

УДК 351.861:504.064:614.8

**В. В. Тютюник**, д. т. н., ст. наук. співр., нач. каф.

**В. М. Стрілець**, д. т. н., доц., ст. наук. співр.

**В. Д. Калугін**, д. хім. н., проф., проф. каф.

**Ю. В. Захарченко**, студентка

Національний університет цивільного захисту України

вул. Чернишевська, 94, м. Харків, Україна, 61023

## РОЗВИТОК МЕТОДОЛОГІЧНОГО ПІДХОДУ ДЛЯ ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ РІВНЯ НЕБЕЗПЕКИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЛОКАЛЬНИХ ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ

На основі результатів експертної оцінки ступеню впливу структурних підрозділів АТ «Хладпром» на загальний рівень техногенно-екологічної небезпеки функціонування потенційно небезпечного об'єкту (ПНО), сформульовано та запропоновано алгоритм експертно-кластерного підходу для проведення аудиту та незалежної експертизи на усіх рівнях функціонування природно-техногенно-соціальної системи. Реалізація ризико-орієнтованого підходу щодо оцінки рівня ефективності функціонування комплексної чотирьохрівневої системи моніторингу, попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій різного характеру та забезпечення екологічної безпеки території України проводиться на основі уявлення про локальну територію з динамічними розмірами, які змінюються від розміру елементарної точки простору до розмірів об'єкта, міста, регіону тощо, а також з урахуванням взаємозв'язків між цими рівнями життєдіяльності.

**Ключові слова:** техногенно-екологічна небезпека, надзвичайні ситуації, локальна територія, експертна оцінка, кластерний аналіз, аудит та експертиза безпеки, ризико-орієнтований підхід.

**Постановка проблеми.** Актуальність роботи належить до наукового напрямку щодо технічної реалізації в Україні системи заходів з моніторингу передумов виникнення небезпек, попередження та ліквідації впливу небезпечних факторів на процес життєдіяльності населення, територію, навколишнє природне середовище та майно від надзвичайних ситуацій (НС) різної природи, а також мінімізації їх наслідків [1–3].

В основу створення комплексної системи моніторингу, попередження, ліквідації НС, мінімізації їх наслідків та забезпечення екологічної безпеки, згідно роботи, закладені уявлення про локальну територію з динамічними розмірами, які змінюються від розміру елементарної точки простору до розмірів об'єкта, міста, регіону тощо. Головним фактором оцінки безпеки локальної території є просторово-часова функціональна поверхня (рисунок 1), випуклості якої відповідають рівням небезпеки в місцях з конкретними географічними координатами [3–7]. Відповідно до рисунку 1, джерело інтегральної небезпеки в точці  $A(x, y, z)$  території нелінійно об'єднує:

– джерела природної небезпеки: 1' – процеси у атмосфері; 2' – процеси у біосфері; 3' – процеси у літосфері; 4' – процеси у гідросфері;

– джерела техногенної небезпеки: 1'' – аварії на промислових об'єктах і транспорті; 2'' – вибухи; 3'' – пожежі; 4'' – вивільнення інших видів енергії;

– джерела соціальної небезпеки: 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;

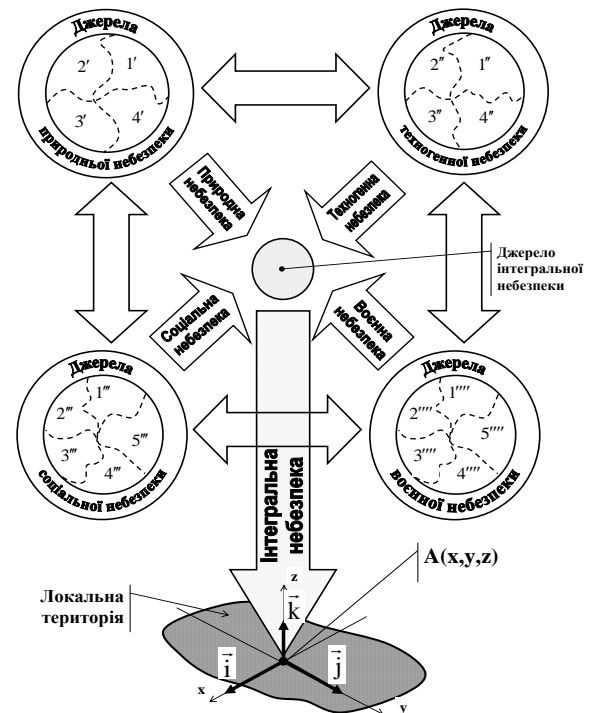


Рисунок 1 – Модельне представлення процесів зародження на локальній території джерел НС різного походження

– джерела воєнної небезпеки: 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

перспективи; 3<sup>'''</sup> – наявність у лідерів або урядів політичної волі та рішучості піти на застосування сили, здатності використовувати збройні сили для вирішення можливого конфлікту; 4<sup>'''</sup> – наявність надійних союзників серед держав, їх коаліцій або інших суб'єктів військово-політичних відносин;

5<sup>'''</sup> – сприятливі геополітичні умови та реальна (або прогнозована) військово-політична обстановка для здійснення військових акцій.

Наслідки для локальної території від впливу різного роду НС представлені на рисунку 2 у вигляді класифікатора збитків.

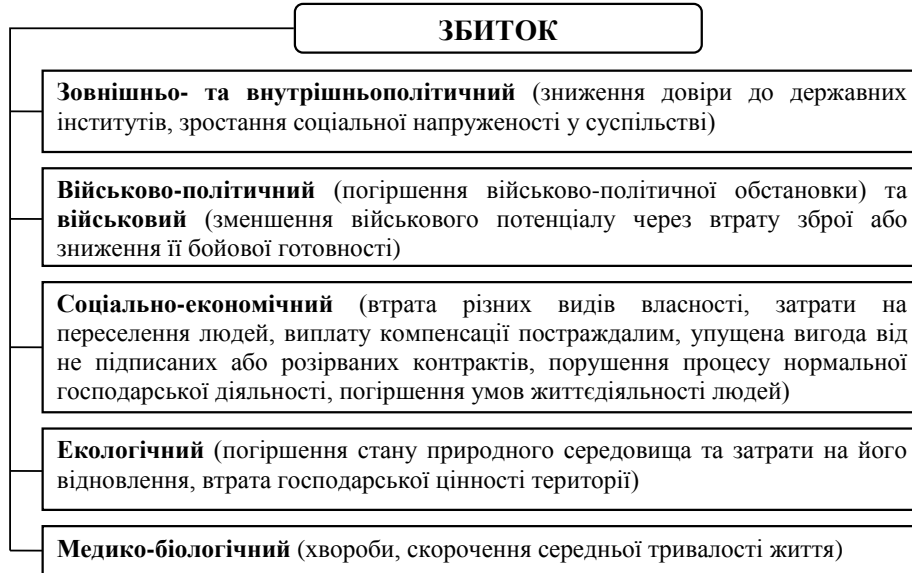


Рисунок 2 – Основні види збитку для локальної території в умовах НС різного походження

Будова комплексної системи моніторингу, попередження, ліквідації НС, мінімізації їх наслідків та забезпечення екологічної безпеки в Україні характеризується чотирма рівнями [2, 3, 7] – об'єктовий, місцевий, регіональний та державний (рисунок 3).

На кожному рівні система має підсистеми, які пов'язані із природною, техногенною та соціальною специфікою рівня захисту, та функціонує шляхом послідовної передачі обробленої інформації про стан небезпеки від об'єктового рівня до державного за допомогою підсистем зв'язку відповідних рівнів і прийняття на кожному рівні антикризових рішень.

Підсистема на відповідному рівні включає (інформацію представлено на прикладі підсистеми 1.1 об'єктового рівня): 1.1.1 – НС об'єктового рівня; 1.1.2 – підсистема контролю попередніх факторів НС об'єктового рівня; 1.1.3 – центр збору й обробки фактичної інформації, прогнозування НС та розробки антикризових рішень об'єктового рівня; 1.1.4 – база даних про НС об'єктового рівня; 1.1.5 – підсистема зв'язку об'єктового рівня; 1.1.6 – керівництво об'єкта; 1.1.7 – рада з питань безпеки об'єкта; 1.1.8 – підсистема доведення інформації до підрозділів реагування на НС об'єктового рівня та до підрозділів охорони правопорядку; 1.1.9 – підсистема життєзабезпечення об'єкта.

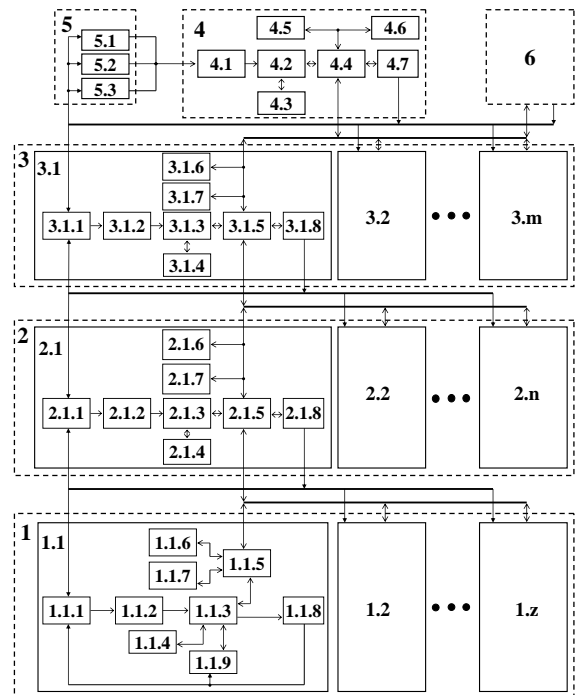


Рисунок 3 – Комплексна функціональна схема системи моніторингу, попередження, ліквідації НС, мінімізації їх наслідків та забезпечення екологічної безпеки: 1 – підсистема об'єктового рівню; 2 – підсистема місцевого рівню; 3 – підсистема регіонального рівню; 4 – підсистема державного рівню; 5 – НС різного походження, що виникають із зовні держави; 6 – системи моніторингу НС країн-членів ООН

На кожному із рівнів в режимі повсякденного функціонування, режимі підвищеної готовності та режимі надзвичайного стану в системі автоматизовано проводиться: 1) обробка отриманої фактичної інформації про стан небезпеки від нижчого рівня та інформації від територіальної підсистеми моніторингу НС даного рівня; 2) прогноз можливості виникнення НС; 3) розробка пропозиції з попередження та ліквідації джерел небезпек на даному та нижчих рівнях та необхідності залучення додаткових сил і засобів попередження та ліквідації НС на вищих рівнях; 4) передача інформації на вищий рівень, включаючи державний.

На державному рівні функції системи зорієнтовані на аналіз інформації, яка надходить як з регіональних підсистем моніторингу, так і державної підсистеми моніторингу НС, яка контролює джерела небезпек у навколосемному, близькому і дальньому космосі, у надрах Землі, в інших державах, які можуть скласти небезпеку для території України.

Таким чином, згідно з функціональною схемою (див. рисунок 3), актуальними є наукові дослідження щодо забезпечення ефективного моніторингу, попередження, ліквідації НС, мінімізації їх наслідків та забезпечення екологічної безпеки на різних рівнях життєдіяльності природно-техногенно-соціальної системи України. З урахуванням сказаного, метою наших досліджень є розвиток науково-технічних основ методів раннього виявлення джерел небезпек та попередження виникнення НС на об'єктовому рівні, для чого необхідно провести оцінку та ранжирування структурних елементів об'єкту контролю за можливістю виникнення різного роду небезпек, які можуть привести до великих матеріальних та нематеріальних збитків, а також до екологічних наслідків.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для отримання порівняльної оцінки рівня небезпеки функціонування локальної території в умовах прояву НС різної природи слід використовувати наступні методи:

- статистичний, що базується на аналізі даних статистики виникнення НС протягом кількох років для визначення показників небезпеки об'єктів;

- імовірний, оснований на застосуванні математичних моделей, які пов'язують передумови до виникнення НС із можливістю їх прояву (наприклад, імовірний аналіз безпеки ядерних реакторів);

- експертний, що базується на експертному оцінюванні у поєднанні з теорією нечітких множин.

Перевагою статистичного методу є об'єктивність. Імовірний та експертний методи дозволяють враховувати джерела потенційної небезпеки, що виявляються у формі НС рідко, але наслідки від якої є катастрофічними (наприклад, аварія на Чорнобильській АЕС, землетрус та інші). Однак імовірний метод є надзвичайно громіздким і

трудомістким, вимагає великого числа вихідних даних, що призводить до низької точності одержуваних результатів. За відсутністю апробованих математичних моделей і досить достовірних вихідних даних для них оцінку впливу на можливість реалізації масштабних НС великого числа важко формалізованих вихідних даних доцільно проводити експертним методом [8, 9].

Використаний у роботах [10–12] ризико-орієнтований підхід поряд з оцінкою рівня загроз потребує визначення збитків від наслідків НС. Він застосовується, насамперед, для наукового обґрунтування прийнятного рівня безпеки життєдіяльності функціонально-просторових природно-господарських зон та прийняття рішень щодо розміщення нових потенційно небезпечних промислових об'єктів і розширення або зміни профілю діючих.

Крім того, проведений аналіз наукової літератури показує, що існують окремі підходи щодо кількісної оцінки рівня техногенно-природної небезпеки [13–15]. У роботах [16–17] розроблено показники оцінки стану небезпеки території та зроблено спробу її розподілу за декількома рівнями небезпек окремо для НС техногенного та НС природного характеру. У роботах [18, 19] наведені спроби побудови та використання інтегральних показників оцінки й аналізу рівня безпеки життєдіяльності ПНО та територій за умов базового кількісного розподілу, що розкривають причинно-наслідкові зв'язки управління людськими, матеріальними, інформаційними ресурсами для забезпечення досягнення мети проекту регіонального розвитку. Результатом цих робіт є розподіл регіонів держави за чотирма рівнями небезпеки. Цей підхід призначений для паспортизації регіонів без урахування інтенсивності виникнення НС техногенного та природного характеру.

Питанням моніторингу НС на окремій території [20, 21] та безпеки окремих типів ПНО [18, 22] приділено досить уваги в науковій літературі. Це відноситься до розробки математичних моделей, що відносно повно описують процеси виникнення окремих НС, моделей з ліквідації їх наслідків, з метою удосконалення системи з прийняття управлінських рішень, розробки практичних рекомендацій з технічних, психологічних, організаційних аспектів функціонування окремих систем безпеки, сил і засобів локалізації та ліквідації НС. Крім того, наведений у роботах [23–25] аналіз методів оцінки рівня небезпеки життєдіяльності в умовах прояву НС вказує на необхідність врахування причини виникнення факторів небезпеки та дослідження особливостей прояву нелінійних взаємозв'язків між ними. Це підтверджується роботами [26, 27], де формування основних принципів підтримки ухвалення адекватних рішень базується на прогнозі НС та розробці антикризових рішень в умовах прояву НС.

Таким чином, при розв'язанні проблеми створення ефективної системи моніторингу, попередження, ліквідації НС, мінімізації їх наслідків

та забезпечення екологічної безпеки для формування адекватних комплексних заходів запобігання небезпекам різної природи виникає потреба у визначенні пріоритетів для здійснення техногенно-екологічного аудиту та нагляду на конкретному потенційно небезпечному об'єкті.

**Постановка завдання та його вирішення.** Метою цієї роботи є вдосконалення системи моніторингу (див. рисунок 3) шляхом ранжирування за результатами оцінки техногенно-

екологічної небезпеки структурних складових ПНО за ймовірністю виникнення на ньому аварійних ситуацій.

Основою системи моніторингу, попередження, ліквідації НС, мінімізації їх наслідків та забезпечення екологічної безпеки на ПНО є класичний контур управління, що забезпечує збір, обробку та аналіз інформації, моделювання розвитку небезпечної обстановки на об'єкті управління, уявлення про який схематично розкриті на рисунку 4.

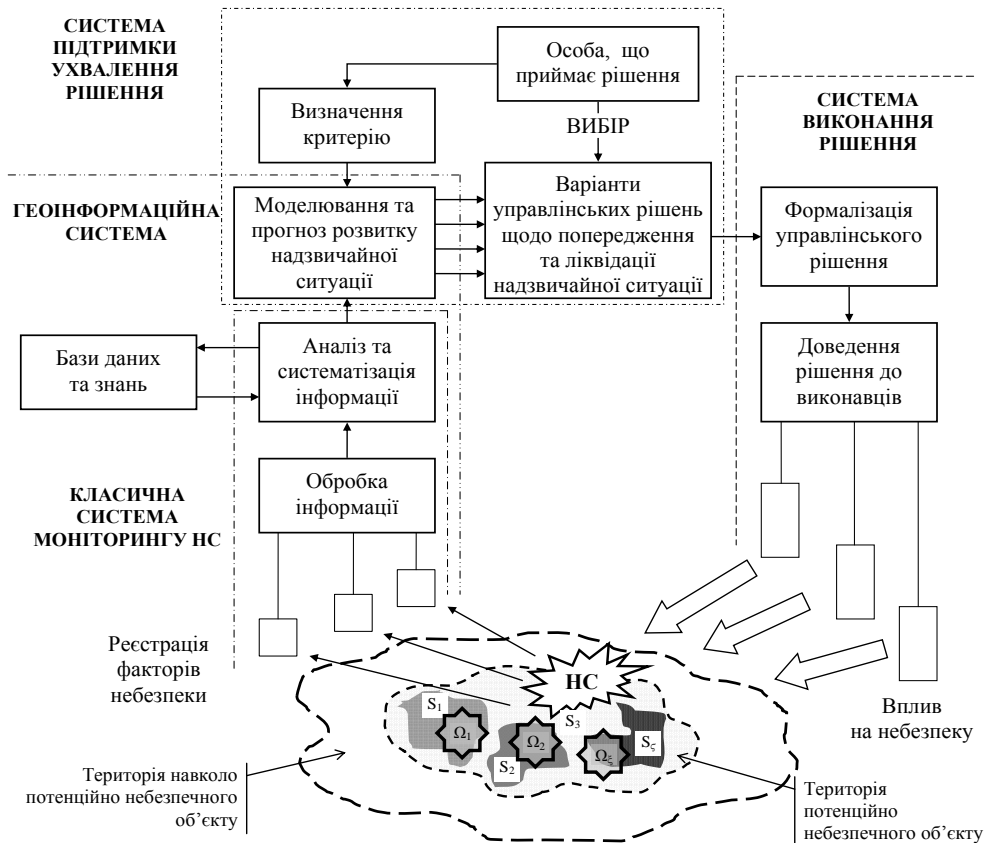


Рисунок 4 – Концептуальна схема функціонування системи моніторингу, попередження, ліквідації НС, мінімізації їх наслідків та забезпечення екологічної безпеки як засобу управління за умов розділення території потенційно небезпечного об'єкту на зони безпеки та розташування технологічного обладнання:

$S_{\zeta}$  – властивості територіальних зон безпеки об'єкту;  $\Omega_{\xi}$  – показники безпеки функціонування технологічного обладнання

Короткий опис принципів функціонування схеми, поданої на рисунку 4.

1) Отримана засобами контролю первинна інформація про фактори безпеки на території ПНО або на прилеглий до об'єкту території по кабелях або радіоканалу транслюється до пристроїв другого рівня. Ці пристрої 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 території.

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

3) Використання відповідних математичних методів дозволить на основі отриманої інформації у відносно нетривалі терміни часу виконати моделювання небезпечної ситуації, прогнозування її розвитку та рівня, відображати прогнозовану динаміку катастрофічних подій графічно (у тому числі з використанням map).

4) 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, направлених на недопущення розвитку небезпеки до рівня катастрофи. Якщо ж катастрофи вже не уникнути, то розробка управлінських рішень направлена на мінімізацію наслідків від неї.

5) 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 викликать зміни у величинах вимірюваних параметрів, що фіксуються пристроями контролю. Подальше моделювання покаже ефективність виконання управлінського рішення – контур управління замкнеться.

Проілюстровані на рис. 4 умови функціонування об'єктові системи моніторингу, попередження, ліквідації НС, мінімізації їх наслідків та забезпечення екологічної безпеки умовно поділяють територію об'єкту на територіально-небезпечні зони зі своїми властивостями ( $S_{\xi}$ ) та розташованим в них технологічним обладнанням ( $\Omega_{\xi}$ ). Це дозволяє сформулювати комплексний підхід до формування системи безпеки та розкрити механізм процесу запобігання проявам внутрішніх та зовнішніх небезпек.

Одним з підходів багатofакторної оцінки впливу структурних елементів на функціонування ПНО як територіально-часової параметричної системи в умовах обмеженості інформації є використання комплексного експертного оцінювання.

В роботі, як приклад, для експертної оцінки та ранжирування структурних елементів за ступенем впливу на загальний рівень техногенно-екологічної безпеки функціонування ПНО вибрано АТ «Хладпром» (м. Харків). Схема розташування основних структурних складових з виробництва морозива та збереження продуктів харчування на території підприємства представлена на рисунку 5.

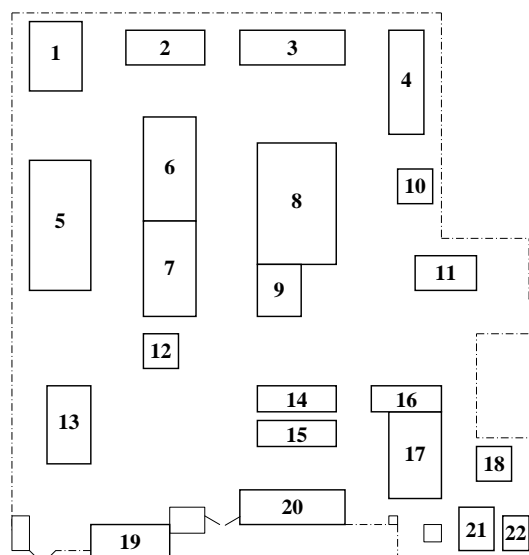


Рисунок 5 – Схема розташування основних структурних підрозділів по території підприємства АТ «Хладпром»: 1, 2 – склади; 3 – підсобно-виробничий корпус; 4 – гараж; 5 – рибозавод; 6 – холодильник; 7 – маринадний цех; 8 – технологічний цех; 9 – компресорний цех; 10 – мийка; 11 – склад паливо-мастильних матеріалів; 12 – склад; 13 – цех сухого льоду; 14, 15 – градирні; 16 – компресорний цех; 17 – виробничий цех; 18 – склад; 19 – столова; 20 – адміністративний корпус; 21 – газова котельня; 22 – склад

Для вирішення поставленої задачі було проведено узагальнення основних можливих джерел техногенно-екологічної небезпеки функціонування ПНО, розроблено експертну анкету, сформовано групу експертів та проведено експертне дослідження [28, 29].

Застосовуючи запропонований підхід була проведена процедура експертної оцінки розташованих по території підприємства АТ «Хладпром» основних структурних підрозділів підприємства. Результати експертної оцінки ( $n=6$ ) основних структурних елементів за ступенем їх впливу на загальний рівень техногенно-екологічної небезпеки функціонування ПНО представлено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати експертної оцінки основних структурних елементів АТ «Хладпром» за ступенем їх впливу на загальний рівень техногенно-екологічної небезпеки функціонування підприємства

Номер об'єкту*	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	Експерт 4	Експерт 5	Експерт 6	Усереднена оцінка	Стандартне відхилення
1	4	4	5	4	4	3	4,0	0,6
2	4	4	4	4	4	3	3,8	0,4
3	5	5	5	6	6	5	5,3	0,5
4	5	4	5	6	5	5	5,0	0,6
5	5	5	5	6	6	5	5,3	0,5
6	8	7	8	8	8	7	7,7	0,5
7	5	6	5	6	6	5	5,5	0,5
8	6	6	6	6	7	5	6,0	0,6
9	9	8	9	9	8	8	8,5	0,5
10	2	3	2	2	2	2	2,2	0,4

Таблиця 1 – Продовження

Номер об'єкту*	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	Експерт 4	Експерт 5	Експерт 6	Усереднена оцінка	Стандартне відхилення
11	5	5	5	6	6	5	5,3	0,5
12	4	3	4	3	4	3	3,5	0,5
13	6	6	6	6	7	5	6,0	0,6
14	2	2	2	1	2	2	1,8	0,4
15	2	1	1	2	2	2	1,7	0,5
16	9	8	8	8	8	8	8,2	0,4
17	6	6	5	6	6	5	5,7	0,5
18	3	3	4	3	4	3	3,3	0,5
19	1	1	1	1	1	1	1,0	0,0
20	1	1	1	1	1	1	1,0	0,0
21	5	4	5	5	5	4	4,7	0,5
22	3	3	3	3	3	3	3,0	0,0

\*Нумерація об'єктів відповідає нумерації на рисунку 5.

Узгодженість експертів була перевірена за допомогою загального коефіцієнта рангової кореляції для групи, що складається з  $m$  експертів (коефіцієнта конкордації). Використовувався вираз, запропонований Кендаллом:

$$W = \frac{12 \cdot S}{m^2 \cdot (n^3 - n)}, \quad (1)$$

де  $S$  – показник варіації відносно середнього рангу ( $a = 0,5m(n + 1)$ ), який визначається формулою

$$S = \sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^m r_{ij} - a \right)^2 ;$$

$n$  – кількість об'єктів ранжирування,  $m$  – кількість експертів,  $r_{ij}$  – ранг  $i$ -го об'єкту ранжирування, що встановлений  $j$ -м експертом.

У цьому випадку коефіцієнт конкордації дорівнює 0,685. Для того, щоб переконатися, що існує не випадкова узгодженість в думках експертів, використовувався критерій  $\chi^2$ , який перевіряє гіпотезу про нерівномірний розподіл проти альтернативи – про рівномірний. Знайдене значення

$$\chi^2 = m \cdot (n - 1) \cdot W = 86,3 \quad (2)$$

більше табличного значення  $\chi_{табл}^2 = 16,8$ , яке визначається числом ступенів свободи  $\nu = n - 1 = 21$  та рівнем довірчої ймовірності  $P = 0,99$ .

Це вказує на узгоджену експертну оцінку та дозволяє використовувати отримані результати для кластеризації структурних елементів, які розташовані по території підприємства з тим, щоб знайти групи схожих об'єктів у вибірці даних, так званих кластерів, які характеризуються наступними

основними властивостями: щільність, дисперсія, розмір, форма та віддільність [30, 31]. Під щільністю мається на увазі властивість, яка дозволяє визначити кластер, як скупчення точок у просторі даних, відносно щільне у порівнянні з іншими областями простору, що містять або малу кількість точок, або не містять їх взагалі. Дисперсія характеризує міру розсіювання точок у просторі відносно центра кластера. Розмір кластера тісно пов'язаний з дисперсією. Форма кластера визначається положенням точок у просторі. При зображенні кластерів у вигляді різних форм виникає необхідність визначення «зв'язаності» точок у кластері у вигляді відносної міри відстані між ними. Міри відстані зазвичай не обмежені зверху та залежать від вибору шкали (масштабу) вимірів. Віддільність характеризує міру перекриття кластерів і наскільки далеко один від одного вони розташовані у просторі. Тобто, роботу наглядового органу доцільно організувати з урахуванням внеску конкретних структурних підрозділів у загальну техногенно-екологічну небезпеку, яку створює потенційно небезпечне підприємство.

При визначенні міри відстані однією з найбільш відомих відстаней є евклідова відстань, яка визначається як:

$$d_{\alpha\beta} = \sqrt{\sum_{z=1}^p (X_{\alpha z} - X_{\beta z})^2}, \quad (3)$$

де  $d_{\alpha\beta}$  – відстань між об'єктами  $\alpha$  та  $\beta$ ;  $X_{\alpha z}$  – абсолютне значення  $z$ -ї змінної для об'єкта  $\alpha$ ;  $X_{\beta z}$  – абсолютне значення  $z$ -ї змінної для об'єкта  $\beta$ .

Проте при аналізі міри відстані оцінка схожості потенційно небезпечних об'єктів сильно залежить від відмінностей у зрушеннях даних. Так, змінні, що характеризуються великими абсолютними значеннями небезпек та їх стандартними відхиленнями, можуть зменшити вплив змінних, які характеризуються

малими абсолютними значеннями та відповідними стандартними відхиленнями. Тому для зменшення цього впливу в роботі перед визначенням міри відстані  $d_{\alpha\beta}$  необхідно провести процес стандартизації даних, що базується на нормалізації змінних до одиничної дисперсії та нульового середнього

$$\begin{aligned} X_{\alpha z}^* &= \frac{X_{\alpha z} - M[X_{\alpha}]}{\sigma_{X_{\alpha}}}, \\ X_{\beta z}^* &= \frac{X_{\beta z} - M[X_{\beta}]}{\sigma_{X_{\beta}}}, \end{aligned} \quad (4)$$

де  $X_{\alpha z}^*$ ,  $X_{\beta z}^*$  – стандартизовані значення  $z$ -х змінних для об'єктів  $\alpha$  та  $\beta$ ;  $M[X_{\alpha}]$ ,  $M[X_{\beta}]$  – математичні очікування, характерні для змінних об'єктів  $\alpha$  та  $\beta$ ;  $\sigma_{X_{\alpha}}$ ,  $\sigma_{X_{\beta}}$  – стандартні відхилення, характерні для змінних об'єктів  $\alpha$  та  $\beta$ .

Організація наглядової діяльності контролюючих органів характеризується ієрархічною структурою, у зв'язку з цим було прийнято проведення послідовного об'єднання менших кластерів у великі із застосуванням так званих агломеративних методів

шляхом розділення великих кластерів на менші, тобто так званих дивізімних методів.

Враховуючи можливість застосування стандартних процедур в існуючих прикладних програмах для оцінки відстаней між кластерами шляхом мінімізації квадратів дисперсій для кластерів, які можуть бути сформовані на кожному кроці, було використано метод Варда [30, 31].

Результати визначення мір евклідових відстаней між рівнями техногенно-екологічної небезпеки функціонування структурних елементів, які розташовані по території АТ «Хладпром», представлені у таблиці 2.

Результат покрокового агломеративного об'єднання структурних елементів підприємства у кластери представлено на рисунку 6. Дендрограма ієрархічної кластеризації (побудована методом Варда) структурних елементів підприємства за результатами експертної оцінки на предмет визначення їх вкладу у загальний рівень техногенно-екологічної небезпеки ПНО наведена на рисунку 7. Аналіз дендрограми кластеризації дозволив в залежності від відстані об'єднання (на рівні порядку 15...20 евклідових одиниць) розділити територію підприємства на три – чотири кластери.

Таблиця 2 – Евклідові відстані між стандартизованими значеннями результатів експертної оцінки основних структурних елементів АТ «Хладпром» за ступенем їх впливу на загальний рівень техногенно-екологічної небезпеки функціонування підприємства

Номер об'єкту	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	0,0	1,0	3,7	3,16	3,7	9,1	4,1	5,1	11,1	4,8	3,7	1,7	5,1	5,6	6,2	10,3	4,5	2,0	7,5	7,5	2,00	2,8
2	1,0	0,0	3,9	3,32	3,9	9,4	4,2	5,4	11,5	4,2	3,9	1,4	5,4	5,1	5,6	10,7	4,6	1,7	7,0	7,0	2,24	2,2
3	3,7	3,9	0,0	1,41	0,0	5,8	1,0	2,0	7,9	7,9	0,0	4,8	2,0	8,8	9,1	7,1	1,4	5,1	10,7	10,7	2,00	5,8
4	3,2	3,3	1,4	0,0	1,4	6,6	2,2	3,2	8,7	7,3	1,4	4,1	3,2	8,1	8,2	7,9	2,4	4,5	9,9	9,9	1,41	5,1
5	3,7	3,9	0,0	1,41	0,0	5,8	1,0	2,0	7,9	7,9	0,0	4,8	2,0	8,8	9,1	7,1	1,4	5,1	10,7	10,7	2,00	5,8
6	9,1	9,4	5,8	6,63	5,8	0,0	5,6	4,2	2,2	13,6	5,8	10,2	4,2	14,4	14,8	1,7	5,1	10,7	16,4	16,4	7,35	11,5
7	4,1	4,2	1,0	2,24	1,0	5,6	0,0	1,7	7,6	8,2	1,0	5,3	1,7	9,2	9,5	6,8	1,0	5,6	11,1	11,1	2,65	6,2
8	5,1	5,4	2,0	3,16	2,0	4,2	1,7	0,0	6,4	9,5	2,0	6,2	0,0	10,3	10,8	5,6	1,4	6,6	12,3	12,3	3,46	7,5
9	11,1	11,5	7,9	8,66	7,9	2,2	7,6	6,4	0,0	15,6	7,9	12,3	6,4	16,4	16,8	1,4	7,1	12,8	18,4	18,4	9,43	13,5
10	4,8	4,2	7,9	7,28	7,9	13,6	8,2	9,5	15,6	0,0	7,9	3,7	9,5	1,4	2,2	14,8	8,7	3,3	3,0	3,0	6,40	2,2
11	3,7	3,9	0,0	1,41	0,0	5,8	1,0	2,0	7,9	7,9	0,0	4,8	2,0	8,8	9,1	7,1	1,4	5,1	10,7	10,7	2,00	5,8
12	1,7	1,4	4,8	4,12	4,8	10,2	5,3	6,2	12,3	3,7	4,8	0,0	6,2	4,2	4,8	11,5	5,6	1,0	6,2	6,2	3,00	1,7
13	5,1	5,4	2,0	3,16	2,0	4,2	1,7	0,0	6,4	9,5	2,0	6,2	0,0	10,3	10,8	5,6	1,4	6,6	12,3	12,3	3,46	7,5
14	5,6	5,1	8,8	8,06	8,8	14,4	9,2	10,3	16,4	1,4	8,8	4,2	10,3	0,0	1,7	15,6	9,5	3,9	2,2	2,2	7,14	3,0
15	6,2	5,6	9,1	8,25	9,1	14,8	9,5	10,8	16,8	2,2	9,1	4,8	10,8	1,7	0,0	16,0	9,9	4,5	2,0	2,0	7,48	3,5
16	10,3	10,7	7,1	7,94	7,1	1,7	6,8	5,6	1,4	14,8	7,1	11,5	5,6	15,6	16,0	0,0	6,2	12,0	17,6	17,6	8,66	12,7
17	4,5	4,6	1,4	2,45	1,4	5,1	1,0	1,4	7,1	8,7	1,4	5,6	1,4	9,5	9,9	6,2	0,0	6,0	11,5	11,5	2,83	6,6
18	2,0	1,7	5,1	4,47	5,1	10,7	5,6	6,6	12,8	3,3	5,1	1,0	6,6	3,9	4,5	12,0	6,0	0,0	5,8	5,8	3,46	1,4
19	7,5	7,0	10,7	9,90	10,7	16,4	11,1	12,3	18,4	3,0	10,7	6,2	12,3	2,2	2,0	17,6	11,5	5,8	0,0	0,0	9,06	4,9
20	7,5	7,0	10,7	9,90	10,7	16,4	11,1	12,3	18,4	3,0	10,7	6,2	12,3	2,2	2,0	17,6	11,5	5,8	0,0	0,0	9,06	4,9
21	2,0	2,2	2,0	1,41	2,0	7,3	2,6	3,5	9,4	6,4	2,0	3,0	3,5	7,1	7,5	8,7	2,8	3,5	9,1	9,1	0,0	4,2
22	2,8	2,2	5,8	5,10	5,8	11,5	6,2	7,5	13,5	2,2	5,8	1,7	7,5	3,0	3,5	12,7	6,6	1,4	4,9	4,9	4,24	0,0

\*Нумерація об'єктів відповідає нумерації на рисунку 5.

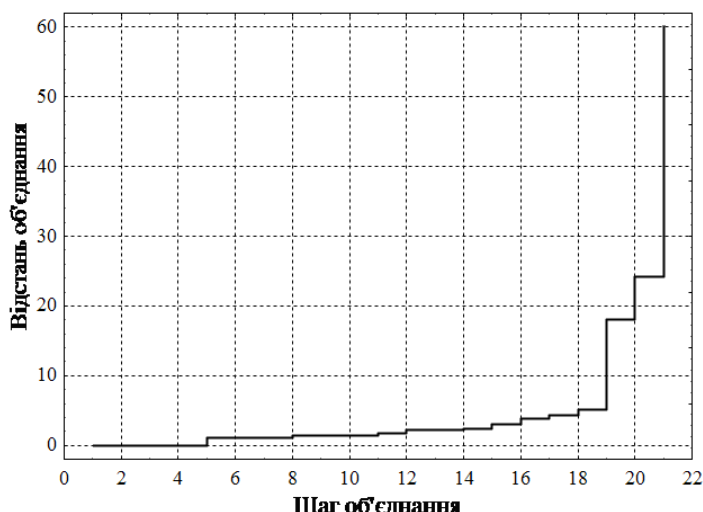


Рисунок 6 – Графік покрокового об'єднання значень результатів експертної оцінки основних структурних елементів АТ «Хладпром» за ступенем їх впливу на загальний рівень техногенно-екологічної небезпеки функціонування підприємства

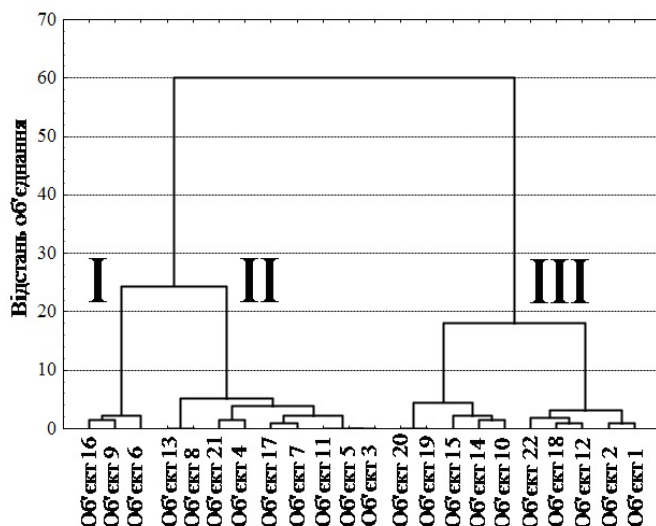


Рисунок 7 – Дендрограма кластеризації структурних елементів АТ «Хладпром» за результатами експертної оцінки щодо ступеню їх впливу на загальний рівень техногенно-екологічної небезпеки функціонування підприємства

Так, за умов розділення території підприємства на три кластери (на рівні 20 евклідових одиниць у відповідності до рисунку 7), до першого кластера, з високим рівнем техногенно-екологічної небезпеки (усереднена експертна оцінка знаходиться на рівні 6,0...8,2), відносяться холодильник та компресорні цеха, де можливо викид аміаку.

До другого кластера, із середнім рівнем техногенно-екологічної небезпеки (усереднена експертна оцінка знаходиться на рівні 4,7...6,0), відносяться інші виробничі об'єкти: підсобно-виробничий корпус, гараж, рибозавод, маринадний і технологічний цеха, склад паливо-мастильних матеріалів, цех сухого льоду, виробничий цех та газова котельня. Решта об'єктів відноситься до третього кластера.

Отримані розрахункові результати щодо кластеризації дозволяють зробити за цими даними фактичну оцінку ступеню загрози виникнення

небезпеки з урахуванням існуючого розташування об'єктів підприємства. На рисунку 8 додатково виконано у окремих низках об'єднання структурних підрозділів згідно отриманої кластеризації об'єктів підприємства. Зі схеми видно, що підрозділи першого кластера (6, 9 і 16), які мають найбільший рівень техногенно-екологічної небезпеки, а також – другого кластера (2, 4, 5, 7, 8, 11, 13 й 17) розташовані у центрі території підприємства. У випадку виникнення аварійної ситуації, наприклад пожежі по лінії 6–9–16, то небезпечно займається пожежа за напрямками підрозділів 13–7–8–4, 10–14–16 тощо. Звичайно, що підрозділи підвищеного ступеню техногенно-екологічної небезпеки повинні бути розміщені з урахуванням рози вітрів, тобто на краю території підприємства з підвітряної сторони. У цьому випадку, по крайній мірі, з урахуванням вітру підрозділи 1, 2, 5, 12 і 13 мають бути переміщені у крайню навітряну зону території.



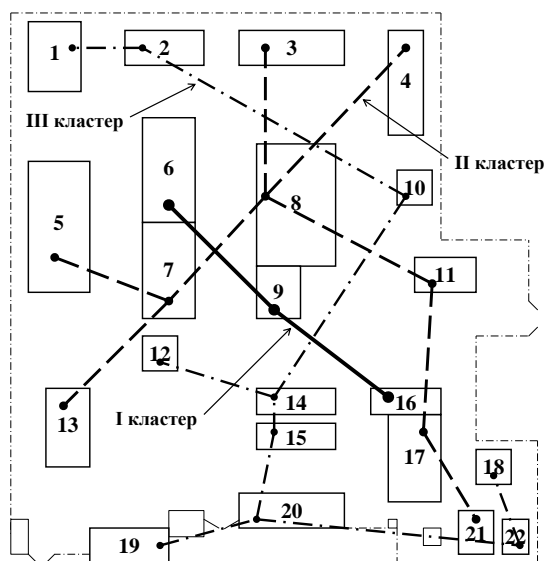


Рисунок 8 – Схема територіальної кластеризації основних структурних елементів АТ «Хладпром» за ступенем їх впливу на загальний рівень техногенно-екологічної небезпеки функціонування підприємства (нумерація об'єктів відповідає нумерації на рисунку 5)

З урахуванням отриманих результатів експертно-кластерного аналізу на перспективу реконструкції підприємство отримує достатньо надійну передислокацію по території, тому що теоретичне обґрунтування розміщення структурних елементів дозволить суттєво знизити ймовірність виникнення небезпечної ситуації.

Таким чином, апробований на прикладі АТ «Хладпром» підхід щодо експертно-кластерної оцінки ступеню впливу структурних підрозділів на загальний рівень техногенно-екологічної небезпеки функціонування підприємства дозволяє конкретизувати послідовність оцінки та подальшого ранжирування структурних складових ПНО за умовною ймовірністю виникнення на них та прилеглих до них локальних територій техногенно-екологічних надзвичайних ситуацій.

#### Висновки.

1. Обґрунтовано створення комплексної чотирирівневої (з урахуванням взаємозв'язків між об'єктовим, міським, регіональним і державним рівнями) системи моніторингу, попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій різного характеру, з підсистемами раннього виявлення джерел техногенно-екологічної небезпеки і попередження виникнення екологічної катастрофи на різних рівнях життєдіяльності, що є необхідним для гарантованого забезпечення відповідного рівня безпеки функціонування території України.

2. Показано, що основою системи раннього виявлення джерел техногенно-екологічної небезпеки

і попередження виникнення екологічної катастрофи на різних рівнях життєдіяльності є класичний контур управління, що забезпечує збір, обробку та аналіз інформації, моделювання розвитку аварійної обстановки на потенційно небезпечному об'єкті.

3. Запропонований ризико-орієнтований підхід до створення та застосування комплексної системи моніторингу, попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій різного характеру та забезпечення екологічної безпеки може бути здійсненим за результатами експертно-кластерної оцінки ступеню впливу елементів життєдіяльності на рівень техногенно-екологічної небезпеки функціонування природно-техногенно-соціальної системи. Отримання такої оцінки дозволяє ранжувати структурні складові ПНО за умовною ймовірністю виникнення на них та прилеглих до них локальних територій техногенно-екологічних надзвичайних ситуацій.

4. Реалізація запропонованої експертно-кластерної оцінки до визначення впливу структурних підрозділів АТ «Хладпром» на загальний рівень техногенно-екологічної небезпеки функціонування ПНО, дозволяє об'єднати об'єкти, які розташовані на території підприємства, в межах трьох кластерів. До I кластера віднесено холодильник та компресорні цеха, де можливо викид аміаку. До II кластера – підсобно-виробничий корпус, гараж, рибозавод, маринадний і технологічний цеха, склад паливо-мастильних матеріалів, цех сухого льоду, виробничий цех та газова котельня. До III кластера – решта об'єктів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України від 2 жовтня 2012 року № 5403-VI // Голос України. – 2012.– листопад (№ 220 (5470)). – С. 4–20.
2. Розробка науково-технічних основ для створення системи моніторингу, попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру та забезпечення екологічної безпеки [Текст] / В. Д. Калугін, В. В. Тютюнник, Л. Ф. Черногор, Р. І. Шевченко // Системи обробки інформації. – Х.: Харк. ун-т повітряних сил ім. Івана Кожедуба, 2013. – Вип. 9(116). – С. 204–216.

3. Науково-конструкторські основи створення комплексної системи моніторингу надзвичайних ситуацій в Україні [Текст]: моногр. / В. А. Андронов, М. М. Дівізінюк, В. Д. Калугін, В. В. Тютюнник. – Х.: НУЦЗ України, 2016. – 319 с.
4. Тютюнник, В. В. Системний підхід до оцінки небезпеки життєдіяльності при територіально-часовому розподілі енергії джерел надзвичайних ситуацій [Текст] / В. В. Тютюнник, Л. Ф. Чорногор, В. Д. Калугін // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗ України, 2011. – Вип. 14. – С. 171–194. – Режим доступу: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol14/Tyutyunik.pdf>.
5. Системний підхід до оцінки ризиків надзвичайних ситуацій в Україні [Текст] / В. Д. Калугін, В. В. Тютюнник, Л. Ф. Чорногор, Р. І. Шевченко // Восточно-Европейский журн. передовых технологий. – Х., 2012. – № 1/6(55). – С. 59–70.
6. Основи методології територіально-часового формування джерел надзвичайних ситуацій та екологічної небезпеки на локальній території [Текст] / В. В. Тютюнник, О. М. Соболь, В. Д. Калугін, Ю. В. Тютюнник // Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист. – К.: Ін-т геохімії навколишнього середовища НАН України, 2015. – Вип. 9. – С. 92–108.
7. Тютюнник, В. В. Створення комплексної системи моніторингу надзвичайних ситуацій в регіонах України: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 21.02.03 / Вадим Володимирович Тютюнник; ДП «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України». – К., 2015. – 42 с.
8. Оцінка обставини у надзвичайних ситуаціях [Текст] / В. Є. Гончарук, С. І. Качан, С. М. Орел, В. І. Пуцило. – Л.: Нац. ун-т «Львів. політехніка», 2004. – 183 с.
9. Беляев, Н. Н. Математическое моделирование в задачах экологической безопасности и мониторинга чрезвычайных ситуаций [Текст] / Н. Н. Беляев, Е. Ю. Гунько, П. Б. Машихина. – Дн.: Акцент ПП, 2013. – 158 с.
10. Биченок, М. М. Ризики життєдіяльності у природно-техногенному середовищі [Текст] / М. М. Биченок, С. П. Іванюта, Є. О. Яковлев. – К.: Ін-т проблем нац. безпеки РНБО України, 2008. – 160 с.
11. Козлачков, В. И. Разработка метода экспресс – оценки угрозы людям при пожаре [Текст] / В. И. Козлачков, А. О. Андреев. – М.: АГПС МЧС России, 2006. – 215 с.
12. Брушлинский, Н. Н. Снова о рисках и управлении безопасностью [Текст] / Н. Н. Брушлинский // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – М.: ВИНТИ РАН, 2002. – № 4. – С. 230–234.
13. Соколов, Ю. Н. Динамические процессы в экологических системах [Текст] / Ю. Н. Соколов. – О.: ТЕС, 2012. – 119 с.
14. Акимов, В. А. Определение относительной опасности территорий [Текст] / В. А. Акимов, Н. Н. Радиев // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – М.: ВИНТИ РАН, 2000. – № 6. – С. 129–140.
15. Рак, Ю. П. Оцінка стану життєдіяльності регіонів України: інтегральний підхід [Текст] / Ю. П. Рак, О. Б. Зачко // Пожежна безпека: зб. наук. праць. – Л.: Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, 2008. – № 13. – С. 86–90.
16. Акимов, В. А. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах [Текст] / В. А. Акимов, В. В. Лесных, Н. Н. Радаев. – М.: Деловой экспресс, 2004. – 352 с.
17. Прогнозирование чрезвычайных ситуаций и антикризисное управление [Текст] / Я. Д. Вишняков, К. А. Кирсанов, С. Г. Васин, Ю. А. Буковская // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – М.: ВИНТИ РАН, 2004. – № 2. – С. 38–47.
18. Комплексная оценка уровня риска опасного объекта [Текст] / В. Д. Кондратьев, А. В. Толстых, Б. К. Уандыков, А. В. Щепкин // Системы управления и информационных технологий. – Воронеж: Воронежский гос. техн. ун-т, 2004. – № 3(15). – С. 53–57.
19. Лепихин, А. М. Комплексные показатели безопасности территорий [Текст] / А. М. Лепихин // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – М.: ВИНТИ РАН, 2008. – № 5. – С. 93–98.
20. Пат. 60922 Україна, МПК(2011.01) G01V3/00. Спосіб оперативного визначення ризиків надзвичайних ситуацій / Якорнов Є. А., Ліпчевська І. Л., Лисенко О. І. и др.; Власники патенту: Якорнов Є. А., Ліпчевська І. Л., Лисенко О. І., Романченко І. С., Андрієвська О. А. – № u201101676; заявл. 14.02.2011; опубл. 25.06.2011, Бюл. № 12.
21. Науково-технічні основи комплексної системи моніторингу зон екологічного забруднення, яка включає автоматизовані пристрої контролю та безпілотні літальні апарати [Текст] / В. А. Андронов, Г. В. Іванець, В. Д. Калугін, В. В. Тютюнник // Техногенно-екологічна безпека. – Х.: НУЦЗ України, 2017. – Вип. 2. – С. 18–26.
22. Гражданкин, А. И. Использование вероятностных оценок при анализе безопасности опасных производственных объектов [Текст] / А. И. Гражданкин, М. В. Лисанов, А. С. Печеркин // Безопасность труда в промышленности. – М.: Ростехнадзор, 2002. – № 2. – С. 12–20.
23. Малинецкий, Г. Г. Математические основы синергетики: Хаос, структуры, вычислительный эксперимент [Текст] / Г. Г. Малинецкий. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. – 312 с.
24. Востоков, В. Ю. О моделировании развития чрезвычайной ситуации по «Принципу домино» [Электронный ресурс] / В. Ю. Востоков, Е. Ю. Маркидонова, А. И. Коровин // Технологии техногенной безопасности: интернет-журн. – М.: Академия ГПС МЧС РФ, 2012. – № 6(46). – Режим доступа: <http://academygps.ru/img/UNK/asit/ttb/2012-1/13-06-12.ttb.pdf>.

25. Омельчук, А. М. Интеграция систем безопасности и нелинейность матрицы угроз [Текст] / А. М. Омельчук // Системы безопасности. – М.: Гротек, 2001. – № 41. – С. 20–21.
26. Saperstein, A. M. Chaos versus predictability in formulating national strategic security policy [Text] / A. M. Saperstein, G. Mayer-Kress // American Journal of Physics. – 1988. – Vol. 57. – № 3. – P. 217–233.
27. Paczuski, M. Avalanche dynamics in evolution, growth, and depinning models [Text] / M. Paczuski, S. Maslov, P. Bak // Physical Review E. – 1996. – Vol. 53. – №1. – P. 414–443.
28. Бешелев, С. Д. Математико-статистичні методи експертних оцінок [Текст] / С. Д. Бешелев, Ф. Г. Гуревич. – М.: Статистика, 1974. – 264 с.
29. Бурков, В. Н. Получение и анализ экспертной информации [Текст] / В. Н. Бурков, Л. А. Панкова, М. В. Шнейдерман. – М.: ИПУ, 1980. – 50 с.
30. Ким Дж.-О. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ [Текст] / Дж.-О. Ким, Ч. У. Мюллер, У. Р. Клекка и др. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.
31. Халафян, А. А. Statistica 6. Статистический анализ данных [Текст] / А. А. Халафян. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2007. – 512 с.

*Стаття надійшла до редакції 02.12.2017 р.*

**V. Tiutiunyk, V. Strelec, V. Kalugin, Yu. Zakharchenko**

#### **METHODOLOGICAL APPROACH DEVELOPMENT FOR TECHNOGENIC AND ECOLOGICAL ASSESSMENT OF DANGER LEVEL OF FUNCTIONING OF LOCAL TERRITORIES OF UKRAINE**

The expert algorithm and cluster approach for carrying out audit and independent examination at all levels of functioning natural and technogenic and social system has been formulated and offered. It is based on expert assessment results extent influence of structural divisions of JSC «Hladprom» on the common tekhnogenic and ecological danger level of functioning potentially dangerous object. Realization risk – the focused approach for level assessment effectiveness functioning of complex four-level system monitoring prevention and elimination emergency situations various character and ensuring ecological safety territory of Ukraine has been carried out on the basis of representations about a local territory with dynamic dimensions that vary from the size of an elementary point of space to the size of an object, a city, a region, etc., and also taking into account the interrelations between these levels of life activity.

**Keywords:** technogenic and ecological danger, emergency situations, local territories, expert assessment, the cluster analysis, audit and examination danger, risk – the focused approach.

**В. В. Тютюник, В. М. Стрілець, В. Д. Калугін, Ю. В. Захарченко**

#### **РАЗВИТИЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА ДЛЯ ТЕХНОГЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ УКРАИНЫ**

На основе результатов экспертной оценки степени влияния структурных подразделений АО «Хладпром» на общий уровень техногенно-экологической опасности функционирования потенциально опасного объекта, сформулирован и предложен алгоритм экспертно-кластерного подхода для проведения аудита и независимой экспертизы на всех уровнях функционирования природно-техногенно-социальной системы. Реализация риск-ориентированного подхода для оценки уровня эффективности функционирования комплексной четырехуровневой системы мониторинга, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций различного характера и обеспечения экологической безопасности территории Украины проводится на основе представлений о локальной территории с динамическими размерами, изменяющимися от размера элементарной точки пространства до размеров объекта, города, региона и т.п., а также с учетом взаимосвязей между этими уровнями жизнедеятельности.

**Ключевые слова:** техногенно-экологическая опасность, чрезвычайные ситуации, локальная территория, экспертная оценка, кластерный анализ, аудит и экспертиза опасности, риск-ориентированный подход.