

*Тютюнник В.В., канд. техн. наук, докторант, НУЦЗУ,
Бондарев М.В., канд. хім. наук, доц., ХНУ,
Шевченко Р.І., канд. техн. наук, нач. лаб., НУЦЗУ,
Чорногор Л.Ф., д-р фіз.-мат. наук, проф., ХНУ,
Калугін В.Д., д-р хім. наук, проф., НУЦЗУ*

**ОЦІНКА РІВНЯ ТЕХНОГЕННОЇ НЕБЕЗПЕКИ ТЕРИТОРІЇ
УКРАЇНИ ЗА ДАНИМИ АНАЛІЗУ ПОКАЗНИКІВ
ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ РЕГІОНІВ МЕТОДАМИ ФАКТОРНОГО
АНАЛІЗУ І АНАЛІЗУ ГОЛОВНИХ КОМПОНЕНТ**
(представлено д-ром техн. наук Соловійом В.В.)

Представлені результати оцінки: а) методом факторного аналізу – кореляції між основними показниками життєдіяльності України; б) методом головних компонент – показника використання енергії техногенного походження, як групуючої змінної основних показників життєдіяльності України у режимі повсякденного функціонування та в умовах прояву надзвичайних ситуацій (НС) техногенного походження.

Ключові слова: надзвичайна ситуація, техногенна небезпека, енергетичний підхід, багатомірні статистичні методи, факторний аналіз, аналіз головних компонент, комплексна система попередження надзвичайних ситуацій

Постановка проблеми. Умови нормального функціонування території України, як природно-техногенно-соціальної системи (ПТС системи), являють собою багатоконпонентний вектор параметрів життєдіяльності в режимі встановленого природно-техногенного енергетичного балансу ($E^{ПТС} = E^П + E^T$, де $E^П$ – енергія природного походження, E^T – енергія техногенного походження). Протилежною складовою для енергії цього процесу є вплив руйнівних енергій небезпек на характеристики багатоконпонентного вектору параметрів життєдіяльності ПТС системи в умовах прояву надзвичайних ситуацій техногенного походження [1, 2].

Техногенно-енергетичні умови повсякденного функціонування території України та прояву на ній техногенної небезпеки проілюстровано на рис. 1, де енергія техногенного походження (E^T) являє собою складову енергій різних видів па-

лив (E_{II}) і електричної енергії (E_E), які споживаються регіонами держави, $E^T = E_{II} + E_E$.

В зв'язку з цим виникає необхідність розробки ефективних заходів щодо забезпечення раннього моніторингу, запобігання та ліквідації НС різної природи [3, 4].

Реалізація цього підходу неможлива без проведення наукових досліджень, спрямованих на вивчення процесів зародження попередніх чинників небезпек, їх розвитку до рівня катастроф, поширення цих катастроф і їх взаємного впливу (взаємній генерації) в умовах існування природно-техногенних, техногенно-техногенних і техногенно-природних взаємозв'язків.

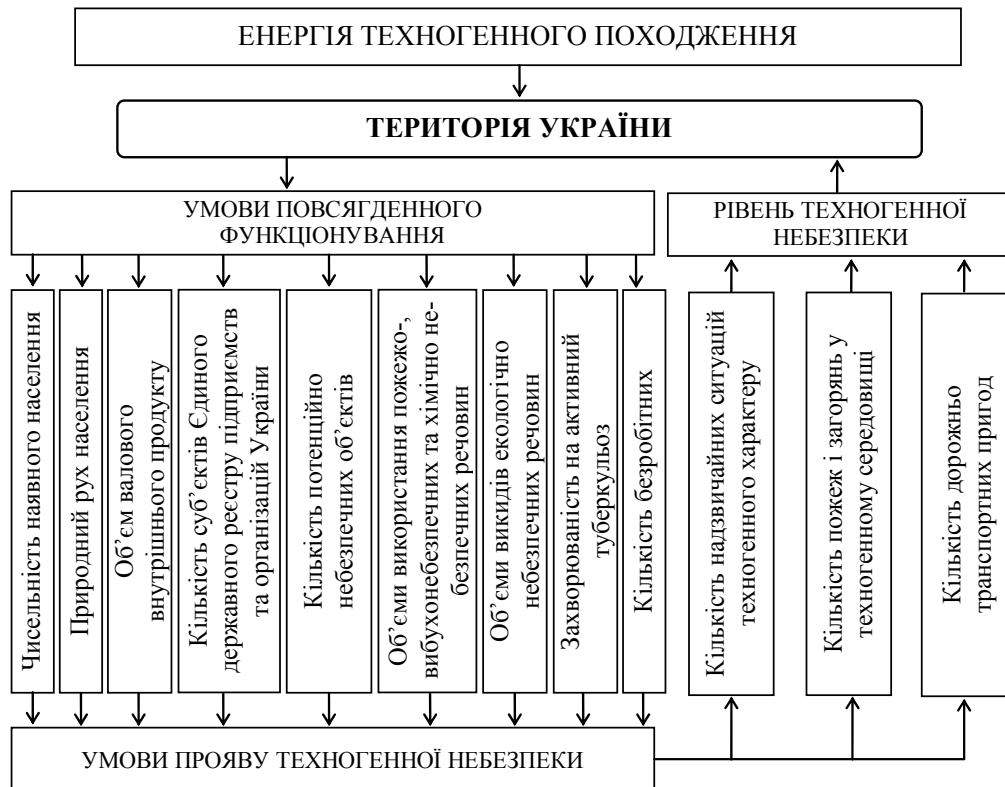


Рис. 1 – Енергетичні умови повсякденного функціонування території України та прояву техногенної небезпеки

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Відомі в науковій літературі [5-7] методи оцінки рівня небезпеки функціонування ПТС системи ґрунтуються на ймовірностатистичному або експертному аналізах прояву окремих складових небезпек і не враховують фізико-хімічні основи

Оцінка рівня техногенної небезпеки території України за даними аналізу показників життєдіяльності регіонів методами факторного аналізу і аналізу головних компонент

процесів виникнення попередніх чинників небезпеки та взаємозв'язку між ними, які призводять до розвитку НС, які з відповідним рівнем руйнівної енергії негативно впливають на умови нормального функціонування ПТС системи.

Тому, при розв'язанні проблеми формування системи комплексних заходів для запобігання НС різної природи виникає необхідність дослідження енергетичних особливостей прояву взаємозв'язків між складовими процесів життєдіяльності ПТС системи у режимах повсякденного функціонування та надзвичайного стану.

Першим кроком у даному напрямку являється результат розробки у роботах [8 – 11] підходу до оцінки окремих рівнів пожежної, хімічної, екологічної небезпеки та небезпеки, яка виникає при територіальному розподілі складів боєприпасів і підприємств з їх утилізації, на території України на основі аналізу її інтегрального показника життєдіяльності – енергії техногенного походження.

Наступним кроком при розробці наукових основ створення комплексної системи моніторингу, попередження та ліквідації НС різного походження являється проведення сумарної оцінки рівня техногенної небезпеки території України за даними аналізу взаємозв'язків між основними показниками життєдіяльності регіонів шляхом використання основних багатомірних статистичних методів аналізу – факторного, головних компонент, кластерного, дискримінантного та канонічного.

Постановка завдання та його вирішення. Загальною метою дослідження є розвиток уявлень про динаміку і енергетику функціонування ПТС системи України з рознесеними у просторі та часі різного роду джерел небезпек і їх дестабілізуючого впливу на умови безпеки життєдіяльності [12, 13].

Задачею цієї роботи, у рамках поставленої мети, є встановлення взаємозв'язку між значеннями основних параметрів життєдіяльності ПТС системи України і її рівнем техногенної небезпеки, яка реалізується шляхом проведення статистичного дослідження методами факторного аналізу і головних компонент [14].

Аналіз даних проведений з використанням статистичних пакетів STATISTICA 6.1 та SPSS 20.

Факторний аналіз включає групу методів, спрямованих на виявлення прихованих змінних факторів, що відповідають

за наявності лінійних кореляцій між параметрами, що спостерігаються у процесі життєдіяльності ПТС системи та у процесі виникнення техногенних небезпек. Латентні фактори (F_i) можна виразити лінійними комбінаціями спостережуваних змінних (X_k), що мають вигляд

$$F_i = W_{i1}X_1 + W_{i2}X_2 + \dots + W_{ik}X_k, \quad (1)$$

де $W_{11} \dots W_{ik}$ – коефіцієнти значення факторів.

У основі факторного аналізу лежить побудова матриці кореляції між всіма можливими парами змінних, що визначають умови повсякденного функціонування ПТС системи та прояву техногенної небезпеки. Результати кореляційного аналізу вибірки, що включає, за даними [8 – 11, 15, 16], 275 спостережень по території 25 регіонів України за період 2002 – 2012 рр. з кроком спостереження – один рік, представлені у табл. 1, де E^T – енергія техногенного походження, $S^{Тер.}$ – площа території, $N^{Насел.}$ – чисельність наявного населення, N^H – кількість народжених, $N^П$ – кількість померлих, $S^{ВВП}$ – об'єм валового внутрішнього продукту, $K_{Суб'ект.}$ – кількість суб'єктів Єдиного державного реєстру підприємств та організацій України, $K_{ПНО}$ – кількість потенційно небезпечних об'єктів, $Q_{ПВНР}$ – об'єм використання пожежо- і вибухонебезпечних речовин, $Q_{ХНР}$ – об'єм використання хімічно небезпечних речовин, $Q_{Атм.}$ – об'єм викидів екологічно небезпечних речовин в атмосферу, $M_{ВР}$ – маса вибухової речовини, яка підлягає утилізації на військових об'єктах, $N_{Туберк.}$ – кількість хворих на активний туберкульоз, $N_{Безробіт.}$ – кількість безробітних, $K_{НС}^{Тех.}$ – кількість надзвичайних ситуацій техногенного походження, $K^{Пожезж.}$ – кількість пожеж і загорянь у техногенному середовищі, $K^{ДТП}$ – кількість дорожньо-транспортних пригод.

Перевірка можливості проведення факторного аналізу базується на застосуванні критеріїв сферичності Бартлетта та адекватності вибірки Кайзера-Мейера-Олкіна (КМО) [14].

Таблиця 1 – Кореляційна матриця основних змінних, визначаючих умови повсякденного функціонування ІТС системи України та прояву техногенної небезпеки

Змінні	Γ_T	S_{Tr}	$N_{\text{насел.}}$	N_{II}	N_{III}	$S_{\text{ВП}}$	$K_{\text{суб'єкт.}}$	$K_{\text{ІНО}}$	$Q_{\text{ІВНР}}$	$Q_{\text{ХНР}}$	$Q_{\text{АТМ}}$	$M_{\text{ВР}}$	$N_{\text{губерк.}}$	$N_{\text{всеребт.}}$	$K_{\text{НС}}^{\text{Тех}}$	$K_{\text{Пожеж}}$	$K_{\text{ДТП}}$
E^T	1	0,29	0,77	0,59	0,81	0,41	0,36	0,81	0,24	0,48	0,94	-0,23	0,85	0,55	0,76	0,73	0,23
$S^{\text{Тер.}}$	0,29	1	0,44	0,35	0,50	0,30	0,36	0,44	0,05	0,39	0,23	0,33	0,51	0,25	0,33	0,46	0,22
$N^{\text{насел.}}$	0,77	0,44	1	0,92	0,97	0,72	0,81	0,86	0,40	0,48	0,72	-0,04	0,89	0,50	0,65	0,90	0,48
N^{II}	0,59	0,35	0,92	1	0,88	0,84	0,88	0,74	0,40	0,43	0,58	0,00	0,76	0,24	0,46	0,85	0,59
N^{III}	0,81	0,50	0,97	0,88	1	0,66	0,74	0,87	0,32	0,51	0,76	0,02	0,92	0,53	0,70	0,87	0,47
$S^{\text{ВП}}$	0,41	0,30	0,72	0,84	0,66	1	0,88	0,56	0,44	0,27	0,42	-0,07	0,50	-0,02	0,24	0,78	0,76
$K_{\text{суб'єкт.}}$	0,36	0,36	0,81	0,88	0,74	0,88	1	0,55	0,54	0,23	0,29	0,02	0,56	0,15	0,29	0,77	0,65
$K_{\text{ІНО}}$	0,81	0,44	0,86	0,74	0,87	0,56	0,55	1	0,16	0,41	0,77	0,06	0,84	0,54	0,64	0,77	0,35
$Q_{\text{ІВНР}}$	0,24	0,05	0,40	0,40	0,32	0,44	0,54	0,16	1	-0,06	0,11	-0,17	0,22	0,06	0,10	0,44	0,30
$Q_{\text{ХНР}}$	0,48	0,39	0,48	0,43	0,51	0,27	0,23	0,41	-0,06	1	0,52	-0,15	0,60	0,24	0,36	0,45	0,12
$Q_{\text{АТМ}}$	0,94	0,23	0,72	0,58	0,76	0,42	0,29	0,77	0,11	0,52	1	-0,28	0,83	0,44	0,69	0,69	0,22
$M_{\text{ВР}}$	-0,23	0,33	-0,04	0,00	0,02	-0,07	0,02	0,06	-0,17	-0,15	-0,28	1	-0,08	0,02	-0,03	-0,12	0,01
$N_{\text{губерк.}}$	0,85	0,51	0,89	0,76	0,92	0,50	0,56	0,84	0,22	0,60	0,83	-0,08	1	0,54	0,76	0,81	0,31
$N_{\text{всеребт.}}$	0,55	0,25	0,50	0,24	0,53	-0,02	0,15	0,54	0,06	0,24	0,44	0,02	0,54	1	0,56	0,30	-0,06
$K_{\text{НС}}^{\text{Тех}}$	0,76	0,33	0,65	0,46	0,70	0,24	0,29	0,64	0,10	0,36	0,69	-0,03	0,76	0,56	1	0,57	0,18
$K_{\text{Пожеж}}$	0,73	0,46	0,90	0,85	0,87	0,78	0,77	0,77	0,44	0,45	0,69	-0,12	0,81	0,30	0,57	1	0,54
$K_{\text{ДТП}}$	0,23	0,22	0,48	0,59	0,47	0,76	0,65	0,35	0,30	0,12	0,22	0,01	0,31	-0,06	0,18	0,54	1

Критерій сферичності Бартлетта являє собою критерій багатомірної нормальності та перевіряє відмінність коефіцієнтів кореляції між змінними параметрами від нульового рівня.

Критерій адекватності вибірки КМО використовувався для виявлення ступеню впливу на кореляцію між парами змінних параметрів інших змінних.

Проведені розрахунки свідчать, що нульова гіпотеза про відсутність кореляції у вибірці, що аналізується, відхиляється у відповідності з критерієм сферичності Бартлетта (значення статистики $\chi^2 = 6871,778$ з числом ступенів свободи, рівним 136, являється значимим на рівні 0,05). Значення статистики КМО дорівнює: 0,800 (висока адекватність) < 0,850 < 0,900 (безумовна адекватність).

Таким чином, факторний аналіз являється допустимим методом для проведення аналізу вибірки основних змінних, що визначають умови повсякденного функціонування ПТС системи і прояву техногенної небезпеки.

Визначення числа факторів проведене з використанням критерію «кам'янистого осипу».

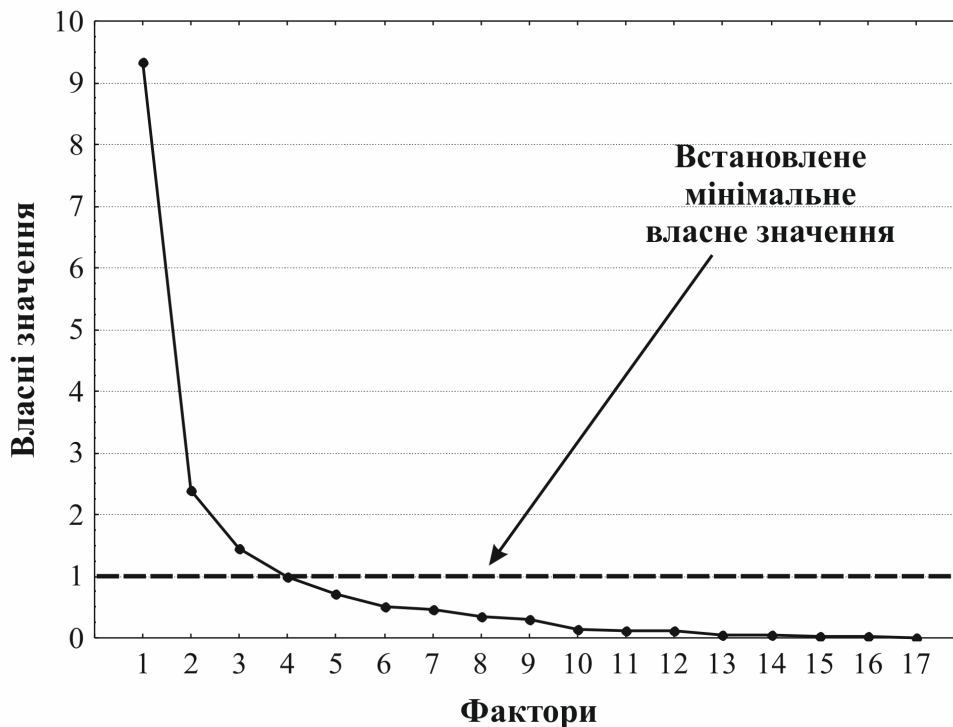


Рис. 2 – Графік «кам'янистого осипу» для вибору значимих факторів

Оскільки, згідно даних, представлених на рис. 2, у якості граничного значення вибрано мінімальне власне значення на рівні одиниці, у роботі, для проведення подальшого аналізу, узяті перші три значимі фактори, власні значення яких представлено у табл. 2.

Таблиця 2 – Власні значення значимих факторів, відповідних за наявність лінійної кореляції між основними змінними, які визначають умови повсякденного функціонування ПТС системи України та прояву техногенної небезпеки

Фактор	Власне значення	Відсоток від загальної дисперсії	Кумулятивне власне значення	Кумулятивний відсоток від загальної дисперсії
1	9,34	54,92	9,34	54,92
2	2,38	14,01	11,72	68,93
3	1,46	8,57	13,17	77,50

Таким чином, значимість перших трьох латентних факторів, відповідно до представлених у табл. 2 результатів, складає 77,5% дисперсії аналізованих змінних, що визначає похибку подальших розрахунків у 22,5%, яка, відповідно до рис. 2, розподіляється на інші фактори. Крім того, подальше збільшення кількості факторів при аналізі приведе до ускладнення математичної моделі, оскільки власні значення останніх факторів менше одиниці.

Суттю факторного аналізу є процедура обертання факторів з метою перерозподілу дисперсії за певним законом (ортогональне або косокутне обертання). Серед безлічі існуючих методів обертання найбільш використовуваним ортогональним методом є метод «варімакс», який максимізує розкид квадратів навантажень для кожного фактору, що призводить до збільшення великих і зменшення малих значень факторних навантажень.

Одним з основних способів зменшення розмірності даних є метод головних компонент, який орієнтується на втрату найменшої кількості інформації і зводиться до обчислення власних векторів і власних значень коваріаційної матриці вихідних даних.

Використання вказаних методів при проведенні факторного аналізу дозволило отримати наступні результати.

Матриця факторних навантажень, що визначає лінійні кореляції між змінними і факторами, представлена у табл. 3.

Таблиця 3 – Матриця факторних навантажень на основні змінні, які визначають умови повсякденного функціонування ПТС системи України та прояву техногенної небезпеки

Змінні	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
E^T	0,912	0,221	-0,166
$S^{Тер.}$	0,375	0,255	0,662
$N^{Насел.}$	0,733	0,642	0,078
N^H	0,502	0,800	0,070
$N^П$	0,785	0,568	0,142
$S^{ВВП}$	0,215	0,924	-0,017
$K_{Суб'ект.}$	0,238	0,913	0,097
$K_{ІНО}$	0,797	0,401	0,174
$Q_{ПВНР}$	0,018	0,608	-0,299
$Q_{ХНР}$	0,599	0,110	0,060
$Q_{Атм.}$	0,885	0,190	-0,216
M_{BP}	-0,159	-0,002	0,880
$N_{Туберк.}$	0,886	0,367	0,091
$N_{Безробіт.}$	0,711	-0,136	0,149
$K_{НС}^{Тех.}$	0,821	0,091	0,065
$K_{Пожеж.}$	0,627	0,703	-0,002
$K_{ДТП}$	0,036	0,795	0,046
Загальна дисперсія	6,643	5,043	1,488
Доля загальної дисперсії	0,391	0,297	0,088

Виділені в табл. 3 навантаження з коефіцієнтом кореляції більше 0,7 свідчать, що практично всі змінні мають стійку кореляцію з першим і другим факторами. Особливий інтерес представляють змінні $Q_{ПВНР}$ і $Q_{ХНР}$, на які факторні навантаження мають практично рівний ($\approx 0,6$) вплив від двох перших факторів. Невисока кореляція всіх змінних, за винятком M_{BP} , з третім фактором відповідає отриманим у роботі [11] проти-

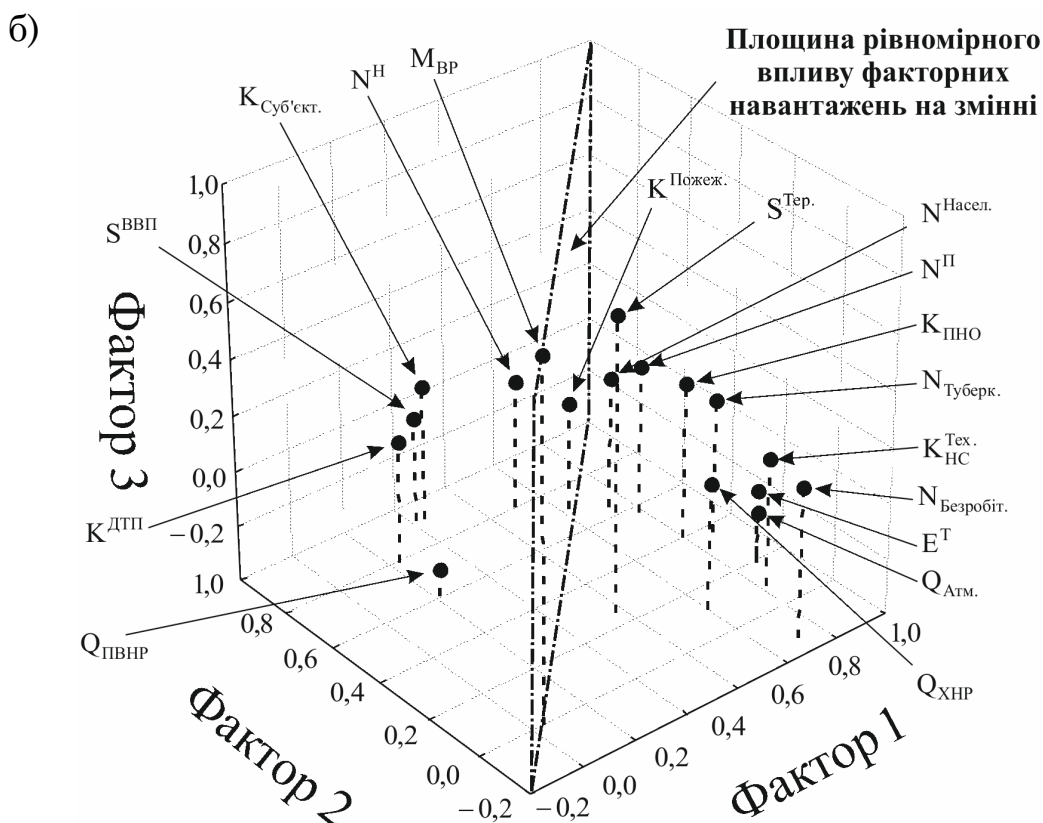
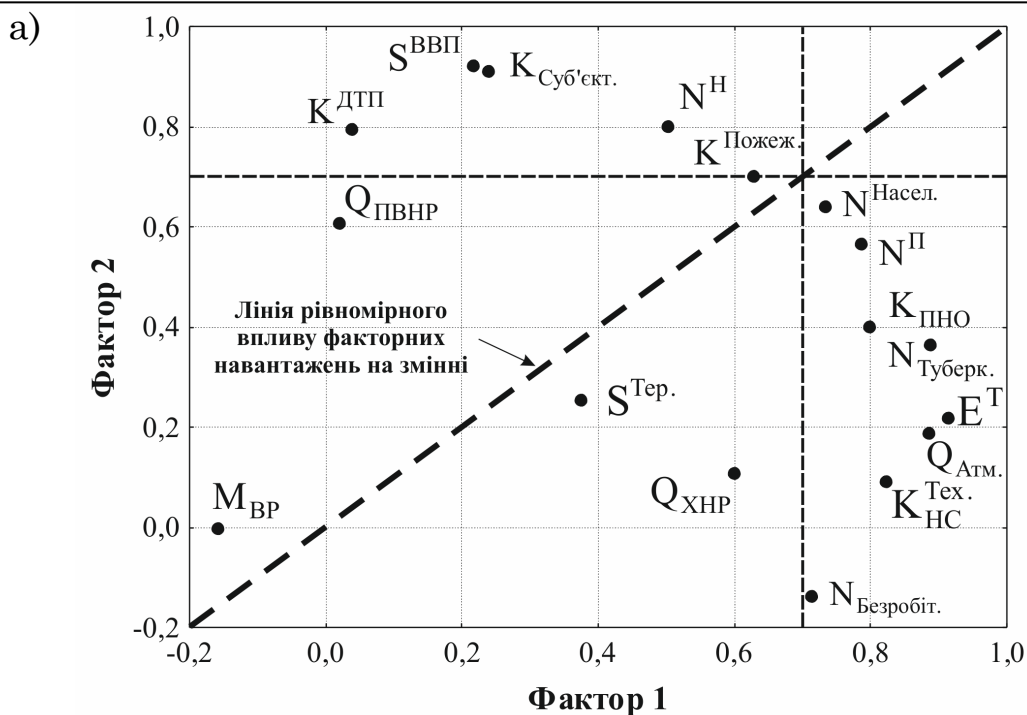


Рис. 3 – Графіки розподілу впливу факторних навантажень на змінні: а) при виборі перших двох факторів; б) при виборі перших трьох факторів

лежним аналітичним залежностям між показниками E^T і кількістю військових потенційно небезпечних об'єктів. Показник площі території ($S^{Тер.}$) має невисоку кореляцію з першими двома факторами, лише з третім фактором спостерігається кореляція на рівні 0,66.

Візуалізація результатів табл. 3, при виборі трьох перших значимих факторів, представлена на рис. 3, де спостерігається значний (більше 0,7) вплив першого фактора на показник E^T , довкола якого концентруються показники техногенної і екологічної безпеки, такі як: $K_{ПНО}$, $K_{НС}^{Тех.}$, $Q_{Атм.}$ і $N_{Туберк.}$. До них наближаються також показники $Q_{ХНР}$ і $N_{Безробіт.}$.

Таблиця 4 – Матриця коефіцієнтів значень факторів, які відповідають за наявність лінійної кореляції між основними змінними, які визначають умови повсякденного функціонування ПТС системи України та прояву техногенної безпеки

Змінні	Фактор 1 (F_1)	Фактор 2 (F_2)	Фактор 3 (F_3)
E^T	0,181	-0,068	-0,146
$S^{Тер.}$	0,027	0,007	0,437
$N_{Насел.}$	0,069	0,081	0,018
N^H	-0,008	0,163	0,017
N^H	0,090	0,049	0,062
$S^{ВВП}$	-0,090	0,245	-0,036
$K_{Суб'єкт.}$	-0,087	0,236	0,041
$K_{ПНО}$	0,117	-0,004	0,086
$Q_{ПВНР}$	-0,078	0,186	-0,217
$Q_{ХНР}$	0,119	-0,059	0,020
$Q_{Атм.}$	0,181	-0,073	-0,179
$M_{ВР}$	-0,063	0,006	0,607
$N_{Туберк.}$	0,145	-0,025	0,028
$N_{Безробіт.}$	0,179	-0,151	0,083
$K_{НС}^{Тех.}$	0,172	-0,098	0,017
$K_{Пожез.}$	0,037	0,116	-0,035
$K_{ДТП}$	-0,113	0,232	0,015

Оцінка рівня техногенної безпеки території України за даними аналізу показників життєдіяльності регіонів методами факторного аналізу і аналізу головних компонент

Фактор 2 сильно впливає на показник $S^{B\Pi\Pi}$, довкола якого концентруються такі показники, як $K_{\text{Суб'ект.}}$ і $K^{ДТ\Pi}$.

До лінії рівномірного впливу факторних навантажень прагнуть: соціальні показники $N^{\text{Насел.}}$, N^H , N^{Π} ; показник площі території $S^{\text{Тер.}}$; показник кількості пожеж і загорянь у техногенному середовищі ($K^{\text{Пожеж.}}$), що свідчить про існування впливу на рівень пожежного навантаження території України як соціально-економічних, так і техногенних показників. Крім того, показник $K^{\text{Пожеж.}}$ має майже такий же вплив від фактора 2 (0,701), як і змінна $Q_{\text{ПВНР}}$ (0,599), що вказує на існування взаємозв'язку між цими показниками.

Побудова факторної моделі, в рамках встановленого впливу факторних навантажень на змінні, базується на визначенні коефіцієнтів значення факторів 1 і 2. Так, у табл. 4 наведено коефіцієнти факторів, які визначені методом головних компонент, з використанням методу «варімакс».

Таким чином, значення факторів F_1 , F_2 і F_3 , які отримані для кожної змінної, можуть бути розраховані за рівняннями

$$\begin{aligned}
 F_1 &= 0,181E^T + 0,027S^{\text{Тер.}} + 0,069N^{\text{Насел.}} - 0,008N^H + \\
 &+ 0,090N^{\Pi} - 0,090S^{B\Pi\Pi} - 0,087K_{\text{Суб'ект.}} + 0,117K_{\text{ПНО}} - \\
 &- 0,078Q_{\text{ПВНР}} + 0,119Q_{\text{ХНР}} + 0,181Q_{\text{Атм.}} - 0,063M_{\text{ВР}} + \\
 &+ 0,145N_{\text{Туберк.}} + 0,179N_{\text{Безробіт.}} + 0,172K_{\text{НС}}^{\text{Тех.}} + \\
 &+ 0,037K^{\text{Пожеж.}} - 0,113K^{ДТ\Pi}; \\
 F_2 &= -0,068E^T + 0,007S^{\text{Тер.}} + 0,081N^{\text{Насел.}} + 0,163N^H + \\
 &+ 0,049N^{\Pi} + 0,245S^{B\Pi\Pi} + 0,236K_{\text{Суб'ект.}} - 0,004K_{\text{ПНО}} + \\
 &+ 0,186Q_{\text{ПВНР}} - 0,059Q_{\text{ХНР}} - 0,073Q_{\text{Атм.}} + 0,006M_{\text{ВР}} - \\
 &- 0,025N_{\text{Туберк.}} - 0,151N_{\text{Безробіт.}} - 0,098K_{\text{НС}}^{\text{Тех.}} + \\
 &+ 0,116K^{\text{Пожеж.}} + 0,232K^{ДТ\Pi}; \\
 F_3 &= -0,146E^T + 0,437S^{\text{Тер.}} + 0,018N^{\text{Насел.}} + 0,017N^H + \\
 &+ 0,062N^{\Pi} - 0,036S^{B\Pi\Pi} + 0,041K_{\text{Суб'ект.}} + 0,086K_{\text{ПНО}} - \\
 &- 0,217Q_{\text{ПВНР}} + 0,020Q_{\text{ХНР}} - 0,179Q_{\text{Атм.}} + 0,607M_{\text{ВР}} + \\
 &+ 0,028N_{\text{Туберк.}} + 0,083N_{\text{Безробіт.}} + 0,017K_{\text{НС}}^{\text{Тех.}} - \\
 &- 0,035K^{\text{Пожеж.}} + 0,015K^{ДТ\Pi}.
 \end{aligned} \tag{2}$$

Для перевірки правильності виділення трьох факторів була обчислена відтворена кореляційна матриця, яка виявилася близькою до початкової. Для визначення відхилення між матрицями була побудована матриця залишкової кореляції, де спостерігається існування переважної більшості залишків, значення яких менше за $|0,10|$, що свідчить про адекватність побудованої факторної моделі на рівні 77,5% дисперсії.

Таблиця 5 – Власні значення матриці кореляції факторів, відповідних за наявність лінійних статистичних зв'язків між групуючою змінною (E^T) і змінними, які визначають умови повсякденного функціонування ПТС системи України та прояву техногенної небезпеки

Фактор	Власне значення	Відсоток від загальної дисперсії	Кумулятивне власне значення	Кумулятивний відсоток від загальної дисперсії
1	8,660	54,12	8,660	54,12
2	2,232	13,95	10,892	68,07
3	1,397	8,73	12,289	76,81
4	0,996	6,23	13,285	83,03
5	0,705	4,41	13,990	87,44
6	0,481	3,01	14,471	90,44
7	0,437	2,73	14,908	93,17
8	0,356	2,23	15,264	95,40
9	0,279	1,75	15,544	97,15
10	0,128	0,80	15,672	97,95
11	0,112	0,70	15,784	98,65
12	0,102	0,64	15,886	99,29
13	0,048	0,30	15,934	99,59
14	0,043	0,27	15,976	99,85
15	0,016	0,10	15,992	99,95
16	0,008	0,05	16,000	100,00

Отриманий результат дозволив виділити три змінні, для яких факторні навантаження являються більшими за факторні навантаження на інші змінні. Так, при розгляді фактора 1 максимальне навантаження має змінна E^T (0,912). При розгляді фактора 2 максимальне значення факторного наванта-

Оцінка рівня техногенної небезпеки території України за даними аналізу показників життєдіяльності регіонів методами факторного аналізу і аналізу головних компонент

ження має змінна $S^{BВП}$ (0,924), а при розгляді фактора 3 – M_{BP} (0,880). Крім того, другий та третій фактори, на відміну від першого (54,92%), включають лише 14,01% та 8,57% дисперсії. Тому, наявність цих результатів вказує на необхідність використання інших розвідувальних методів аналізу, і зокрема, аналізу головних компонент, де групуючою змінною є показник E^T .

Метод головних компонент дозволяє обчислити головні компоненти і пов'язані з ними статистики. У роботі проведено аналіз двох типів – за допомогою матриці кореляції і за допомогою матриці коваріації.

Таблиця 6 – Факторні координати змінних, які визначають умови повсякденного функціонування ПТС системи України та прояву техногенної небезпеки, оснований на їх кореляції з групуючою змінною (E^T) за першими трьома факторами

Змінні	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
$N_{Насел.}$	-0,980	-0,002	-0,011
$S^{Тер.}$	-0,506	-0,134	0,602
N^H	-0,911	0,264	0,016
N^{II}	-0,974	-0,096	0,047
$S^{BВП}$	-0,764	0,562	-0,013
$K_{Суб'ект.}$	-0,790	0,513	0,082
$K_{ПНО}$	-0,873	-0,226	0,081
$Q_{ПВНР}$	-0,383	0,493	-0,260
$Q_{ХНР}$	-0,535	-0,331	-0,062
$Q_{Атм.}$	-0,763	-0,385	-0,317
M_{BP}	0,049	0,004	0,912
$N_{Туберк.}$	-0,914	-0,308	-0,030
$N_{Безробіт.}$	-0,461	-0,587	0,033
$K_{НС}^{Тех.}$	-0,681	-0,464	-0,044
$K_{Пожез.}$	-0,930	0,127	-0,067
$K_{ДТП}$	-0,550	0,577	0,079

Результати власних значень матриці кореляції (табл. 5) констатують, що фактор 1, який має максимальне значення

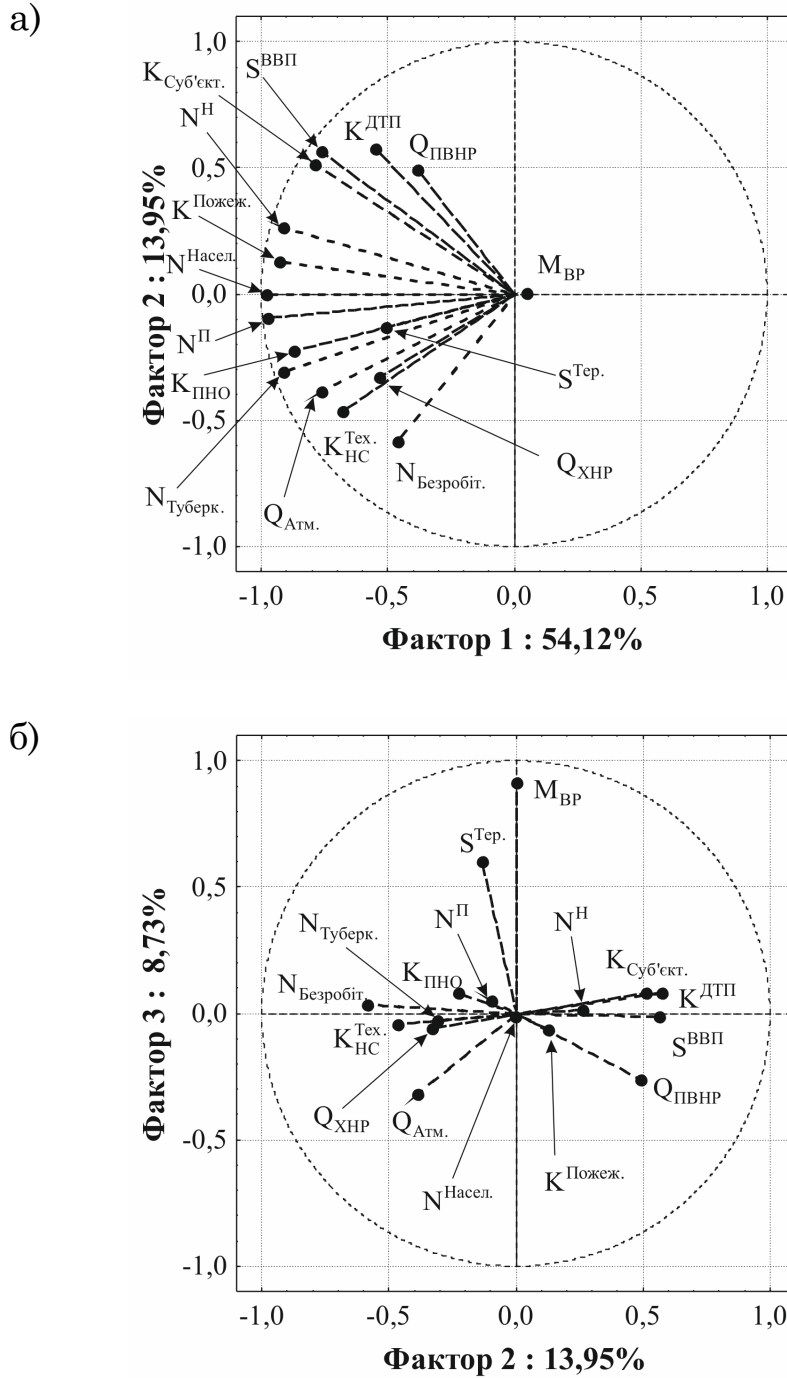


Рис. 4 – Графіки проєкцій змінних на факторні площини, побудовані на основі матриці кореляції: а) при виборі першого та другого фактору; б) при виборі другого та третього фактору

(8,66), описує 54,12% загальній дисперсії. Другий фактор, при значенні 2,23 відповідає за 13,95% дисперсії. Третій фактор – при власному значенні 1,40 відповідає за 8,73% дисперсії. Власні значення подальших факторів менші за одиницю і во-

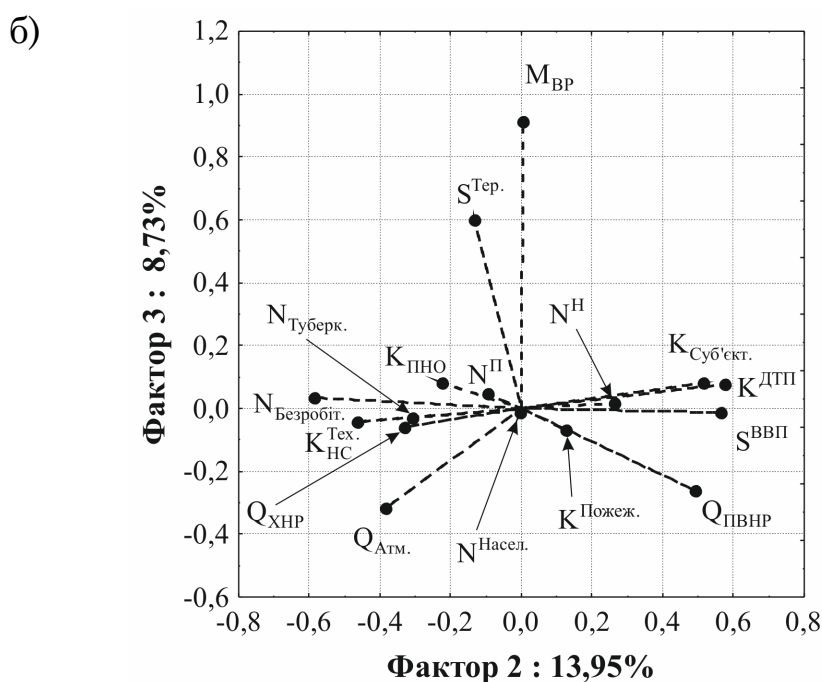
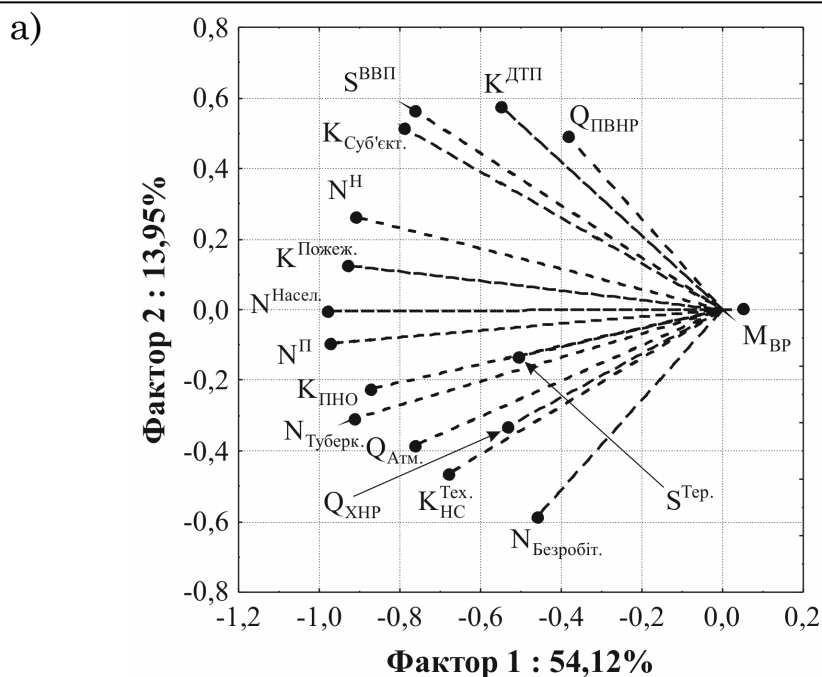


Рис. 5 – Графіки проекцій змінних на факторні площини, побудовані на основі матриці коваріації: а) при виборі першого та другого фактору; б) при виборі другого та третього фактору

ни в сумі відповідають лише за 23,19% дисперсії, тому в роботі для проведення подальшого аналізу узяті перші три значимі фактори.

Результати визначення факторних координат змінних на основі їх кореляцій з групуючою змінною E^T за першими трьома факторами, представлені у табл. 6.

Візуалізація результатів табл. 6 представлена на рис. 4, де коло з одиничним радіусом є візуальним індикатором того, наскільки добре змінні відтворюються поточним набором виділених факторів.

Так, перший фактор найсильніше корелює з змінними $N^{Насел.}$, N^H , $N^П$ і $K^{Пожсез.}$. Декілька менша кореляція першого фактора спостерігається з змінними, що визначають рівень техногенної небезпеки ПТС системи України, а саме: $K_{ПНО}$, $K_{НС}^{Тех.}$ і $Q_{Атм.}$. Висока кореляція також присутня для змінних, які характеризують економічну складову життєдіяльності, – $S^{ВВП}$ і $K_{Суб'єкт.}$. Другому фактору не властиві значні ($> 0,7$) кореляції із змінними. Третьому фактору притаманна висока кореляція з показником M_{BP} ($\approx 0,9$) та $S^{Тер.}$ ($\approx 0,6$).

Результати визначення факторних координат змінних на основі їх коваріації з групуючою змінною E^T , представлені на рис. 5, де також просліджується залежність між першим фактором і основними змінними, що визначають соціальні, економічні та техногенні умови життєдіяльності України.

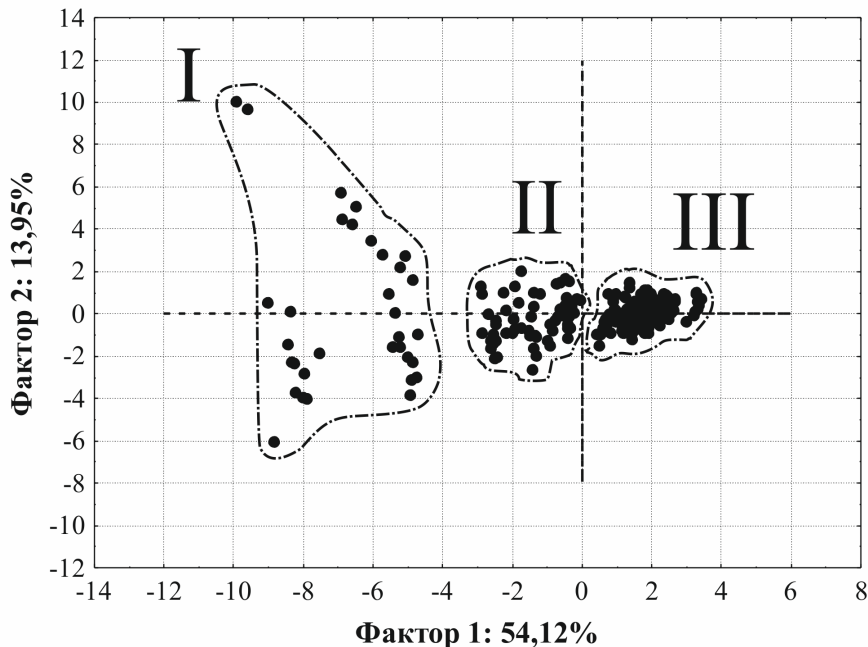


Рис. 6 – Графік проєкцій спостережень групуючої змінної (E^T) на факторну площину

Оцінка рівня техногенної небезпеки території України за даними аналізу показників життєдіяльності регіонів методами факторного аналізу і аналізу головних компонент

Виявлена на основі методу головних компонент досить виражена залежність між енергією техногенного походження та основними показниками, що визначають умови повсякденного функціонування ПТС системи і прояву техногенної небезпеки, дозволила провести попередній класифікаційний аналіз за рівнем техногенного навантаження на територію України, шляхом нанесення 275 спостережень на факторну площину – рис. 6.

Як видно з рис. 6, територія України ділиться на райони з різним об'ємом споживання енергії техногенного походження, і, відповідно, з різними: соціально-економічним рівнем життєдіяльності і рівнем техногенної небезпеки. Так, до першої групи, яка характеризується великим рівнем споживання $E^T \approx 10^{18}$ Дж, відносяться Дніпропетровська, Донецька та Київська області. До другої групи, яка характеризується середнім рівнем споживання $E^T \approx 10^{17}$ Дж, відносяться Запорізька, Луганська, Львівська, Одеська, Харківська області та АР Крим. Інші регіони відносяться до третьої групи, яка характеризується малим рівнем споживання $E^T \approx 10^{16}$ Дж. Це вказує на необхідність вживання диференційованого територіального підходу при створенні ефективної комплексної системи моніторингу, запобігання та ліквідації НС техногенного походження і забезпечення екологічної безпеки [4, 17].

Висновки

1. У роботі обґрунтована ефективність енергетичного підходу для оцінки рівня техногенної небезпеки території України за основними показниками життєдіяльності, які включають соціальні, економічні та техногенні характеристики функціонування ПТС системи.

2. На основі проведеного факторного аналізу виявлені скриті (латентні) фактори, що відповідають за наявність лінійних статистичних зв'язків між спостережуваними змінними, що визначають умови повсякденного функціонування ПТС системи України та прояву на її території техногенної небезпеки. Унаслідок об'єднання в кожному факторі змінних, що сильно корелюють між собою, спостерігається ефект виділення показника використання енергії техногенного походження, як групуючої змінної за основними показниками життєдіяльності України, в режимі повсякденного функціонування та в умовах прояву НС техногенного походження.

3. На основі проведеного аналізу головних компонент, виконаного на основі даних матриць кореляції та коваріації, встановлена наявність жорсткого взаємозв'язку між групуючою змінною (енергією техногенного походження) і основними соціальними, економічними та техногенними показниками функціонування ПТС системи України.

4. Отримані у роботі результати є основою для подальших наукових досліджень, спрямованих на класифікацію та ранжирування території України за рівнем небезпеки природного та техногенного характеру. Отримані результати необхідні для розвитку наукових основ створення ефективної територіальної комплексної системи моніторингу, запобігання та ліквідації надзвичайних ситуацій техногенного походження та забезпечення екологічної безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Черногор Л.Ф. Физика и экология катастроф / Л.Ф. Черногор – Х.: ХНУ имени В.Н. Каразина, 2012. – 556 с.
2. Осипов В.И. Природные опасности и стратегические риски в мире и в России / В.И. Осипов // Экология и жизнь. – 2009. – № 11 – 12 (96 – 97). – С. 5 – 15.
3. Азімов О.Т. Огляд поточного стану природно-техногенної безпеки в Україні та перспективи розвитку аналітичної інтерактивної системи моніторингу надзвичайних ситуацій засобами дистанційних, телематичних та ГІС-технологій / О.Т. Азімов, П.А. Коротинський, Ю.Ю. Колесніченко // ГЕОІНФОРМАТИКА – 2006. – № 4. – С. 52 – 66.
4. Тютюник В.В. Основні принципи інтегральної системи безпеки при надзвичайних ситуаціях / В.В. Тютюник, Р.І. Шевченко // Зб. наук. праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: ХУПС ім. Івана Кожедуба, 2008. – Вип. 3(18). – С. 179 – 180.
5. Питулько В.М. Научное обеспечение управлением риска аварий и катастроф / В.М. Питулько // Инженерная экология. – 1996. – № 3. – С. 36 – 44.
6. Гражданкин А.И. Использование вероятностных оценок при анализе безопасности опасных производственных об-

- ъектов / А.И. Гражданкин, М.В. Лисанов, А.С. Печеркин // Безопасность труда в промышленности. – 2002. – № 2. – С. 12 – 20.
7. Кондратьев В.Д. 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.
 8. Калугін В.Д. Оцінка рівня пожежної небезпеки території України на основі аналізу енергетичних показників стану життєдіяльності / В.Д. Калугін, В.В. Коврегін, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко // Пожежна безпека. – Львів: ЛДУ БЖД, 2013. – № 22. – С. 99 – 112.
 9. Калугин В.Д. Оценка уровня химической опасности территории Украины на основе анализа энергетических показателей жизнедеятельности / В.Д. Калугин, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.И. Шевченко // Нафтогазова енергетика. – 2013. – № 1(19). – С. 109 – 123.
 10. Калугін В.Д. Енергетичний підхід до оцінки екологічного стану природно-техногенно-соціальної системи України в режимі повсякденного функціонування / В.Д. Калугін, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко // Зб. наук. праць Севастопольського національного університету ядерної енергетики та промисловості. – Севастополь: СНУЯЕ-таП, 2013. – Вип. 4 (48). – С. 196 – 208.
 11. Калугін В.Д. Енергетичний підхід до оцінки небезпеки життєдіяльності природно-техногенно-соціальної системи України в умовах територіального розподілу складів боеприпасів і підприємств з їх утилізації / В.Д. Калугін, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко // Системи озброєння і військова техніка. – Х.: ХУПС ім. Івана Кожедуба, 2013. – Вип. 4 (36). – С. 47 – 56.
 12. Тютюник В.В. Системний підхід до оцінки небезпеки життєдіяльності при територіально-часовому розподілі енергії джерел надзвичайних ситуацій / В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, В.Д. Калугін // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ, 2011. – Вип. 14. – С. 171 – 194.
 13. 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.

14. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ: Пер. с англ. / Дж.О. Ким, Ч.У. Мюллер, У.Р. Клекка и др.; Под ред. И.С. Енюкова. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.
15. Україна у цифрах у 2011 році: Статистичний збірник / За редакцією О.Г.Осауленка – К.: Державна служба статистики України, 2012. – 250 с.
16. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.mns.gov.ua>
17. Калугін В.Д. Розробка науково-технічних основ для створення системи моніторингу, попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру та забезпечення екологічної безпеки / В.Д. Калугін, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС ім. Івана Кожедуба, 2013. – Вип. 9 (116). – С. 204 – 216.

Тютюник В.В., Бондарев Н.В., Шевченко Р.І., Черногор Л.Ф., Калугін В.Д.

Оценка уровня техногенной опасности территории Украины по данным анализа показателей жизнедеятельности регионов методами факторного анализа и анализа главных компонент

Представлены результаты оценки: а) методом факторного анализа – корреляции между основными показателями жизнедеятельности Украины; б) методом главных компонент – показателя использования энергии техногенного происхождения, как группирующей переменной основных показателей жизнедеятельности Украины в режиме повседневного функционирования и в условиях проявления чрезвычайных ситуаций техногенного происхождения.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, техногенная опасность, энергетический подход, многомерные статистические методы, факторный анализ, анализ главных компонент, комплексная система предупреждения чрезвычайных ситуаций

Tiutiunik V.V., Bondarev N.V., Shevchenko R.I., Chernogor L.F.,
Kalugin V.D.

Assessment of level of technogenic danger of the territory of Ukraine by data analysis of indicators of activity of regions methods of the factorial analysis and analysis main component

Results of an assessment are presented: a) method of the factorial analysis – correlations between the main indicators of activity of Ukraine; b) method main a component – an indicator of use of energy of a technogenic origin, as a grouping variable of the main indicators of activity of Ukraine in a mode of daily functioning and in the conditions of manifestation of emergency situations of a technogenic origin.

Key words: emergency situation, technogenic danger, power approach, multidimensional statistical methods, factorial analysis, analysis main component, complex system of the prevention of emergency situations

УДК 614.83

*Чернобрышко М.В., канд. техн. наук, преп., НУГЗУ,
Светличная С.Д., канд. техн. наук, доц., НУГЗУ,
Комяк В.М., д-р техн. наук, проф., НУГЗУ*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗАЩИТНЫХ КОНТЕЙНЕРАХ ПРИ ДЕТОНАЦИОННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Рассматривается составная оболочка под действием внутренней ударно-волновой нагрузки. Исследуется напряженно-деформированное состояние конструкции, поведение материала оболочки моделируется с учетом динамических свойств на основе экспериментальных данных. Результаты исследований позволяют выбирать условия нагружения, при котором конструкция сохраняет свою работоспособность.

Ключевые слова: динамическая прочность, ударно-волновая нагрузка, скоростное деформирование, составная оболочка

Постановка проблемы. В последние годы возросла потребность в портативных защитных контейнерах, способных выдерживать детонационное воздействие. К конструкциям подобного рода выдвигается целый ряд требований. Основные из них можно сформулировать следующим образом: высокая прочность конструкционного материала, относительно малый

Чернобрышко М.В., Светличная С.Д., Комяк В.М.