

Електронний журнал «Державне управління: удосконалення та розвиток» включено до переліку наукових фахових видань України з державного управління (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України № 1643 від 28.12.2019).

Спеціальність – 281.

Державне управління: удосконалення та розвиток. 2025. № 1.

DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2156.2025.1.6>

УДК 351.861

А. Л. Помаза-Пономаренко,

д. держ. упр., старший дослідник, начальник наукового відділу з дослідження проблем державної безпеки, Науково-дослідний центр

Національного університету цивільного захисту України

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5666-9350>

Д. В. Тарадуда,

к. техн. н., доцент, доцент кафедри ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій інституту післядипломної освіти,

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9167-0058>

УПРАВЛІНСЬКІ ПІДХОДИ ДО ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

A. Pomaza-Ponomarenko,

Doctor of Sciences in Public Administration, Senior Researcher, Head of the Scientific Department for State Security Problems,

Research Centre of the National University of Civil Protection of Ukraine

D. Taraduda,

PhD in Technical Science, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Emergency Situations Elimination, Institute of Postgraduate Education, Lviv State University of Life Safety

MANAGEMENT APPROACHES TO PREVENTING EMERGENCIES AT CRITICAL INFRASTRUCTURE AND HIGH-HAZARD FACILITIES

Акцентовано, що запобігання надзвичайним ситуаціям забезпечується завчасним й оперативним проведенням комплексу заходів, що спрямовані на максимально можливе зменшення ризику виникнення таких ситуацій, а також на збереження здоров'я людей, зниження розмірів збитків, завданих навколишньому середовищу та матеріальних втрат у разі їх виникнення. Установлено, що запобігання надзвичайним ситуаціям зазвичай передбачає, по-перше, попередження їхнього виникнення (зниження ризику виникнення), а по-друге, зменшення можливих масштабів НС (мінімізація можливих втрат і шкоди).

Визнано, що одну з найбільших небезпек виникнення НС варто пов'язувати з функціонуванням об'єктів критичної інфраструктури та підвищеної небезпеки. Це зумовлено кількістю небезпечних речовин, що забруднюють навколишнє середовище через діяльність таких об'єктів. Особливої складності ситуації додають НС, що виникають на них і становлять небезпеку для життя та здоров'я населення, оскільки на об'єктах критичної інфраструктури концентрація забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу, суттєво зростає. Обґрунтовано, що основним заходом щодо запобігання НС на об'єктах критичної інфраструктури є своєчасне виявлення загроз із метою прийняття оперативних управлінських рішень.

Аргументовано, що з метою вчасного запобігання надзвичайним ситуаціям на об'єктах критичної інфраструктури доцільно застосовувати нелінійні методи, що дозволяють оцінити ситуацію за даними контролю концентрації забруднень навколишнього середовища об'єктами критичної інфраструктури (зокрема, атмосферного повітря, ґрунтів, водойм та ін.). Розгляд наукової літератури дозволив визначити необхідність у використанні для цієї мети заходів визначення рекурентності станів для концентрацій забруднень в режимі реального часу спостереження. Цей метод дозволяє оперативно виявляти явні та латентні ознаки надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури і тим самим підвищувати ефективність

заходів щодо їх недопущення та захисту населення й навколишнього середовища.

It is emphasized that the prevention of emergencies is ensured by the early and prompt implementation of a set of measures aimed at the maximum possible reduction of the risk of such situations, as well as at preserving human health, reducing the amount of damage caused to the environment and material losses in the event of their occurrence. It is established that the prevention of emergencies usually involves, firstly, preventing their occurrence (reducing the risk of occurrence), and secondly, reducing the possible scale of emergencies (minimizing possible losses and damage).

It is recognized that one of the greatest dangers of emergencies should be associated with the functioning of critical infrastructure and high-risk facilities. This is due to the number of hazardous substances that pollute the environment through the activities of such facilities. The situation is particularly complicated by emergencies that arise on them and pose a danger to the life and health of the population, since the concentration of pollutants emitted into the atmosphere at critical infrastructure facilities increases significantly. It is substantiated that the main measure for preventing emergencies at critical infrastructure facilities is the timely detection of threats in order to make operational management decisions.

It is argued that in order to timely prevent emergencies at critical infrastructure facilities, it is advisable to use nonlinear methods that allow assessing the situation based on data from monitoring the concentration of environmental pollutants by critical infrastructure facilities (in particular, atmospheric air, soils, water bodies, etc.). A review of the scientific literature made it possible to determine the need to use measures for determining the recurrence of states for pollution concentrations in real-time observation for this purpose. This method allows for the prompt detection of obvious and latent signs of emergencies at critical infrastructure facilities and thereby increase the effectiveness of measures to prevent them and protect the population and the environment.

***Ключові слова:** управлінські підходи, державна політика, національна безпека, соціальна безпека, екологічна сфера, навколишнє середовище, критична інфраструктура, об'єкти підвищеної небезпеки, надзвичайні ситуації, оцінювання, попередження.*

***Keywords:** management approaches, state policy, national security, social security, ecological sphere, environment, critical infrastructure, high-risk facilities, emergencies, assessment, warning.*

Постановка проблеми. Згідно з Законом України «Про критичну інфраструктуру» її об'єкти забезпечують виконання суспільно важливих функцій і неналежна їх (об'єктів) робота зумовлює ймовірність завдання значної шкоди нормальним умовам життєдіяльності населення [2–4]. Дії держави-агресора спрямовані на дестабілізацію роботи об'єктів критичної інфраструктури, щоб зумовити вияв негативних соціальних явищ і процесів, а також знизити рівень національної безпеки загалом. Відтак, набувають актуальності наукові розвідки щодо визначення видів, форм і способів реагування на надзвичайні ситуації на об'єктах критичної інфраструктури. У цьому контексті маємо впевненість у необхідності проведення комплексної розвідки на предмет визначення особливостей забезпечення цивільної безпеки на цих об'єктах, що використовуються з метою виконання функцій із забезпечення життєво важливих національних інтересів (у т.ч. на об'єктах підвищеної небезпеки).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Організаційні, правові, інституційні, інформаційні, методичні та інші аспекти публічного управління у сфері цивільного захисту загалом і критичної інфраструктури зокрема є предметом дослідження вчених В. Андронova, К. Белікова, Л. Берга, О. Бойко, А. Воденичарова, С. Калояннідіса, Е.Дж. Кіршнера, Н. Клименко, О. Крюкова, О. Лещенко, П. Махортова, Р. Мелещенко, О. Подскальної, С. Потерійка, В. Терент'євевої, О. Твердохліба, В. Чжу, М. Хойтинк та ін. У той же час, відзначимо, що існує необхідність у системному аналізі підходів до попередження надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури та

підвищеної небезпеки.

Постановка завдання. Метою статті є дослідження управлінських підходів до попередження надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури та підвищеної небезпеки.

Виклад основного матеріалу. Аналіз наукових напрацювань щодо кількості надзвичайних ситуацій (далі – НС) на об'єктах критичної інфраструктури та підвищеної небезпеки, а також методів оцінки їхньої небезпеки в провідних країнах світу (у США, Японії, Китаї, Великій Британії, та інших країнах), дає підстави визначити, що основними причинами виникнення НС на зазначених об'єктах є технічні несправності, помилки персоналу та впливи зовнішніх чинників. На перший погляд, вирішити частину цих проблем може глибока модернізація застарілого обладнання. Проте не менш важливим є застосування при проектуванні об'єктів критичної інфраструктури (частина з яких є об'єктами підвищеної небезпеки) комплексу методів і методик оцінки й аналізу небезпек функціонування таких об'єктів [2–5].

В Азербайджані, Грузії, Україні та деяких інших країнах пострадянського простору також основними причинами виникнення НС на зазначених об'єктах є високий рівень амортизаційного зношення устаткування, людський фактор і «зовнішній деструктивний вплив». Це пояснюється насамперед тим, що об'єкти критичної інфраструктури та підвищеної небезпеки у вищезазначених країнах побудовані за типовими радянськими проектами 50-60 років минулого століття. І найважливіше, що вітчизняні об'єкти критичної інфраструктури та підвищеної небезпеки відчувають на собі потужний негативний вплив рф у вигляді повномасштабної збройної агресії. На цій підставі потрібно відзначити, що в Україні технічний стан об'єктів критичної інфраструктури та підвищеної небезпеки має бути безпечним [там само].

Розгляд методів визначення рівня безпечності / небезпеки об'єктів критичної інфраструктури та підвищеної небезпеки в цілому показав, що на сьогодні не існує ефективної комплексної процедури оцінювання їх небезпеки.

Однак вона необхідна для прийняття управлінських рішень із попередження НС на цих об'єктах, тому актуальним та доцільним є вирішення цього завдання шляхом підвищення ефективності роботи прогностичного апарату.

Одним із напрямів державної політики у сфері захисту населення та територій від НС на об'єктах критичної інфраструктури є підготовка, та реалізація заходів, спрямованих на запобігання НС (попередження та зменшення масштабів НС). Очевидно, що набагато важливіше запобігти біді, ніж потім боротися із її наслідками. Закордонний досвід і вітчизняна практика показують, що витрати на проекти щодо запобігання НС є значно нижчими від можливих збитків [2; 6; 8;10].

Запобігання НС забезпечується завчасним, а іноді й оперативним проведенням комплексу заходів (превентивних заходів), спрямованих на максимально можливе зменшення ризику виникнення НС, а також на збереження здоров'я людей, зниження розмірів збитків, завданих навколишньому середовищу, та матеріальних втрат у разі їх виникнення. Запобігання НС зазвичай передбачає, по-перше, попередження виникнення НС (зниження ризику виникнення), а по-друге, зменшення можливих масштабів НС (мінімізація можливих втрат і шкоди) [8; 9; 11].

У продовження думок учених [12; 13; 14; 15] відзначимо, що основним заходом щодо запобігання НС на об'єктах критичної інфраструктури є своєчасне виявлення загроз із метою прийняття оперативних управлінських рішень. Проте інтенсивний розвиток критичної інфраструктури (об'єктів енергетики, промисловості та транспорту) неминуче пов'язаний зі збільшенням кількості шкідливих та небезпечних речовин, що викидаються в навколишню атмосферу.

За даними багаторічного моніторингу, кількість шкідливих хімічних, що викидаються в атмосферу сполук та речовин подвоюється кожні 12-14 років. З огляду на це проблема запобігання НС на об'єктах критичної інфраструктури, пов'язаної з викидами шкідливих речовин, що забруднюють атмосферу, відноситься до однієї з актуальних глобальних проблем сучасності, особливо

для України (табл. 1). Адже рф нанесла шкоду всім складникам екологічної сфери України, і, на жаль, через руйнацію об'єктів критичної інфраструктури. Наразі складно знайти статистичну інформацію щодо обсягів забруднення рф екологічної сфери України через обстріли її критичної інфраструктури, але дані будуть приголомшливими, зважаючи на їх частоту та масштаби спричиненої шкоди.

Таблиця 1. Збитки довкіллю України внаслідок збройної агресії рф у період з 24.02.2022 р. по 19.04.2024 р.

№ з/п	Назва збитків довкіллю внаслідок збройної агресії рф	Показники збитків довкіллю внаслідок збройної агресії рф (тн., м ² , м ³ , кг)	Грошовий еквівалент збитків довкіллю внаслідок збройної агресії рф (грн.)
1	Горіння нафтопродуктів	3,06 млн. тн.	137,6 млрд. грн.
2	Лісові пожежі	67,0 тис. га	1,02 трлн. грн.
3	Інші загоряння	2,4 млн. м ²	6,0 млрд. грн.
4	Забруднення водних об'єктів	1,8 тис. тн.	48,7 млрд. грн.
5	Засмічення водних об'єктів	36,4 млн. кг	8,8 млрд. грн.
6	Самовільне використання водних ресурсів	20,6 млн. м ³	26,4 млрд. грн.
7	Засмічення земель	19,1 млн. м ²	1,06 трлн. грн.
8	Забруднення ґрунтів	788,1 тис. м ²	15,8 млрд. грн.
9	Усього	–	2 411 952 187 823 грн.

Джерело: складено на підставі [7].

Як відомо, більшість об'єктів критичної інфраструктури забруднюють безліччю різних небезпечних речовин навколишнє середовище (атмосферу, ґрунти тощо), а також прилеглі території. Інтенсивність забруднення навколишнього середовища (атмосфери, ґрунтів, водойм тощо) шкідливими речовинами залежить від їхньої концентрації, стану екологічної сфери за окремими складниками, числа джерел та інших факторів. В умовах же НС на об'єктах критичної інфраструктури концентрація забруднюючих речовин, що

викидаються в атмосферу, суттєво зростає.

Газоподібні забруднення об'єктів критичної інфраструктури містять десятки тисяч хімічних речовин, сполук та елементів, понад двісті з яких є високотоксичними й отруйними. Вони можуть призводити до миттєвої смерті або тяжких і небезпечних захворювань персоналу та населення загалом. Найбільші збитки атмосфері та навколишньому середовищу наносять такі речовини, як оксиди азоту та вуглецю, альдегіди, формальдегіди, бензопірен та інші ароматичні сполуки, які відносяться до отруйних речовин [1].

Процеси впливу забруднень на атмосферу через їх складність, не можуть бути описані та змодельовані з достатньою точністю. Однак їх можна досліджувати й описувати на основі спостережень на регулярній основі. Сучасний стан забруднення атмосфери представляє собою складну динамічну систему, що демонструє дисипативність структури, нелінійну динаміку, а також елементи самоорганізації та хаосу. У таких системах традиційні методи не можуть забезпечити системне виявлення наявних зв'язків між елементами, оскільки базуються на лінійності їхньої взаємодії [8]. Однак визначення складної динаміки станів забруднення атмосфери має першорядне значення для запобігання НС, управління та недопущення небезпечних її станів [9]. У цьому контексті методи нелінійної динаміки оцінювання стану складних систем за наявності нестационарності спостереження наданий час є активною сферою досліджень у багатьох дисциплінах [11]. Для дослідження динаміки стану різних систем знаходять застосування нелінійні методи кореляційної розмірності, ентропії та ін. Однак ці методи ґрунтуються на наявності досить довгих реалізацій даних, що спостерігаються. Тому їх безпосереднє застосування у разі коротких рядів даних спостереження може призводити до некоректних результатів [12].

Отже, на цій підставі науковці слушно зазначають, що для коректного вирішення проблеми щодо запобігання НС на об'єктах критичної інфраструктури потрібно здійснювати контроль стану забруднень атмосферного повітря. Для цього доцільно використовувати нелінійні підходи,

що не залежать від заданих статистичних розподілів рядів даних і можуть бути застосовані для коротких, а також динамічних вибірок даних, які зазвичай маскуються перехідними та змінними процесами. Сьогодні лише аналіз, заснований на рекурентній поведінці станів екосистем, відповідає зазначеним вище вимогам [13].

Рекурентну поведінку станів складних систем зазвичай прийнято відображати у вигляді відповідних рекурентних діаграм (RP) [14]. Методи RP представляють собою методи аналізу даних, що базуються на візуалізації траєкторій динамічних систем у відповідному фазовому просторі [12]. Методи RP дозволяють оцінити характер тих процесів, що протікають у складній динамічній системі, з урахуванням наявності та впливу рекурентності (замирань) станів, екстремальних подій, прихованої періодичності, циклічності, деструктивних впливів та інших факторів. Кількісний аналіз RP дозволяє зіставити деякі заходи, засновані на щільності рекурентності точок. Однак через відсутність задовільної теорії кількісних заходів RP та їх застосування, даний підхід потребує додаткових досліджень, пов'язаних з особливостями вирішення проблеми запобігання НС на об'єктах критичної інфраструктури з урахуванням аналізу стану забруднень навколишнього середовища (атмосферного повітря, ґрунтів, водойм та ін.) [9].

Таким чином, RP є одним із конструктивних нелінійних методів вивчення динаміки та виявлення її особливостей на основі тимчасових рядів фактичних спостережень [14]. У поєднанні з методами кількісного аналізу RP вдається виявляти структурні особливості динаміки станів складних систем, які можуть бути виявлені класичними методами.

Аналіз RP навколишнього середовища (атмосферних, ґрунтових та інших забруднень) може бути виконаний на основі заходів рекурентності. Проте відомі заходи RP динамічних систем залишаються досить складними і можуть виважено підходити для конструктивного вирішення розглянутої проблеми запобігання НС на об'єктах критичної інфраструктури. Тому важливою і невирішеною частиною проблеми запобігання НС на об'єктах критичної

інфраструктури на основі RP станів забруднень навколишнього середовища є розробка методу застосування заходів рекурентності станів для забруднень навколишнього середовища (атмосфери, ґрунтів тощо) в режимі реального часу спостереження даних.

У продовження відзначимо, що під станом забруднень навколишнього середовища у відповідному фазовому просторі доцільно розуміти безпосереднє або опосередковане спостереження [15], а також аналізовані змінні стани. Дані про забруднення зазвичай відсутні, тому доступною інформацією є фактичні спостереження (вимірювання) стану концентрації забруднень навколишнього середовища. У цьому контексті реєстрація інформації під час спостережень здійснюється у дискретні моменти часу. Тоді вона може бути представлена m -мірним вектором даних поточних концентрацій забруднень атмосфери.

На наше переконання, експериментальні дослідження можуть проводитись з метою перевірки працездатності запропонованого методу запобігання НС, що базується на застосуванні RP забруднень об'єктами критичної інфраструктури. Відомо, що вони зумовлюють значні викиди формальдегіду, що є токсичним газом, які негативно впливає на центральну нервову систему, генетичний матеріал, шкірний покрив, репродуктивні органи тощо. Тому для дослідження цього небезпечного забруднювача атмосферного повітря доцільно використовувати типову міську конфігурацію з розміщеними об'єктами критичної інфраструктури. Вказаний індекс забрудненість атмосфери характерний для більшості сучасних міст світу із середньою концентрацією різних типів характерних об'єктів критичної інфраструктури.

Вимірювання концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі може виконуватись за допомогою портативного газоаналізатора DRÄGER PAC 7000 (Німеччина). Даний газоаналізатор забезпечує необхідну надійність і точність результатів вимірювання концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі. Концентрація формальдегіду може вимірюватися відповідно до вимог ДСТУ 17.2.3.01-86 «Охорона природи. атмосфера. Правила контролю за якістю повітря населених пунктів». Вимірювання доцільно проводити протягом одного

місяця в одному й тому ж місці контролю. Координати місця вимірювання визначаються за допомогою системи GPS. Як базовий інтервал для експериментальної перевірки працездатності запропонованого методу запобігання НС на об'єктах критичної інфраструктури має обиратись обмежений інтервал часу. Вид RP дозволяє виявляти моменти екстремальних та рідкісних подій, пов'язаних із небезпечною забрудненістю атмосфери.

Отже, поява НС, пов'язана з різким переходом від рекурентності станів концентрації забруднення атмосфери до її втрати подальшим відновленням колишньої рекурентності станів. При цьому моменти часу появи високих значень міри РС для концентрації забруднень атмосферного повітря в районі об'єктів критичної інфраструктури можна розглядати як маркери виникнення на цих об'єктах НС певних порушень технологічних процесів, пов'язаних з небезпечними викидами в атмосферу. Наявність високих значень забруднень атмосфери в моменти, що передують їх максимальній концентрації, дозволяють запобігати можливому виникненню НС на об'єктах критичної інфраструктури шляхом прийняття виважених управлінських рішень.

Висновки. На підставі проведеного дослідження можна зробити такі висновки:

1. З метою вчасного запобігання надзвичайним ситуаціям на об'єктах критичної інфраструктури доцільно застосовувати нелінійні методи, що дозволяють за даними контролю концентрації забруднень навколишнього середовища об'єктами критичної інфраструктури (зокрема, атмосферного повітря, ґрунтів, водойм та ін.). Розгляд наукової літератури дозволив визначити необхідність у використанні для цієї мети заходів визначення рекурентності станів для концентрацій забруднень в режимі реального часу спостереження.

2. Виявлено, що цей метод дозволяє оперативно виявляти не лише явні, а й латентні ознаки надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури і тим самим підвищувати ефективність заходів щодо їх недопущення та захисту населення та навколишнього середовища.

3. Установлено, що методика експериментальних досліджень для перевірки працездатності рекомендованого методу на прикладі вимірювання фактичних концентрацій атмосферних забруднень у пункті контролю типової міської конфігурації для середнього рівня індексу забрудненості атмосфери. Методика експериментальних досліджень може базуватися на використанні портативних газоаналізаторів. Одним із небезпечних забруднювачів може розглядатись формальдегід, що характерний більшості об'єктів критичної інфраструктури.

4. На цій підставі викладеного рекомендовано закріпити на нормативному рівні використання даної методики оцінювання ризиків виникнення НС на об'єктах критичної інфраструктури та підвищеної безпеки.

Література

1. Перший незалежний екологічний портал. URL: <http://environments.land-ecology.com.ua/septik/1575-sostoyanie-atmosfery-ukraina-detalnyj-obzor.html>.
2. Помаза-Пономаренко А.Л., Тарадуда Д.В. Закордонний досвід забезпечення соціальної безпеки шляхом стійкого функціонування об'єктів критичної інфраструктури та підвищеної безпеки // Наука і техніка сьогодні. 2024. № 4 (32). С. 371-384.
3. Помаза-Пономаренко А.Л., Тарадуда Д.В. Забезпечення стійкості системи державного регулювання об'єктів підвищеної безпеки // Державне управління: удосконалення та розвиток. 2024. № 4. URL: <https://www.nauka.com.ua/index.php/dy/article/view/3461>. (дата звернення 14.01.2025).
4. Помаза-Пономаренко А.Л., Тарадуда Д.В. Механізми забезпечення цивільної безпеки України: аспекти попередження НС на об'єктах військово-промислового комплексу // Публічне адміністрування та національна безпека. 2024. № 3 (44). URL: <https://www.inter->

nauka.com/issues/administration2024/3/9732 (дата звернення 14.01.2025).

5. Помаза-Пономаренко А.Л., Тарадуда Д.В. Щодо забезпечення цивільної безпеки об'єктів військово-промислового комплексу України в умовах військових конфліктів // Матеріали IV Міжнародної наукової конференції «Воєнні конфлікти та техногенні катастрофи: історичні та психологічні наслідки» (18-19.04.2024 р., м. Тернопіль). С. 123–126.

6. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір від 28.03.2024 р. № 125143 // Спеціальна інформаційна система Українського національного офісу інтелектуальної власності та інновацій. URL: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/simple/> (дата звернення 14.01.2025).

7. Як вторгнення росії впливає на довкілля України та що ми можемо зробити для відновлення // Накіпіло освіта. 2024. URL: <https://osvita.nakupilo.ua/yak-viyna-vplyvaye-na-dovkillya-ukrayiny/#:~:text=%D0%97%D0%B0%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%BC%20%D1%83%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B4%D0%BE%D0%BA%20%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B9%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%BE%D1%97%20%D0%B7%D0%B1%D1%80%D0%BE%D0%B9%D0%BD%D0%BE%D1%97%20%D0%B0%D0%B3%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%96%D1%97,%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%82%D1%8C%20%D0%BF%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%B4%2032%20%D0%BC%D1%96%D0%BB%D1%8C%D0%B9%D0%BE%D0%BD%D0%B8%20%D0%B3%D1%80%D0%B8%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D1%8C/>. (дата звернення 14.01.2025).

8. Pascual M., Ellner S. P. Linking ecological patterns to environmental forcing via nonlinear time series models // Ecology. 2000. Vol. 81(10). P. 2767–2780.

9. Parrott L. Analysis of simulated long-term ecosystem dynamics using visual recurrence analysis // Ecological Complexity. 2004. Vol. 1(2). P. 111–125.

10. Pomaza-Ponomarenko A., Taraduda D., Leonenko N., Poroka S., Sukhachov M. Ensuring the safety of citizens in times of war: aspects of the

organization of civil defense // AD ALTA: Journal of Interdisciplinary Research. 2024. Vol. 14. Issue 1. Pp. 216–220.

11. Proulx R. Ecological complexity for unifying ecological theory across scales: a field ecologist's perspective // Ecological complexity. 2007. Vol. 4. P. 85–92.

12. Kantz H., Schreiber T. Nonlinear time series analysis // Cambridge University Press. 2003. 365p.

13. Marwan, N., Schinkel, S., Kurths, J., Recurrence Plots 25 Years Later – Gaining Confidence In Dynamical Transitions // Europhysics Letters. 2013. Vol. 101. Pp. 1–6. URL: https://www.researchgate.net/publication/235982646_Recurrence_plots_25_years_later_-_Gaining_confidence_in_dynamical_transitions.

14. Webber Jr. C. L., Zbilut J. P. Tutorials in contemporary nonlinear methods for the behavioral sciences. 2005. 26 p.

15. Packard N. H., Crutchfield J. P., Farmer J. D., Shaw R. S. Geometry from a time series // Physical Review Letters. 1980. Vol. 45. P. 712–716.

References

1. The first independent ecological portal (2016), “Analytical data for 2009-2016”, available at: <http://environments.land-ecology.com.ua/septik/1575-sostoyanie-atmosfery-ukraina-detalnyj-obzor.html> (Accessed 14 Jan 2025).

2. Pomaza-Ponomarenko, A.L. and Taraduda, D.V. (2024), “Foreign experience of ensuring social security through the sustainable functioning of critical infrastructure objects and increased danger”, *Nauka i tekhnika s'ohodni*, vol. 4, pp. 371–384.

3. Pomaza-Ponomarenko, A.L. and Taraduda, D.V. (2024), “Ensuring the stability of the system of state regulation of increased danger facilities and critical infrastructure facilities”, *Derzhavne upravlinnya: udoskonalennya ta rozvytok*, vol. 4. available at: <https://www.nayka.com.ua/index.php/dy/article/view/3461> (Accessed 15 May 2024).

4. Pomaza-Ponomarenko, A.L. and Taraduda, D.V. (2024), “Mechanisms for ensuring civil security of Ukraine: aspects of emergency prevention at the facilities of the military-industrial complex”, *Publichne administruvannya ta natsional'na bezpeka*, vol. 3 (44). available at: <https://www.inter-nauka.com/issues/administration2024/3/9732> (Accessed 15 May 2024).

5. Pomaza-Ponomarenko, A.L. and Taraduda, D.V. (2024), “Regarding the provision of civilian security of the objects of the military-industrial complex of Ukraine in the conditions of military conflicts”, *Materialy IV Mizhnarodnoi naukovoï konferentsii «Voïenni konflikty ta tekhnohenni katastrofy: istorychni ta psykholohichni naslidky»* [Materials of the IV International Scientific Conference "Military Conflicts and Man-Made Disasters: Historical and Psychological Consequences"], National University, Ternopil, Ukraine, pp. 123–126.

6. Special information system of the Ukrainian National Office of Intellectual Property and Innovation (2024), “Certificate of copyright registration for the work dated March 28, 2024, No. 125143”, available at: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/simple/> (Accessed 14 Jan 2025).

7. Nakipilo osvita (2024), “How does the invasion of Russia affect the environment of Ukraine and what can we do to restore it”, available at: <https://osvita.nakypilo.ua/yak-viyna-vplyvaye-na-dovkillya-ukrayiny/#:~:text=%D0%97%D0%B0%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%BC%20%D1%83%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B4%D0%BE%D0%BA%20%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B9%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%BE%D1%97%20%D0%B7%D0%B1%D1%80%D0%BE%D0%B9%D0%BD%D0%BE%D1%97%20%D0%B0%D0%B3%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%96%D1%97,%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%82%D1%8C%20%D0%BF%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%B4%2032%20%D0%BC%D1%96%D0%BB%D1%8C%D0%B9%D0%BE%D0%BD%D0%B8%20%D0%B3%D1%80%D0%B8%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D1%8C/> (Accessed 14 Jan 2025).

8. Pascual, M. and Ellner, S.P. (2000), “Linking ecological patterns to

environmental forcing via nonlinear time series models”, *Ecology*, vol. 81(10), pp. 2767–2780.

9. Parrott, L. (2004), “Analysis of simulated long-term ecosystem dynamics using visual recurrence analysis”, *Ecological Complexity*, vol. 1(2), pp. 111–125.

10. Pomaza-Ponomarenko, A., Taraduda, D., Leonenko, N., Poroka, S. and Sukhachov, M. (2024), “Ensuring the safety of citizens in times of war: aspects of the organization of civil defense”, *AD ALTA: Journal of Interdisciplinary Research*, vol. 14, issue 1, pp. 216–220.

11. Proulx, R. (2007), “Ecological complexity for unifying ecological theory across scales: a field ecologist’s perspective”, *Ecological Complexity*, vol. 4, pp. 85–92.

12. Kantz, H. and Schreiber, T. (2003), *Nonlinear time series analysis*, Cambridge University Press, Cambridge, Great Britain.

13. Marwan, N., Schinkel, S. and Kurths, J. (2013), “Recurrence Plots 25 Years Later – Gaining Confidence In Dynamical Transitions”, *Europhysics Letters*, vol. 101, pp. 1–6, available at: https://www.researchgate.net/publication/235982646_Recurrence_plots_25_years_later_-_Gaining_confidence_in_dynamical_transitions (Accessed 14 Jan 2025).

14. Webber, Jr.C.L. and Zbilut, J.P. (1994), “Dynamical assessment of physiological systems and states using recurrence plot strategies”, *Journal of Applied Physiology*, vol. 76, pp. 965-973.

15. Packard, N.H., Crutchfield, J.P., Farmer, J.D. and Shaw, R.S. (1980), “Geometry from a time series”, *Physical Review Letters*, vol. 45, pp. 712–716.

Стаття надійшла до редакції 15.01.2025 р.