

ІНЖЕНЕРНІ НАУКИ

УДК 502.5+502.06

<https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2020.2.1>

О.І. ІВАНЕНКО

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

ORCID: 0000-0001-6838-5400

**ПІДХІД ДО НАЦІОНАЛЬНОЇ ОЦІНКИ РИЗИКІВ ДЛЯ
КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ**

Критична інфраструктура, включаючи системи та фізичні чи віртуальні ресурси, забезпечує функції та послуги, відмова від яких може призвести до значних негативних наслідків для суспільства, соціально-економічного розвитку країни та забезпечення національної безпеки. Серед них найважливішими є, зокрема, об'єкти електроенергетики; важливі об'єкти нафтогазової галузі; одиниці державного управління та місцеві адміністрації; об'єкти можливих терактів; об'єкти, що підлягають охороні та захисту у надзвичайних ситуаціях та в особливі періоди; об'єкти, що підлягають обов'язковому захисту Державною службою охорони за договорами.

У багатьох країнах світу, особливо в країнах ЄС та НАТО, захист критичної інфраструктури визнається пріоритетом у політиці національної безпеки. Як результат, ці країни активно розробляють національні системи захисту (безпеки) та стійкості критичної інфраструктури, прийняття законодавчих документів для регламентування оцінку ризику, підготовку відповідного персоналу, встановлення партнерських відносин з приватним сектором, освітню діяльність. У США Департамент внутрішньої безпеки головним чином проводить оцінку для кожного з трьох елементів ризику – загрози, вразливість та наслідки для критичних інфраструктур із трьох секторів – Критичне Виробництво; Ядерні Реактори, Матеріали та Відходи; Транспортні системи.

В даній роботі досліджено характер змін надзвичайних ситуацій природного й техногенного характеру в умовах України в контексті впливу на об'єкти критичної інфраструктури. Проведено оцінку ризику економічних збитків унаслідок надзвичайних ситуацій в Україні з урахуванням адаптованого підходу, що застосовується у Європейському Союзі. Визначено найбільш актуальні типи загроз природного і техногенного походження для безпеки критичної інфраструктури в умовах України.

Інноваційний технологічним продуктом даної роботи є методологія оцінки загроз та ризиків для критичної інфраструктури, яка може значною мірою сприяти розробці заходів до запобіганню та мінімізації негативних наслідків надзвичайних ситуацій, можливих в Україні на критичних об'єктах інфраструктури.

Ключові слова: ризик, економічні збитки, надзвичайні ситуації, критична інфраструктура, наслідки, загрози.

Е.И. ИВАНЕНКО

Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт им.Игоря Сикорского»

ORCID: 0000-0001-6838-5400

**ПОДХОД К НАЦИОНАЛЬНОЙ ОЦЕНКЕ РИСКОВ ДЛЯ
КРИТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ**

Критическая инфраструктура, включая системы и физические или виртуальные ресурсы, обеспечивает функции и услуги, отказ от которых может привести к значительным негативным последствиям для общества, социально-экономического развития страны и обеспечения национальной безопасности. Среди них важнейшими являются объекты электроэнергетики; важные объекты нефтегазовой отрасли; единицы государственного управления и местные администрации; объекты возможных терактов; объекты, подлежащие охране и защите в чрезвычайных ситуациях и в особые периоды; объекты, подлежащие обязательной защите Государственной службой охраны по договорам.

Во многих странах мира, особенно в ЕС и НАТО, защита критической инфраструктуры признается приоритетом в политике национальной безопасности. Как результат, эти страны активно разрабатывают национальные системы защиты (безопасности) и устойчивости критической инфраструктуры, принятие законодательных документов для регламентирования оценки риска, подготовку соответствующего персонала, установление партнерских отношений с частным сектором, образовательную деятельность.

В данной работе исследован характер изменений чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в условиях Украины в контексте влияния на объекты критической инфраструктуры. Проведена оценка риска экономического ущерба вследствие чрезвычайных ситуаций в Украине с учетом адаптированного подхода, применяемого в Европейском Союзе. Определены наиболее актуальные типы угроз природного и техногенного происхождения для безопасности критической инфраструктуры в условиях Украины.

Инновационным технологическим продуктом данной работы является методология оценки угроз и рисков для критической инфраструктуры, которая может в значительной мере способствовать разработке мер по предотвращению и минимизации негативных последствий чрезвычайных ситуаций, возможных в Украине на критических объектах инфраструктуры.

Ключевые слова: риск, экономический ущерб, чрезвычайные ситуации, критическая инфраструктура, последствия, угрозы.

O.I. IVANENKO

National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

ORCID: 0000-0001-6838-5400

APPROACH TO NATIONAL RISK ASSESSMENT FOR CRITICAL INFRASTRUCTURE

Critical infrastructure facility including systems and physical or virtual resources that provide functions and services, failure of which can lead to significant negative consequences for society, social and economic development of the country and ensuring national security. Among them the most important are objects of electric-power industry, especially important objects of the oil and gas industry; units of the state government and local administration; objects of possible terrorist attacks; facilities subject to protection and defense in emergencies and during special periods; facilities subject to mandatory protection by the State Protection Service under contracts.

In many countries around the world, especially EU and NATO member states critical infrastructure protection is recognized as a priority in national security policy. As a result, these countries are actively developing national systems for protection (security) and resilience of critical infrastructure, adopting legislative documents to regulate the risk assessment, training relevant staff, establishing partnerships with the private sector, educational activities. In the US the Department of Homeland Security primarily conducts assessments for each of the three elements of risk – threat, vulnerability, and consequence for critical infrastructures from the three sectors – Critical Manufacturing; Nuclear Reactors, Materials, and Waste; and Transportation Systems.

The paper studies the character of changes of natural and man-made emergencies in the conditions of Ukraine in the context of impact on critical infrastructure is investigated. The risk of economic losses due to emergencies in Ukraine has been evaluated, taking into account the adapted approach applied in the European Union. The paper also identifies the most relevant types of threats of natural and man-made origin for the security of critical infrastructure in Ukraine.

Innovative technology product of this paper is methodology for assessing threats and risks to critical infrastructure, which can greatly contribute to the development of measures to prevent and minimize the negative consequences of emergencies possible in Ukraine at critical infrastructure objects.

Keywords: risk, economic losses, emergency situations, critical infrastructure, consequences, threats, priorities.

Постановка проблеми

Функціонування численних гірничодобувних, хімічних, енергетичних підприємств, значна кількість промислово-міських агломерацій і висока щільність населення в них зумовлюють зростання ризиків виникнення надзвичайних ситуацій (НС) з масштабними негативними наслідками через загрозу пошкодження та руйнування об'єктів критичної інфраструктури (КІ). Серед таких об'єктів особливою загрозою становлять просторово розподілені залізничні колії, нафто- й газопроводи, мости, потенційно небезпечні виробництва, магістральні електромережі, безпечна експлуатація яких має першочергове значення для соціально-економічного розвитку України.

Критична інфраструктура України – це системи та ресурси, фізичні чи віртуальні, що забезпечують функції та послуги, порушення яких може призвести до значних негативних наслідків для життєдіяльності суспільства, соціально-економічного розвитку країни та забезпечення національної безпеки [1]. Вітчизняне законодавство визначає такі категорії об'єктів з особливими умовами забезпечення їхнього захисту й функціонування, що згідно зі світовою практикою можуть належати до критичної інфраструктури [1]: підприємства, які мають стратегічне значення для економіки та безпеки

держави; особливо важливі об'єкти електроенергетики; особливо важливі об'єкти нафтогазової галузі; важливі державні об'єкти, зокрема пункти управління органів державної влади та органів місцевого самоврядування; об'єкти можливих терористичних посягань; об'єкти, які підлягають охороні та обороні в умовах надзвичайних ситуацій і в особливий період; об'єкти, що підлягають обов'язковій охороні підрозділами Державної служби охорони за договорами; органи державної влади, що підлягають безоплатній охороні Національною гвардією України; об'єкти підвищеної небезпеки; об'єкти, включені до Державного реєстру потенційно небезпечних об'єктів; радіаційно небезпечні об'єкти, для яких розробляється об'єктова проектна загроза; об'єкти, віднесені до категорій із цивільного захисту; об'єкти, що належать суб'єктам господарювання, проектування яких здійснюється з урахуванням вимог інженерно-технічних заходів цивільного захисту; чергово-диспетчерська система екстреної допомоги населенню за єдиним безкоштовним телефонним номером виклику екстрених служб 112; аварійно-рятувальні служби; Національна система конфіденційного зв'язку; Державна система урядового зв'язку України; платіжні системи; нерухомі об'єкти культурної спадщини.

Відповідно до Кодексу цивільного захисту України, надзвичайною ситуацією є обстановка на окремій території чи суб'єкті господарювання на ній або водному об'єкті, що характеризується порушенням нормальних умов життєдіяльності населення, спричинена катастрофою, аварією, пожежею, стихійним лихом, епідемією, епізоотією, епіфітотією, застосуванням засобів ураження або іншою небезпечною подією, що призвела (може призвести) до виникнення загрози життю або здоров'ю населення, великої кількості загиблих і постраждалих, завдання значних матеріальних збитків, а також до неможливості проживання населення на такій території чи об'єкті, провадження на ній господарської діяльності [2].

Загроза розглядається як небезпечне явище, речовина, діяльність людини або стан, що може призвести до соціальних та економічних збитків, втрати життя, травмування або інших наслідків для здоров'я населення, втрати майна, засобів до існування та послуг, завдання шкоди довкіллю [3].

В даній роботі ризик розглядається як поєднання негативних наслідків події або загрози та пов'язаної з ними ймовірності її виникнення [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідження основних тенденцій і характеру змін надзвичайних ситуацій природного і техногенного походження у світі переконує в тому, що нині відбувається зростання ризику їх виникнення [5]. Актуальні програми і звіти ООН та Світового банку щодо наслідків стихійних лих і техногенних катастроф останніх років демонструють суттєве зростання економічних збитків від них [5; 6]. Проаналізовано основні підходи щодо оцінки ризику виникнення надзвичайних ситуацій різного походження, що застосовуються в Україні [7; 8] і світі [9; 10].

В роботі [11] вже проводилась оцінка ризику загибелі внаслідок НС в контексті захисту критичної інфраструктури. Однак важливий аспект, що стосується ризику економічних втрат, не був врахований в публікації. В сучасних умовах це принципово важливо з огляду на обмеженість ресурсів захисту критичної інфраструктури та наростання загроз природного походження, викликаних змінами клімату.

Проведений аналіз засвідчив наростання загрози зниження рівня безпеки численних об'єктів критичної інфраструктури в Україні внаслідок понаднормової експлуатації споруд, конструкцій, обладнання та інженерних мереж, що працюють на межі вичерпання свого ресурсу і формують серйозні ризики виникнення надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру для безпеки функціонування об'єктів критичної інфраструктури [12, 13].

Крім того, в умовах військового конфлікту на Донбасі через руйнування багатьох промислових і житлових споруд внаслідок військових дій відбувається зростання ризиків виникнення НС техногенного походження. Спричинені військовими діями руйнування та пошкодження багатьох об'єктів критичної інфраструктури, до яких можна віднести водоочисні споруди, хімічні заводи і сільськогосподарські підприємства, становлять серйозну загрозу для населення та довкілля.

Дослідження у сфері запобігання і протидії загрозам різного генезису свідчать про те, що державна система захисту населення від НС природного та техногенного характеру потребує запровадження ризик-орієнтованого підходу для ефективного попередження та зниження ризику катастроф різного походження для об'єктів критичної інфраструктури [14; 15].

Треба також урахувати, що негативний характер змін екологічних і техногенних загроз, який відбувається через забруднення атмосферного повітря, басейнів річок і підземних вод, руйнування ландшафтів та об'єктів природно-заповідного фонду, значно знижує рівень безпеки життєдіяльності населення в зоні воєнного конфлікту на сході України, а також на інших територіях Донецької та Луганської областей, екологічно з нею пов'язаних. Велику загрозу виникнення надзвичайних ситуацій природно-техногенного походження становить наявність на території Луганської та Донецької областей великої кількості затоплених і напівзатоплених шахт, які мають постійний гідравлічний зв'язок з діючими шахтами. Незадовільний екологічний стан вугледобувних районів, особливо Донбасу,

ускладнюється також високим рівнем концентрації підприємств металургійної та хімічної промисловості, що збільшує техногенне навантаження на навколишнє середовище і формує реальні загрози для здоров'я населення.

Окрім Донецької та Луганської області до індустріально розвинених областей України із переважанням важкої промисловості з найвищою концентрацією добувних та обробних підприємств галузі належать Запорізька та Дніпропетровська області. Зокрема, можна відзначити, що Запорізька область, особливо місто Запоріжжя, належать до територій значного техногенного впливу. Підвищене техногенне навантаження на повітря, ґрунт та водоймища формується не тільки значною кількістю промислових підприємств, але і завдяки неефективній роботі газоочисних споруд, очисних споруд побутової та промислової каналізації. Одним із найбільш значних та токсичних забруднювачів атмосферного повітря міста є монооксид вуглецю, отруєння яким на виробництві та в побуті поступається хіба що отруєнню алкоголем [16].

До переліку екологічно небезпечних об'єктів Запоріжжя входить ПрАТ «Український графіт» - відомий виробник графітованих електродів для електросталеплавильних та інших видів електричних печей, товарних вуглецевих мас для електродів [17-19]. Дане підприємство разом з іншими промисловими підприємствами-забруднювачами Запоріжжя, викиди яких становлять 60-70 % від загального валового обсягу викидів забруднюючих речовин, робить основний внесок у забруднення атмосферного повітря міста. Поряд з викидами суспендованих твердих частинок, оксидів азоту та сірки, частка викидів токсичного монооксиду вуглецю складає 42 % від загального обсягу викидів об'єкта [20]. Враховуючи важливість і масштаби виробництва, такий об'єкт як ПрАТ «Український графіт» можна віднести до критичної інфраструктури.

Формулювання мети дослідження

Метою роботи є аналіз характеру змін надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру в умовах України, адаптація міжнародного досвіду щодо національної оцінки ризику для критичної інфраструктури, можливості його імплементації та практичне застосування в умовах України, оцінка ризику економічних збитків внаслідок надзвичайних ситуацій різного походження в Україні, акцентуючи увагу на Запорізьку область.

Упродовж 2000 – 2010 рр. в Україні сталося 4459 надзвичайних ситуацій різного походження, серед яких 1939 – природного характеру, 2299 – техногенного, 221 – соціального характеру (табл. 1). Економічні збитки від цих НС склали 11689089 тис. грн.

Таблиця 1

Характеристика надзвичайних ситуацій в Україні упродовж 2000–2010 рр. [21]

Тип НС	Кількість НС	Економічні збитки, тис. грн
1	2	3
НС техногенного характеру		
НС унаслідок аварій чи катастроф на транспорті (за винятком пожеж і вибухів)	541	62703
НС унаслідок пожеж, вибухів	928	1015453
НС унаслідок аварій з викиданням (загрозою викидання) небезпечних хімічних речовин (НХР), корисних копалин на інших об'єктах (окрім аварій на транспорті)	26	85
НС унаслідок наявності у навколишньому середовищі шкідливих (забруднюючих) і радіоактивних речовин понад ГДК	124	76038
НС унаслідок аварій з викиданням (загрозою викидання) радіоактивних речовин (крім аварій на транспорті)	3	0
НС унаслідок раптового руйнування будівель і споруд	120	101764
НС унаслідок аварій в електроенергетичних системах	277	41714
НС унаслідок аварій у системах життєзабезпечення	249	216210
НС унаслідок аварій систем телекомунікацій	21	2474
НС унаслідок аварій на очисних спорудах	8	20477
НС унаслідок аварій у системах нафтогазового промислового комплексу	2	125

Продовження таблиці 1

1	2	3
НС природного характеру		
Геофізичні НС	2	1028
Геологічні НС	117	467714
Метеорологічні НС	780	4681500
Гідрологічні морські НС	8	14478
Гідрологічні НС поверхневих вод	60	4845643
НС, пов'язані з пожежами в природних екологічних системах	157	106454
Медико-біологічні НС	815	34366
Геофізичні НС	2	1028
НС соціального характеру		
Збройні напади, захоплення й утримування об'єктів державного значення (найбільш важливих та важливих державних об'єктів) або реальна загроза здійснення таких акцій	1	0
Посягання на життя державного чи громадського діяча	4	25
Встановлення вибухового пристрою у багатолюдному місці, установі (організації, підприємстві), житловому секторі, транспорті	42	36
НС, пов'язані з зникненням чи викраденням зброї та небезпечних речовин з об'єктів їх зберігання, використання, перероблення або під час транспортування	18	0
НС, пов'язані з нещасними випадками з людьми	156	802
Загалом	4459	11689089

Що стосується 2017 р., то в I кварталі даного року в Україні зареєстровано 48 надзвичайних ситуацій, серед яких 1 – техногенного характеру та 33 – природного та 1 – соціального характеру [22]. Під час цих НС загинуло 47 осіб, 261 особа постраждала. Порівняно з аналогічним періодом 2016 р. загальна кількість НС у 2017 р. збільшилася на 71,4 %, при цьому кількість НС техногенного характеру не змінилася, а кількість НС природного характеру зросла більш як удвічі, що пояснюється зростанням частки медико-біологічних надзвичайних ситуацій. Щодо характеристик НС впродовж 2018-2019 років, то використання такої інформації не для загального доступу.

Окремо варто акцентувати на випадках зростання ризиків виникнення НС техногенного походження в зоні АТО через руйнування багатьох промислових і житлових споруд унаслідок воєнних дій. Спричинені збройним конфліктом на сході України пошкодження об'єктів критичної інфраструктури, у т. ч. водоочисних споруд, хімічних заводів і сільськогосподарських підприємств, становлять серйозну загрозу для населення і довкілля не лише Донецької і Луганської областей, а й усієї України. Тому захист об'єктів інфраструктури на території воєнного конфлікту є вкрай важливим. ОБСЄ неодноразово закликала конфліктуючі сторони на Донбасі докласти всі зусилля для захисту життєво важливих об'єктів цивільної інфраструктури регіону, оскільки пошкодження будь-якого з них може призвести до екологічної катастрофи, що значно погіршить становище населення з обох сторін лінії зіткнення [23].

Ураховуючи транскордонний масштаб впливу НС різного походження, міжнародне співробітництво у сфері зниження ризиків виникнення катастроф має вкрай актуальне значення для України. Важливість і необхідність координації зусиль зі зниження ризику виникнення НС на міжнародному, регіональному та місцевому рівнях останніми роками акцентувалася в низці рамкових багатосторонніх програм і декларацій. Серед них важливе значення має «Іокогамська стратегія безпечнішого світу: Керівні принципи запобігання стихійним лихам, забезпечення готовності та пом'якшення їх наслідків», що була прийнята 1994 р. і нині є базовим документом ООН у сфері зниження ризику лих і пом'якшення їх негативних наслідків [24].

На третій Всесвітній конференції ООН щодо зниження ризику природних катастроф, що проходила 14–18 березня 2015 р. в м. Сендаї (префектура Міягі, Японія), було прийнято Сендайську рамкову програму зі зниження ризику катастроф (СРП) на 2015–2030 рр. [25].

Зниження ризику катастроф є визнаним у світі комплексним підходом, що передбачає відпрацювання відповідних цілеспрямованих заходів політичного, технічного, соціального й економічного характеру. Такі заходи можуть виявлятися в найрізноманітніших формах, як-от: стратегічні вказівки, законодавство, плани забезпечення готовності, проекти в сільськогосподарському секторі, програми страхування тощо. Цей підхід дозволяє враховувати потреби всього суспільства у безпечному середовищі існування через ухвалення обґрунтованих управлінських рішень у сфері зниження ризику

катастроф і мінімізації їх негативних наслідків для населення, об'єктів критичної інфраструктури та довкілля.

Загалом цей підхід передбачає виконання на рівні держави відповідних завдань, найбільш важливим із яких є включення заходів щодо зниження ризику катастроф у плани і програми соціально-економічного розвитку [25]. Кінцевою метою при цьому є запобігання виникненню нових і зниження відомих ризиків катастроф шляхом здійснення комплексних та інклюзивних економічних, структурних, юридичних, соціальних, медико-санітарних, культурних, освітніх, екологічних, технологічних, політичних та інституційних заходів, що запобігають і знижують схильність до впливу небезпечних чинників і вразливість до катастроф, підвищують готовність до реагування та відновлення і тим самим зміцнюють потенціал протидії держави.

Зниження ризику катастроф має здійснюватися на місцевому, регіональному і загальнодержавному рівнях з урахуванням таких пріоритетів [25]: розуміння ризику катастроф; удосконалення організаційно-правових рамок управління ризиком катастроф; інвестиції в заходи зі зниження ризику катастроф з метою зміцнення потенціалу протидії; підвищення готовності до катастроф для забезпечення ефективного реагування та впровадження принципу «Зробити краще, ніж було» в діяльність із відновлення, реабілітації та реконструкції.

Важливим завданням при цьому є імплементація діяльності щодо зниження ризику катастроф як невід'ємної частини стратегій і програм у сфері цивільного захисту та збільшення стійкості держави до впливу вражаючих чинників. Особлива увага має бути приділена забезпеченню стійкості функціонування медичних установ та інфраструктури водопостачання для надання доступу до послуг невідкладної допомоги та водопостачання в умовах можливих надзвичайних ситуацій.

Позитивний досвід багатьох країн свідчить про те, що створення дієвого механізму зниження ризику катастроф в Україні матиме низку переваг, серед яких: поліпшення координації зусиль із сусідніми державами, залучення ресурсів приватних компаній та міжнародних організацій, обмін досвідом із фахівцями у сфері зниження ризику катастроф з різних країн світу, а також підвищення позитивного іміджу нашої держави через запровадження визнаних у світі ризик-орієнтованих підходів для підвищення стійкості держави до впливу надзвичайних ситуацій різного походження.

Викладення основного матеріалу дослідження

В даній роботі проводиться оцінка ризику, що в загальному випадку включає декілька етапів: ідентифікація ризиків як процес їх розпізнавання та опису; аналіз ризику, що передбачає осмислення природи ризику та визначення його рівня; оцінювання ризику, що передбачає порівняння результатів аналізу ризиків з критеріями для визначення, чи є ризик прийнятним або допустимим.

Якщо вирішується завдання запобігання та готовності до загрози певного типу, ризик може бути кількісно визначений як функція ймовірності виникнення загрози, експозиції (загальна вартість усіх елементів, що перебувають під впливом ризику) та уразливості (конкретний вплив на експозицію) [26].

При цьому в країнах ЄС з метою проведення національної оцінки ризику (National Risk Assessment) для критичної інфраструктури рекомендується використовувати матрицю ризику розмірністю 5 x 5 як засіб для візуалізації результатів оцінки (рис. 1).

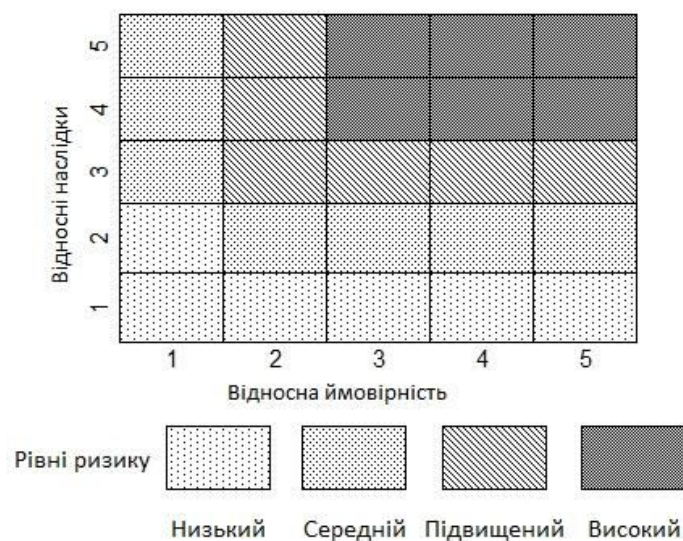


Рис. 1. Зразок матриці ризику [26]

Оцінка ризиків повинна проводитися на основі трьох різних категорій впливу і враховувати негативні наслідки для людини (населення), економіки (та довкілля), а також політичні й соціальні наслідки. При цьому для перших двох категорій впливу негативні наслідки визначаються у кількісному вигляді як кількість загиблих (травмованих) осіб або економічних збитків у грн (євро). Наслідки для третьої категорії впливу, з огляду на соціальні та політичні взаємозв'язки, визначаються через якісні показники.

У Європейському Союзі кожна країна має проводити оцінку ризиків для кожної категорії наслідків і відповідно будувати три різні матриці ризику при проведенні оцінки ризиків для критичної інфраструктури. Серед усіх загроз різного походження для безпеки критичної інфраструктури (КІ) найбільш важливими визначено такі [26]:

- природні: повені, екстремальні погодні явища, лісові пожежі, землетруси, епідемії та пандемії, епізоотії;
- техногенні: а) незловмисні: промислові аварії, ядерні/радіологічні аварії, аварії на транспорті, втрата критично важливої інфраструктури; б) зловмисні: кібератаки, терористичні атаки.

Особливої уваги потребують взаємозв'язки та взаємозалежності між загрозами природного походження, коли виникнення одних небезпечних явищ призводить до формування нових через механізм каскадних ефектів (табл. 2).

Таблиця 2

Взаємозв'язки та взаємозалежності між загрозами [26]

Загроза	Пов'язані загрози
Небезпечні погодні явища	Повені, зсуви, лісові пожежі, забруднення, втрата критичної інфраструктури, транспортні аварії
Землетруси	Зсуви, цунамі
Зсуви, землетруси, вулкани	Транспортні аварії
Ядерні, хімічні та транспортні аварії, втрата критичної інфраструктури	Забруднення, терористичні та кібернетичні атаки
Втрата критичної інфраструктури	Повені, забруднення, втрата критичної інфраструктури, пандемії
Забруднення	Пандемії

Усвідомлення каскадних ефектів сучасних загроз є досить складним через взаємозв'язок об'єктів інфраструктури та оточуючого її середовища. Неспроможність дійти згоди заінтересованих сторін і політичного керівництва у питаннях прогнозування та пом'якшення негативних наслідків новітніх загроз, насамперед природного походження, може призвести до серйозних порушень у роботі критичної інфраструктури в найближчому майбутньому.

В даній роботі оцінка ризику економічних збитків від НС природного і техногенного походження проводиться згідно з наявними даними Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС) щодо виникнення НС різного походження, відтак будується матриця ризику. При цьому за статистичними даними обчислюється ймовірність виникнення небезпечних ситуацій та ймовірність економічних збитків від них і на цій основі формується відповідна залежність, що й було зроблено для вирішення мети цієї публікації. Ймовірність виникнення НС визначалася як співвідношення кількості НС відповідного типу до загальної кількості НС, що сталися протягом 2000 - 2010 рр.

Очевидно, що отримані значення вказаних ймовірностей не повною мірою відображають загальну картину, оскільки не є співставними в даному випадку. Виникає необхідність подальшого узагальнення у напрямку приведення отриманих значень до того типу, що використовується в ЄС. Для цього було проведено розподіл значень ймовірностей виникнення загроз та економічних збитків від них за п'яти категоріями, з яких 5 відображає найбільш ймовірну подію (табл. 3).

Таблиця 3

Розподіл значень ймовірностей виникнення загроз та економічних збитків

Тип НС	Код	Обсяг збитків, тис. грн	Ймовірність виникнення НС, %	Категорія ймовірності економічних збитків	Категорія ймовірності виникнення НС
1	2	3	4	5	6
НС унаслідок аварій чи катастроф на транспорті	1	62703	12.13277	2	4
НС унаслідок пожеж, вибухів	2	1015453	20.81184	4	5
НС унаслідок аварій з викиданням (загрозою викидання) НХР, корисних копалин на інших об'єктах (окрім аварій на транспорті)	3	85	0.58309	1	1

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5	6
НС унаслідок наявності у навколишньому середовищі шкідливих (забруднювальних) і радіоактивних речовин понад ГДК	4	76038	2.780893	2	2
НС унаслідок раптового руйнування будівель і споруд	5	101764	2.691186	3	2
НС унаслідок аварій в електроенергетичних системах	6	41714	6.212155	2	3
НС унаслідок аварій у системах життєзабезпечення	7	216210	5.584212	3	3
НС унаслідок аварій систем телекомунікацій	8	2474	0.470958	1	1
НС унаслідок аварій на очисних спорудах	9	20477	0.179412	2	1
НС унаслідок аварій у системах нафтогазового промислового комплексу	10	125	0.044853	1	1
Геофізичні НС	11	1028	0.044853	1	1
Геологічні НС	12	467714	2.623907	4	3
Метеорологічні НС	13	4681500	17.49271	5	5
Гідрологічні морські НС	14	14478	0.179412	2	1
Гідрологічні НС поверхневих вод	15	4845643	1.345593	5	2
НС, пов'язані з пожежами в природних екологічних системах	16	106454	3.520969	3	2
Медико-біологічні НС	17	34366	18.27764	2	5
Посягання на життя державного чи громадського діяча	18	25	0.089706	1	1
Встановлення вибухового пристрою у багатолюдному місці, установі (організації, підприємстві), житловому секторі, транспорті	19	36	0.941915	1	1
НС, пов'язані з нещасними випадками з людьми	20	802	3.498542	1	2

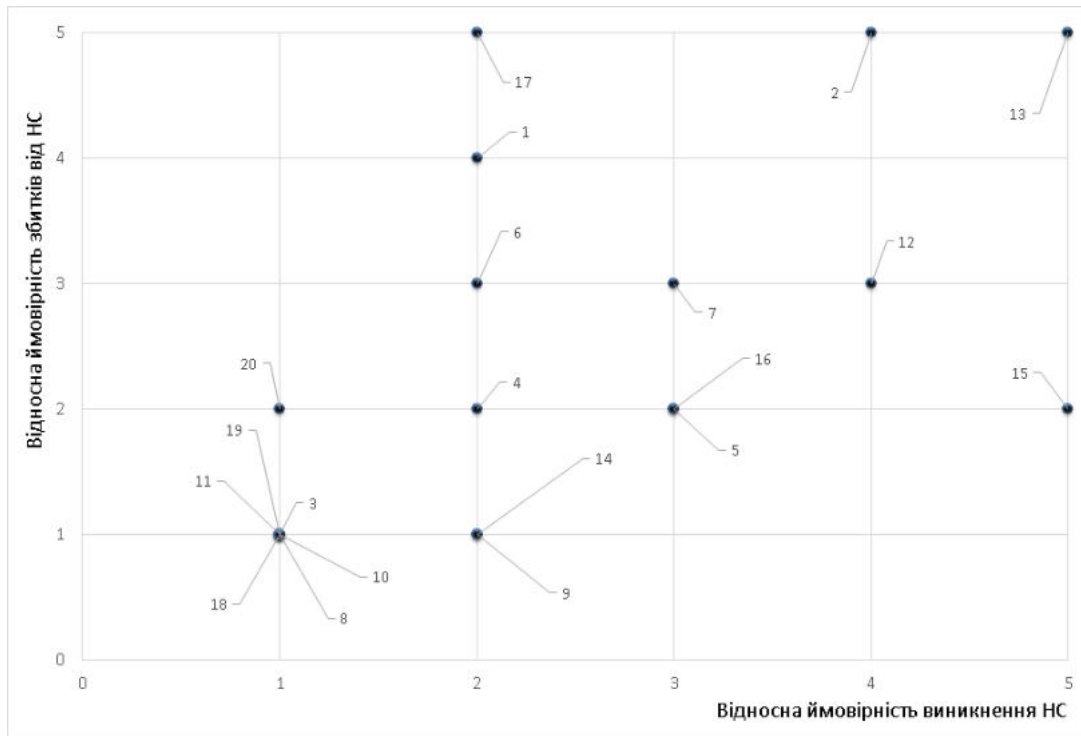
Значення ймовірності для НС унаслідок аварій чи катастроф на транспорті в наших розрахунках означає, що протягом 11 років може статися 541 НС даного типу з ймовірністю 12.13 %. Враховуючи високе значення ймовірності, ми відносимо її до 4 категорії важливості за відповідною шкалою (табл. 4).

Таблиця 4

Розподіл категорій важливості в залежності від значень ймовірності виникнення НС

Діапазон зміни ймовірності виникнення НС, %	Категорія важливості
до 2	1
2 – 3	2
3 – 6	3
6 – 15	4
більше 15	5

З урахуванням прийнятих узагальнень побудовано нову залежність між відносними ймовірностями виникнення НС та економічних збитків від НС упродовж 2000-2010 рр. (рис. 2).



1 – НС унаслідок аварій, катастроф на транспорті; 2 – НС унаслідок пожеж, вибухів; 3 – НС унаслідок аварій з викиданням (загрозою викидання) НХР, корисних копалин на інших об’єктах (окрім аварій на транспорті); 4 – НС унаслідок наявності у навколишньому середовищі шкідливих (забруднювальних) і радіоактивних речовин понад ГДК; 5 – НС унаслідок раптового руйнування будівель і споруд

Рис. 2. Залежність між відносними ймовірностями виникнення НС та економічних збитків від НС упродовж 2000-2010 рр.

Ураховуючи отримані результати оцінки ймовірності виникнення НС та економічних збитків від них, далі побудовано матрицю ризику відповідно до моделі, що використовується у ЄС (рис. 3).

Відносні економічні збитки	(5)	17	2	13		
	(4)	1				
	(3)	6	7	12		
	(2)	20	4	5, 16	15	
	(1)	3, 8, 10, 11, 18, 19	9, 14			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
		Відносна ймовірність				

1 – НС унаслідок аварій, катастроф на транспорті; 2 – НС унаслідок пожеж, вибухів; 3 – НС унаслідок аварій з викиданням (загрозою викидання) НХР, корисних копалин на інших об’єктах (окрім аварій на транспорті); 4 – НС унаслідок наявності у навколишньому середовищі шкідливих (забруднюючих) і радіоактивних речовин понад ГДК; 5 – НС унаслідок раптового руйнування будівель і споруд; 6 – НС унаслідок аварій в електроенергетичних системах; 7 – НС унаслідок аварій у системах життєзабезпечення; 8 – НС унаслідок аварії систем телекомунікацій; 9 – НС унаслідок аварій на очисних спорудах; 10 – НС унаслідок аварій у системах нафтогазового промислового комплексу; 11 – Геофізичні НС; 12 – Геологічні НС; 13 – Метеорологічні НС; 14 – Гідрологічні морські НС; 15 – Гідрологічні НС поверхневих вод; 16 – НС, пов’язані з пожежами в природних екологічних системах; 17 – Медико-біологічні НС; 18 – Посягання на життя державного чи громадського діяча; 19 – Встановлення вибухового пристрою у багатолюдному місці, установі (організації, підприємстві), житловому секторі, транспорті; 20 – НС, пов’язані з нещасними випадками з людьми

Рис. 3. Матриця ризику економічних збитків від НС упродовж 2000-2010 рр.

Аналіз отриманих результатів свідчить, що високий ризик економічних збитків в Україні наявний для НС унаслідок пожеж, вибухів та метеорологічних НС, що становлять перманентну загрозу не лише для об'єктів критичної інфраструктури, але і для населення та довкілля держави.

Підвищений рівень ризику економічних збитків характерний для медико-біологічних НС, НС унаслідок аварій, катастроф на транспорті, НС унаслідок аварій в електроенергетичних системах, НС унаслідок аварій у системах життєзабезпечення, геологічних НС. В сучасних умовах для України особливо актуальними стають загрози геологічного походження, що мають стійку тенденцію до активізації через прояв наслідків глобальних змін клімату.

Середній рівень ризику економічних збитків відмічається для НС унаслідок наявності у навколишньому середовищі шкідливих (забруднюючих) і радіоактивних речовин понад ГДК, НС унаслідок раптового руйнування будівель і споруд, гідрологічних НС поверхневих вод, а також НС, пов'язаних із пожежами в природних екологічних системах.

З позиції прийняття управлінських рішень щодо зниження ризику економічних збитків від НС різного походження очевидно, що першочергова увага має бути спрямована саме на протидію виникненню негативних наслідків реалізації метеорологічних загроз, пожеж і вибухів, у т. ч. на об'єктах критичної інфраструктури.

В загальному випадку управління та певною мірою зниження ризику передбачає реалізацію заходів за певними сценаріями: уникнення ризику, тобто завершення чи відмова від діяльності, що спричиняє ризик; прийняття ризику для того, щоб скористатись певними можливостями; виключення джерела ризику; зміна ймовірності; зміна наслідків; розподіл ризику з іншою стороною шляхом укладання контрактів чи фінансування ризиків; збереження існуючого рівня ризику на основі узгодженого рішення.

В умовах складних взаємозв'язків і взаємовпливів основних факторів формування загроз природного і техногенного походження ефективний процес зниження ризику економічних збитків передбачатиме комбіновану реалізацію декількох вказаних сценаріїв, що можуть відпрацьовуватися на основі використання методів експертних оцінок. Особливу увагу в цьому випадку привертає розподіл ризику з іншою стороною шляхом укладання контрактів чи фінансування ризиків, що є відносно новим і перспективним напрямком для нашої держави.

Разом з тим, треба враховувати, що матриця ризику (рис. 3) при визначенні економічних збитків і втрат для довкілля від НС на регіональному рівні (наприклад, у Запорізькій області) може дещо відрізнитися від розглянутої вище, оскільки для умов техногенно навантажених регіонів України вплив природних загроз (метеорологічних НС і небезпечних екзогенних геологічних процесів) може бути змінений у бік збільшення впливу факторів техногенного характеру, пов'язаних з пожежами, вибухами, виробничими інцидентами на об'єктах критичної інфраструктури.

Ураховуючи зростання ризиків виникнення надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру для об'єктів критичної інфраструктури уявляється доцільним рекомендувати Раді національної безпеки і оборони України проаналізувати можливість включення питань, пов'язаних із зниженням ризику виникнення надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури на території проведення АТО, у переговорний процес тристоронньої контактної групи в м. Мінську.

Основою для розроблення відповідних нормативно-правових актів і програм у сфері захисту критичної інфраструктури є схвалення Кабінетом Міністрів України Концепції створення державної системи захисту критичної інфраструктури в Україні, проект якої був розроблений у Національному інституті стратегічних досліджень. Важливим етапом є розроблення і подання до Верховної Ради України проекту Закону «Про захист критичної інфраструктури», де мають бути врегульовані питання щодо всіх аспектів створення державної системи захисту критичної інфраструктури, у т. ч. визначено орган, відповідальний за координацію діяльності із захисту критичної інфраструктури.

Серед них першочергове значення мають визначення функцій і повноважень центральних органів виконавчої влади у сфері захисту критичної інфраструктури, прав, обов'язків і відповідальності власників та операторів об'єктів критичної інфраструктури, запровадження критеріїв віднесення об'єктів до критичної інфраструктури за шкалою критичності, порядок їх паспортизації та категоризації.

При цьому першочергове значення має надаватися формуванню критеріїв віднесення об'єктів, у т. ч. потенційно небезпечних, до критичної інфраструктури, проведення оцінки загроз критичній інфраструктурі, розробки планів забезпечення стійкості функціонування критичної інфраструктури та формування загальнодержавної системи взаємодії відповідно до компетенції профільних міністерств.

Беручи до уваги значне зростання екологічних і техногенних загроз на території проведення АТО, Кабінету Міністрів України, Міністерству захисту довкілля та природних ресурсів України, Державній службі з надзвичайних ситуацій України доцільно звернутися до міжнародних організацій ООН, ОБСЄ із запитом щодо формування експертної місії для проведення оцінки екологічних ризиків на

Донбасі, визначення першочергових заходів із відновлення об'єктів критичної інфраструктури та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, пов'язаних із військовими діями.

Для запровадження сучасного ризик-орієнтованого підходу в практику роботи профільних відомств у сфері захисту критичної інфраструктури варто утворити при Державній службі України з надзвичайних ситуацій робочу групу з розробки пропозицій щодо визначення складу учасників та обґрунтування першочергових завдань із створення в Україні Національної платформи зниження ризику катастроф.

Перспективи подальших розвідок у цій сфері пов'язані з проведенням оцінки ризиків виникнення НС природного і техногенного походження для об'єктів критичної інфраструктури України, їх категоризацією за видами і рівнями ризику, а також розробленням обґрунтованих заходів із запобігання НС з масштабними негативними наслідками для об'єктів критичної інфраструктури.

Важливе значення при проведенні оцінки ризику матиме наявність оперативних і об'єктивних даних моніторингу актуальних природних і техногенних загроз, особливо щодо економічних збитків від їх реалізації, що мають надаватися щорічно Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України і Державною службою України з надзвичайних ситуацій у вигляді доповідей про стан довкілля й стан техногенної та природної безпеки відповідно.

У цьому зв'язку важливе значення має відновлення повноцінного функціонування Урядової інформаційно-аналітичної системи з надзвичайних ситуацій і проведення на цій основі вдосконалення системи раннього виявлення загроз і зниження ризиків виникнення надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури.

Ця система дозволить забезпечити ефективну міжвідомчу інформаційну взаємодію та підтримку прийняття управлінських рішень із запобігання НС різного походження на основі використання сучасних методів просторового аналізу та математичного моделювання ризиків виникнення надзвичайних ситуацій на основі комплексної обробки оперативних, аналітичних, довідкових, експертних і статистичних даних, отриманих із різних інформаційних джерел.

Висновки

Нині в Україні посилюються тенденції до подальшого зниження рівня безпеки та зменшення тривалості роботи об'єктів критичної інфраструктури, що виникають унаслідок понаднормової експлуатації споруд, конструкцій, обладнання та інженерних мереж, які працюють на межі вичерпання свого ресурсу та формують серйозні загрози виникнення надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру для безпеки функціонування об'єктів критичної інфраструктури.

В умовах гібридної війни на сході України має місце зростання ризиків виникнення НС техногенного походження в зоні АТО через руйнування багатьох промислових і житлових споруд унаслідок бойових дій. Спричинені військовим конфліктом на сході України пошкодження об'єктів критичної інфраструктури, зокрема водоочисних споруд, хімічних заводів та сільськогосподарських підприємств, становлять серйозну загрозу для населення і довкілля регіону.

Значний ризик виникнення надзвичайних ситуацій природно-техногенного походження на території проведення АТО генерує наявність великої кількості затоплених і напівзатоплених шахт на території Луганської та Донецької областей, що мають постійний гідравлічний зв'язок з діючими шахтами. Незадовільний екологічний стан у вугледобувних районах Донбасу посилюється через концентрацію підприємств металургійної та хімічної промисловості, що збільшує техногенне навантаження на навколишнє середовище і створює реальні загрози формування НС техногенного характеру з масштабними негативними наслідками для населення.

Розробка й запровадження заходів зі зниження ризиків виникнення НС різного походження на об'єктах критичної інфраструктури гальмується через відсутність на національному рівні державного органу, який є відповідальним за координацію дій існуючих державних систем захисту та кризового реагування у сфері захисту критичної інфраструктури. На сьогодні в державі відсутня єдина методологія проведення оцінки загроз і ризиків критичній інфраструктурі, що також ускладнює розробку заходів із запобігання та мінімізації негативних наслідків НС, можливих на території України, на об'єктах критичної інфраструктури.

Існуюча в країні система моніторингу загроз і зниження ризиків надзвичайних ситуацій різного походження не забезпечує проведення систематичних і обґрунтованих досліджень тенденцій і характеру змін основних джерел загроз екологічній безпеці держави та потребує кардинального удосконалення. Державна система захисту населення від катастроф природного та техногенного характеру потребує запровадження ризик-орієнтованого підходу для ефективного попередження катастроф різного характеру.

Ефективність і оперативність системи раннього виявлення загроз і зниження ризиків виникнення надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури знижується через неспроможність функціонування у повному обсязі Урядової інформаційно-аналітичної системи з надзвичайних ситуацій.

Список використаної літератури

1. Зелена книга з питань захисту критичної інфраструктури в Україні : зб. матер. міжнар. експерт. нарад / упоряд. Д. С. Бірюков, С. І. Кондратов ; за заг. ред. О. М. Суходолі. – К. : НІСД, 2016. – 176 с.
2. Кодекс цивільного захисту України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>
3. UNISDR. (2009, May). 2009 UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction, United Nations International Strategy for Disaster Reduction [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.unisdr.org/files/7817UNISDRTerminologyEnglish.pdf>
4. ISO31000:2009 – Risk management. Principles and guidelines. – International Organization for Standardization, 2009.
5. 2011 Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. Revealing Risk, Redefining Development [Електронний ресурс]. – United Nations 2011. – Режим доступу : www.preventionweb.net/gar
6. World Bank. 2010. Natural hazards, unnatural disasters : The economics of effective prevention / Washington : World Bank and United Nations. – Gupta, 2011. – 587 p.
7. Биченок М. М., Іванюта С. П., Яковлев С. О. Про комплексне оцінювання ризиків життєдіяльності у потенційно небезпечних регіонах // Екологія і ресурси : зб. наук. праць Ін-ту проблем національної безпеки. – К. : ІПНБ, 2007. – № 17. – С. 33–42.
8. Лещинський О. Л., Школьнік О. В. Економічний ризик та методи його вимірювання. – К. : Дельта, 2005. – 112 с.
9. Bernstein P. L. Against the Gods: the Remarkable Story of Risk. – John Wiley & Sons, 1996. – 383 p.
10. Morgan M.G., Henrion M. Uncertainty: A Guide to Dealing with Uncertainty in Quantitative Risk and Policy Analysis. – Cambridge : Cambridge University Press, 1990. – 344 p.
11. Іванюта С. П. Екологічні і техногенні загрози у зоні військового конфлікту на сході України / С. П. Іванюта // Стратегічна панорама. – 2017. – № 1. – С. 53–60.
12. Качинський А. Б. Безпека, загрози і ризик: наукові концепції та математичні методи. – К. : ІПНБ, НАСБУ, 2004. – 472 с.
13. Beck U. World Risk Society. – Cambridge : Polity Press, 1998. – 425 p.
14. Асиміляційний потенціал геологічного середовища України та його оцінка / С. О. Довгий, В. В. Іванченко та ін. ; НАН України, Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору. – К. : Ніка-Центр, 2016. – 176 с.
15. Іванюта С. П., Качинський А. Б. Екологічна та природно-техногенна безпека України: регіональний вимір загроз і ризиків : монографія / Нац. ін-т стратегічних досліджень. – К. : НІСД, 2012. – 308 с.
16. Опара Н. М., Дударь Н. І. Чадний газ: вплив на організм людини, способи індивідуального захисту і безпечної поведінки / Аспекти безпеки праці, життя та довкілля людини: тези доповідей VI регіональної міжвузівської науково-практичної конференції (Полтава, 28 березня 2013 р.). – Полтава: ПДАА. – 2013. – С. 42–45. – Режим доступу : <http://dspace.pdaa.edu.ua:8080/handle/123456789/798>
17. Panov E. N. Thermal and chemical aspects of formation of CO in the process of baking of electrodes / E. N. Panov, I. L. Shilovich, E. I. Ivanenko, V. V. Buryak // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2012, 4/6(58), P. 15–18. – Режим доступу : <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/5586/5026>
18. Panov Ye. Estimation of the effect of temperature, the concentration of oxygen and catalysts on the oxidation of the thermoanthracite carbon material / Ye. Panov, N. Gomelia, O. Ivanenko, A. Vahin, S. Leleka // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2019, 2/6(98), P. 43–50. – Режим доступу : doi.org/10.15587/1729-4061.2019.162474
19. Ivanenko O. Assessment of the effect of oxygen and carbon dioxide concentrations on gas evolution during heat treatment of thermoanthracite carbon material / O. Ivanenko, Ye. Panov, N. Gomelia, A. Vahin, S. Leleka // Journal of Ecological Engineering, 2020, 21(2), P. 139–149. – Режим доступу : doi.org/10.12911/22998993/116326
20. Екологічний паспорт Запорізької області за 2018 р. / Офіційний портал Міністерства енергетики та захисту довкілля України 30 липня 2019. – 173 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://menr.gov.ua/news/33529.html>
21. Інформаційно-аналітична довідка про виникнення НС в Україні протягом 2016 року. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.dsns.gov.ua/ua/Dovidka-zakvartal/57279.html>
22. Інформаційно-аналітична довідка про виникнення НС в Україні протягом I кварталу 2017 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.dsns.gov.ua/ua/Dovidka-zakvartal/61431.html>

23. ОБСЄ закликала захистити важливі об'єкти інфраструктури на Донбасі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.theinsider.ua/politics/593595f08e98b/>
24. International Decade for Natural Disasters Reduction. Yokohama Strategy and Plan of Action for a safer world. In: World conference on natural disaster reduction, Yokohama, Japan, 1994.
25. Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.unisdr.org>
26. Risk assessment methodologies for critical infrastructure protection. Part II: A new approach. – Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2015. – 40 p.

References

1. Biryukov D. S., Kondratov S. I. Zelena knyha z pytan zakhystu krytychnoyi infrastruktury v Ukraini [Green Paper on critical infrastructure protection in Ukraine]. National Institute for Strategic Studies, 2016, 176 pp.
2. Kodeks tsyvilnoho zakhystu Ukrainy [Code of Civil Protection of Ukraine] [online]. Available at: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>
3. 2009 UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction. United Nations International Strategy for Disaster Reduction [online]. Available at: <http://www.unisdr.org/files/7817UNISDRTerminologyEnglish.pdf>
4. ISO 31000:2009. Risk management. Principles and guidelines. International Organization for Standardization.
5. 2011 Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. Revealing Risk, Redefining Development. United Nations, 2011. Available at: www.preventionweb.net/gar
6. World Bank. 2010. Natural hazards, unnatural disasters: The economics of effective prevention. Washington: World Bank and United Nations, 2011, 587 pp.
7. Bychenok M. M., Ivanuta S. P., Yakovlev Ye. O. Pro kompleksne otsynuvannya ryzykiv zhyttyediyalnosti u potentsiyno nebezpechnykh rehionakh [On complex assessment of life-threatening risks in potentially hazardous regions]. Ecology and Resources: Institute of National Security Problems, 2007, № 17, P. 33-42.
8. Leschinsky O. L., Shkolny O. V. Ekonomichnyy ryzyk ta metody yoho vymiryuvannya [Economic risk and methods of its measurement], Delta, 2005, 112 pp.
9. Bernstein P. L. Against the Gods: the Remarkable Story of Risk, John Wiley & Sons, 1996, 383 pp.
10. Morgan M. G., Henrion M. Uncertainty: A Guide to Dealing with Uncertainty in Quantitative Risk and Policy Analysis, Cambridge: Cambridge University Press, 1990, 344 pp.
11. Ivanuta S. P. Ekolohichni i tekhnohenni zahrozy u zoni viys'kovoho konfliktu na skhodi Ukrainy [Environmental and man-made threats in the zone of military conflict in Eastern Ukraine]. Strategic Panorama, 2017, № 1, P. 53-60.
12. Kachinsky A. B. Bezpeka, zahrozy i ryzyk: naukovi kontseptsii ta matematychni metody [Security, Threats and Risks: Scientific Concepts and Mathematical Methods], Institute of National Security Problems, 2004, 472 pp.
13. Beck U. World Risk Society. Cambridge: Polity Press, 1998, 425 pp.
14. Dovgii S. O., Ivanchenko V. V. et. al. Asymilyatsiynyy potentsial heolohichnoho seredovyscha Ukrainy ta yoho otsinka [Assimilation potential of the geological environment of Ukraine and its estimation]. National Academy of Sciences of Ukraine, Institute of Telecommunications and Global Information Space, 2016, 176 pp.
15. Ivanyuta S. P., Kachinsky A. B. Ekolohichna ta pryrodno-tekhnohenna bezpeka Ukrainy: rehionalnyy vymir zahroz i ryzykiv [Ecological and natural-technogenic safety of Ukraine: a regional dimension of threats and risks]. National Institute for Strategic Studies, 2012, 308 pp.
16. Opara N. M., Dudar N. I. Chadnyy haz: vplyv na orhanizm lyudyny, sposoby individualnoho zakhystu i bezpechnoyi povedinky [Carbon monoxide: influence on the human body, ways of personal protection and safe behavior]. Aspects of safety of work, life and environment of the person, 2013, P. 42-45. Available at: <http://dspace.pdaa.edu.ua:8080/handle/123456789/798>
17. Panov E. N., Shilovich I. L., Ivanenko E. I., Buryak V. V. Thermal and chemical aspects of formation of CO in the process of baking of electrodes. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2012, 4/6(58), 15–18. Available at: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/5586/5026>
18. Panov Ye., Gomelia N., Ivanenko O., Vahin A., Leleka S. Estimation of the effect of temperature, the concentration of oxygen and catalysts on the oxidation of the thermoanthracite carbon material. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2019, 2/6(98), P. 43–50. Available at: doi.org/10.15587/1729-4061.2019.162474
19. Panov Ye., Gomelia N., Ivanenko O., Vahin A., Leleka S. Assessment of the effect of oxygen and carbon dioxide concentrations on gas evolution during heat treatment of thermoanthracite carbon

- material. Journal of Ecological Engineering, 2020, 21(2), 139–149. Available at: doi.org/10.12911/22998993/116326
20. Ekolohichnyy pasport Zaporizkoyi oblasti za 2018 r. [Environmental passport of Zaporizhzhia region for 2018] [online]. Available at: <https://menr.gov.ua/news/33529.html>
 21. Informatsiyno-analitychna dovidka pro vynyknennya NS v Ukrayini protyhom 2016 roku [Information and analytical information on the emergence of the National Assembly in Ukraine during 2016] [online]. Available at: <http://www.dsns.gov.ua/ua/Dovidka-za-kvartal/57279.html>
 22. Informatsiyno-analitychna dovidka pro vynyknennya NS v Ukrayini protyhom I kvartalu 2017 roku [Information and analytical information on the emergence of the National Assembly in Ukraine during the first quarter of 2017] [online]. Available at: <http://www.dsns.gov.ua/ua/Dovidka-za-kvartal/61431.html>
 23. OBSYE zaklykala zakhystyty vazhlyvi ob"yekty infrastruktury na Donbasi [The OSCE called for the protection of important infrastructure in the Donbass] [online]. Available at: <http://www.theinsider.ua/politics/593595f08e98b/>
 24. International Decade for Natural Disasters Reduction. Yokohama Strategy and Plan of Action for a safer world. In: World conference on natural disaster reduction, Yokohama, Japan, 1994. Available at: <http://www.ifrc.org/Docs/idr/I248EN.pdf>
 25. Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030 [online]. Available at: <http://www.unisdr.org>
 26. Risk assessment methodologies for critical infrastructure protection. Part II: A new approach. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2015, 40 pp. Available at: <https://publications.jrc.ec.europa.eu>