери порядку  $10^6$  км<sup>2</sup>, характеризується відповідним показником небезпеки для території України:  $k_{\text{НС} \rightarrow \text{ПТС}}^{\text{Небез.}}(S^{\text{НС}}, T) = 1.2 \cdot 10^{-3}$ .

Приведені небезпеки, в залежності від властивостей зони непрямого враження, характеризуються відповідними показниками. Розміри зон непрямого враження для даних небезпек наведені у табл. 3.

Узагальнений аналіз енергетичних параметрів впливу основних небезпек ландшафтного типу на стан життєдіяльності дозволило побудувати енергетичну діаграму стану небезпеки ПТС системи в умовах НС у вигляді, представленому на рис. 7.

На представлений на рис.7 діаграмі рівень небезпеки умовно розділено на три підрівні, а саме: рівень небезпеки, що нехтується; прийнятний та неприйнятний рівні. Гранично допустимий рівень відповідає небезпекам, густина потоку потужності від яких знаходиться на рівні середньої на добу густини потоку потужності оптичного випромінювання Сонця ( $P_{\text{НС}}^{\text{ПТС}} \approx 3 \cdot 10^8$  Вт/км<sup>2</sup> [17]). Відповідну градацію мають показники соціально-економічного збитку (на рис. 7 дані праворуч).

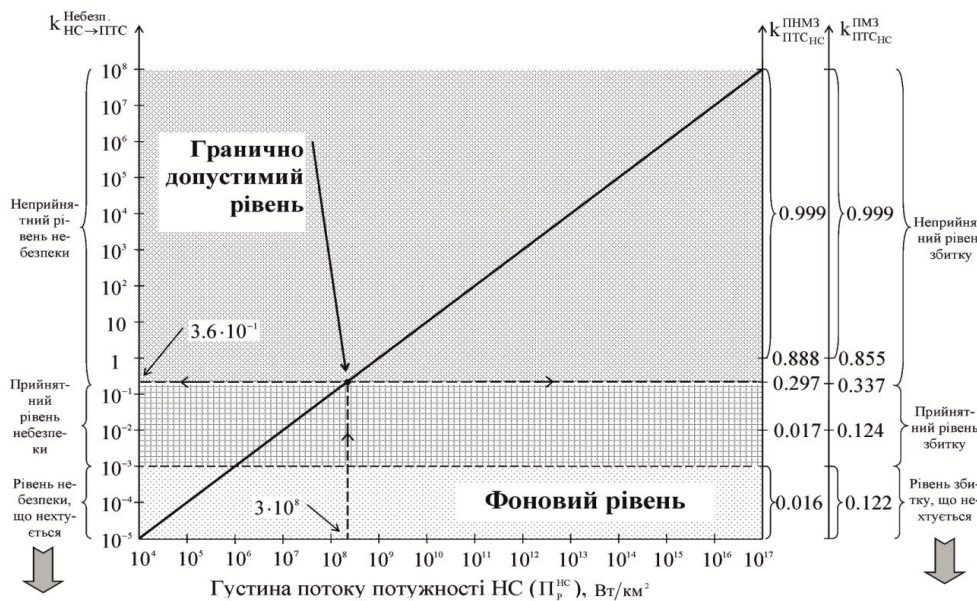


Рис. 7. Енергетична діаграма стану небезпеки ПТС системи в умовах НС

джерел НС, характерних для України.

3. На основі результатів узагальнюючого аналізу основних НС ландшафтного типу, побудовано геометричну залежність між енергетично-територіальними характеристиками цих небезпек, ступенем їх негативного впливу на умови нормального функціонування ПТС системи та показниками прямого соціально-економічного збитку.

4. На основі аналізу отриманих результатів обґрунтовано, що територія України, як об'єкт

### 5. Висновки

1. На основі розрахунку енергетичних характеристик джерел небезпек, розроблено системний підхід до оцінки ризику небезпеки функціонування природно-техногенно-соціальної системи України в умовах прояву надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру.
2. Встановлено аналітичну залежність між енергетичними характеристиками джерел небезпек і показниками прямого соціально-економічного враження території природно-техногенно-соціальної системи, що дозволило оцінити ступень імовірнісного збитку території, яка може потрапити під пряму дію основних

життєдіяльності, є складною системою з територіально-часовим розподілом параметрів та з необхідністю забезпечення безпеки її функціонування в умовах дії небезпечних факторів НС;

5. Встановлено, що створення єдиної територіальної системи попередження НС є складним багаторівневим процесом, що потребує використання останніх наукових досліджень, як в області соціально-психологічного, так і в області інженерно-технічного забезпечення безпеки життєдіяльності суспільства та повинне враховувати територіальні, екологічні, демографічні, географічні, інфраструктурні, виробничі особливості виникнення небезпек.

### Література

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.mns.gov.ua>
2. Хенли Э.Дж. Надежность технических систем и оценка риска / Э.Дж. Хенли, Х. Кумамото – М.: Машиностроение, 1984. – 528 с.
3. Научное обеспечение управлением риска аварий и катастроф / В.М. Питутько // Инженерная экология. – 1996. – № 3. – С. 36 – 44.
4. 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.
5. Использование вероятностных оценок при анализе безопасности опасных производственных объектов / А.И. Гражданкин, М.В. Лисанов, А.С. Печеркин // Безопасность труда в промышленности. – 2002. – № 2. – С. 12 – 20.
6. Комплексная оценка уровня риска опасного объекта / В.Д. Кондратьев, А.В. Толстых, Б.К. Уандыков, А.В. Щепкин // Системы управления и информац. технологий. – 2004. – № 3(15). – С. 53 – 57.
7. Оцінка індивідуальної небезпеки населення регіонів України в умовах надзвичайних ситуацій / В.В. Тютюнник, Р.І. Шевченко, О.В. Тютюнник // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Х.: УЦЗУ, 2009. – Вип. 9. – С. 146 – 157.
8. Фундаментальные проблемы мониторинга и прогнозирования природных и техногенных катастроф / М.В. Родкин, В.И. Мухин // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – Химки: ФГБОУ ВПО «АГЗ МЧС России», 2010. – № 1. – С. 9 – 14.

9. Физика и экология катастроф / Л.Ф. Черногор – Х.: ХНУ имени В.Н. Каразина, 2012. – 556 с.
10. Системний підхід до оцінки небезпеки життєдіяльності при територіально-часовому розподілі енергії джерел надзвичайних ситуацій / В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, В.Д. Калугін // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ, 2011. – Вип. 14. – С. 171 – 194.
11. Основні принципи інтегральної системи безпеки при надзвичайних ситуаціях / В.В. Тютюник, Р.І. Шевченко // 36. наук. праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: ХУПС ім. І. Кожедуба, 2008. – Вип. 3(18). – С. 179 – 180.
12. Стратегия безопасности в чрезвычайных ситуациях / О. Зотова, В. Ленева, Н. Синякова // Вопросы экономики. – 1992. – № 1. – С. 68 – 73.
13. Риск, надежность и безопасность. Система понятий и обозначений / В.А. Бондарь, Ю.П. Попов // Безопасность труда в промышленности. – 1997. – № 10. – С. 39 – 42.
14. Методология и основные практические результаты работ по комплексной оценке риска от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера для населения и территории регионов / В.А. Акимов, О.В. Бодриков, С.В. Ульянов и др. // Вопросы анализа риска. – 2000. – № 3 – 4. – С. 18 – 57.
15. Расчет риска технологических катастроф, инициированных природными явлениями / В.А. Акимов, П.В. Гудыно, Б.В. Потапов, Н.Н. Радаев // Проблемы безопасности при ЧС. – 2000. – № 1. – С. 38 – 48.
16. Прогнозирование чрезвычайных ситуаций и антикризисное управление / Я.Д. Вишняков, К.А. Кирсанов, С.Г. Васин, Ю.А. Буковская // Проблемы безопасности при ЧС. – 2004. – № 2. – С. 38 – 47.
17. Природно-техногенно-социальные системы и риски / Н.А. Махутов, В.П. Петров, Р.С. Ахметханов // Проблемы безопасности при ЧС. – 2004. – № 3. – С. 3 – 30.
18. Стратегические риски в техногенной сфере / Н.А. Махутов, М.М. Гаденин // Проблемы безопасности при ЧС. – 2004. – № 4. – С. 10 – 20.
19. Безпека, загрози і ризик: наукові концепції та математичні методи / А.Б. Качинський – К.: Поліграфконсалтинг, 2004. – 472 с.
20. Комплексные показатели безопасности территорий / А.М. Лепихин // Проблемы безопасности и ЧС. – 2008. – № 5. – С. 93 – 98.
21. К проблеме классификации катастроф: параметризация воздействий и ущерба / И.В. Кузнецов, В.Ф. Писаренко, М.В. Родкин // Геология. – 1995. – № 1. – С. 16 – 29.
22. Оценка риска аварий на КВО с учетом возможности реализации экстремальных ущербов / Н.А. Махутов, Д.О. Резников, В.П. Петров // Проблемы безопасности и ЧС. – 2008. – № 5. – С. 57 – 72.
23. Индексы инфляции за 2000 – 2011 года [Электронный ресурс] – Режим доступа:
24. [http://www.prostobankir.com.ua/spravochniki/indikatory\\_rynka/indeks\\_inflyatsii/indeksy\\_inflyatsii\\_za\\_2000\\_2011\\_goda](http://www.prostobankir.com.ua/spravochniki/indikatory_rynka/indeks_inflyatsii/indeksy_inflyatsii_za_2000_2011_goda)
25. Каналы воздействия вариаций космических и атмосферных факторов на биосферу и человека / Л.Ф. Черногор // Фізіологічний журнал. – 2010. – Т. 56, № 3. – С.25 – 40.
26. Физические процессы в нелинейной системе Космос – Земля: каналы воздействия на биосферу (человека) / А.А. Потапов, Л.Ф. Черногор // Нелинейный мир. – 2010. – Т. 8, № 6. – С. 347 – 360.