

УДК 528.48

д. т. н., професор Лященко А.А.,  
l\_an@ukr.net, ORCID: 0000-0001-6724-8092,  
Старинець Р. В., russtar@i.net, ORCID: 0000-0001-83356-6752,  
Київський національний університет будівництва та архітектури

## МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИХ ЗАХОДІВ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

*Узагальнено завдання геоінформаційного моделювання при розробленні розділу інженерно-технічних заходів цивільного захисту (цивільної оборони) в складі містобудівної документації, розроблено структурну модель бази геопросторових даних та методики застосування ГІС в процесах розроблення інженерно-технічних заходів цивільного захисту.*

*Ключові слова: інженерно-технічні заходи цивільного захисту(цивільної оборони), геоінформаційна система, геоінформаційне моделювання, містобудівна документація, містобудівний кадастр.*

**Вступ.** Розділ інженерно-технічних заходів цивільного захисту (цивільної оборони) (ІТЗ ЦЗ) є важливою складовою сучасної містобудівної документації. Її роль суттєво зростає в умовах підвищення ризиків надзвичайних ситуацій природного, техногенного чи терористичного характеру. Характерною рисою розроблення ІТЗ ЦЗ є урахування просторового розміщення та просторових зв'язків потенційно небезпечних об'єктів та об'єктів захисту. Це зумовлює доцільність використання геоінформаційних систем (ГІС) для моделювання просторових властивостей і просторових відношень об'єктів містобудування з метою підвищення якості та обґрунтованості прийняття рішень в процесі просторового планування і розроблення заходів цивільного захисту.

**Аналіз останніх публікацій та постановка задачі.** Моніторинг та управління безпекою в техногенно-навантажених регіонах, аналіз та моделювання наслідків НС техногенного і природного характеру належать до найпоширеніших сфер використання сучасних геоінформаційних технологій. В сучасних рамкових програмах та рекомендаціях ООН [4, 5] створення спеціалізованих ГІС для управління екологічною безпекою на місцевому, регіональному та національному рівнях розглядаються як обов'язковий захід реалізації ефективного менеджменту попередження та ліквідації наслідків НС. В монографічних дослідженнях та публікаціях в наукових періодичних видань розроблено теоретичні засади аналізу, оцінювання та управління природними, техногенними та екологічними ризиками, розглядаються питання створення ГІС щодо моделювання впливу від різного типу потенційно небезпечних об'єктів та

підтримки прийняття рішень щодо зниження техногенного ризику для навколишнього середовища і населення, зокрема, за посиланнями [6 – 9, 11 – 13]. Ці посилання не є виключними, вони лише відображають загальні напрями і тенденції досліджень в цій сфері – від застосування ГІС для моделювання окремих впливів до формулювання проблемних завдань комплексного та загального вирішення основних задач ефективного управління рівнем екологічної безпеки урбанізованих екосистем із широким використанням сучасних аналітичних геоінформаційних технологій в управлінні екологічною безпекою [9].

Поміж реалізованих рішень використання ГІС для прогнозування наслідків НС, можна виділити «ГІС Екстремум» [12] та ГІС-платформу для комплексного управління надзвичайними ситуаціями від компанії ESRI [13]. Реалізовані в «ГІС Екстремум» геоінформаційні моделі дозволяють зокрема розраховувати: розподіл інтенсивності землетрусів; значення максимального прискорення коливань земної поверхні та їх повторюваності; поля факторів ураження у разі аварій на небезпечних об'єктах; руйнування будинків різних типів, характерних для певного регіону; враження людей з урахуванням специфіки території; оцінки наслідків землетрусів, вторинних природних та техногенних процесів; оцінки впливу на пожежні та вибухонебезпечні, радіаційно-хімічні та інші небезпечні об'єкти; оцінки індивідуальних сейсмічних ризиків, інженерних, економічних та комплексних ризиків.

В цілому, можна констатувати, що дослідження та публікацій щодо використання ГІС в сфері екологічної безпеки присвячено проблемам прогнозування НС та оперативного управління ліквідацією їх наслідків. Завдання геоінформаційного моделювання для розроблення інженерно-технічних заходів (цивільної оборони) у містобудівній та проектній документації залишаються малодослідженими. Разом з цим як у вітчизняних публікаціях, наприклад [7], так і в сучасних рамкових програмах та рекомендаціях ООН [4, 5] наголошується, що розроблення і реалізація комплексу запобіжних організаційних та інженерно-технічних заходів може значно зменшити рівень вразливості території та ймовірність виникнення НС, а також вартість заходів з ліквідації їх наслідків, підвищити рівень готовності громадян та виробництва до реагування на НС.

Метою пропонованого дослідження є узагальнення завдань геоінформаційного моделювання при розробленні розділу інженерно-технічних заходів цивільного захисту (цивільної оборони) в складі містобудівної документації, розроблення структурної моделі бази геопросторових даних та методики застосування ГІС в процесі розроблення ІТЗ ЦЗ, формування наборів профільних геопросторових даних (НПГД) щодо ІТЗ ЦЗ у складі

містобудівної документації згідно сучасних вимог державних будівельних норм та Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності».

**Виклад основного матеріалу.** Документація ІТЗ ЦЗ визначає комплекс інженерно-технічних рішень, спрямованих на запобігання виникненню надзвичайної ситуації, забезпечення захисту населення і територій та зниження можливих матеріальних збитків від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, від небезпек, що можуть виникнути при веденні терористичних, військових дій або внаслідок цих дій, а також створення містобудівних умов для забезпечення стійкого функціонування об'єктів [1].

В структурній моделі документації ІТЗ ЦЗ (ЦО), що за змістом відповідає нормативам [1-4] виділено як окремі складові розділів на мирний та особливий періоди текстові та графічні матеріали.

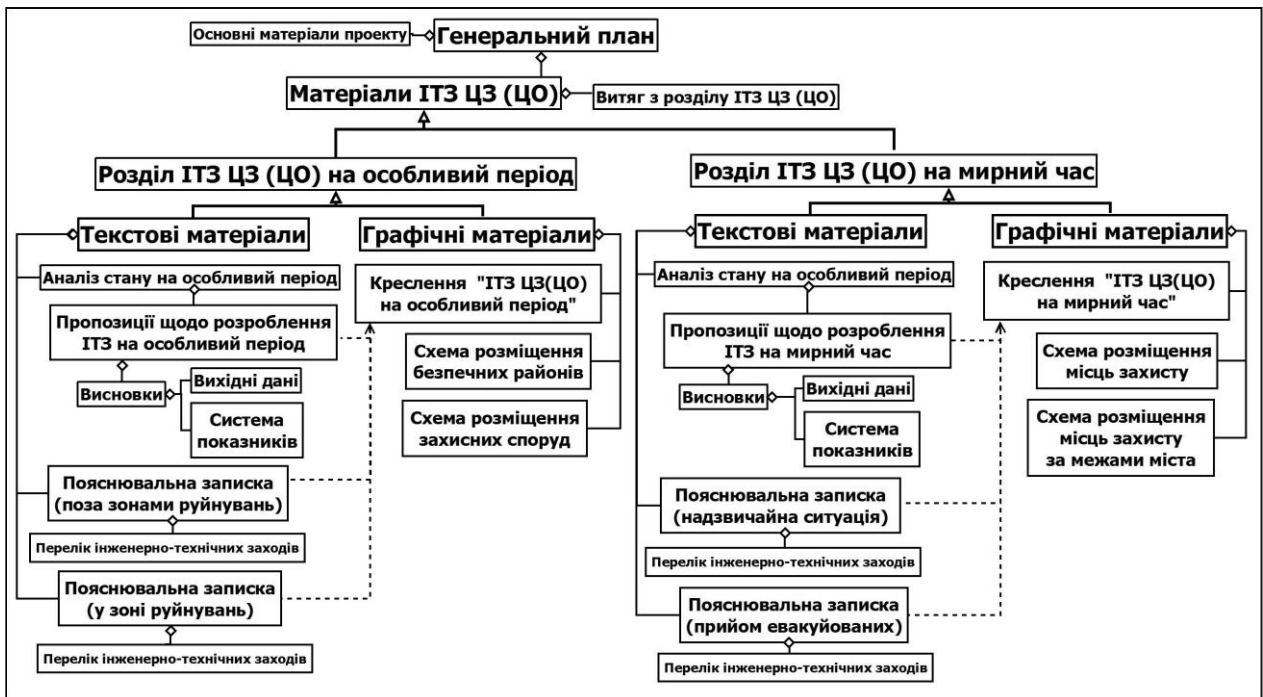


Рис. 1. Структурна модель документації ІТЗ ЦЗ (ЦО)

Моделювання ІТЗ ЦЗ в ГІС (рис. 2) ґрунтується на використанні універсальної системи керування базами даних СКБД (типу Oracle MS SQL Server, DB 2, PostgreSQL), що мають функціональні розширення для зберігання й оброблення просторових даних, як основного середовища зберігання інформаційних ресурсів єдиної цифрової топографічної основи (ІР ЄЦТО) за топографічними картами масштабів 1:25 000 – 1:2 000 з цифровою моделлю рельєфу (ЦМР), бази геопросторових даних потенційно небезпечних об'єктів та об'єктів захисту (БГД ІТЗ), бази знань нормативних правил моделювання об'єктів ІТЗ ЦЗ та їх картографування, які зокрема можуть бути реалізовані як

вбудовані процедури постійного зберігання в сучасних об'єктно-реляційних СКБД.

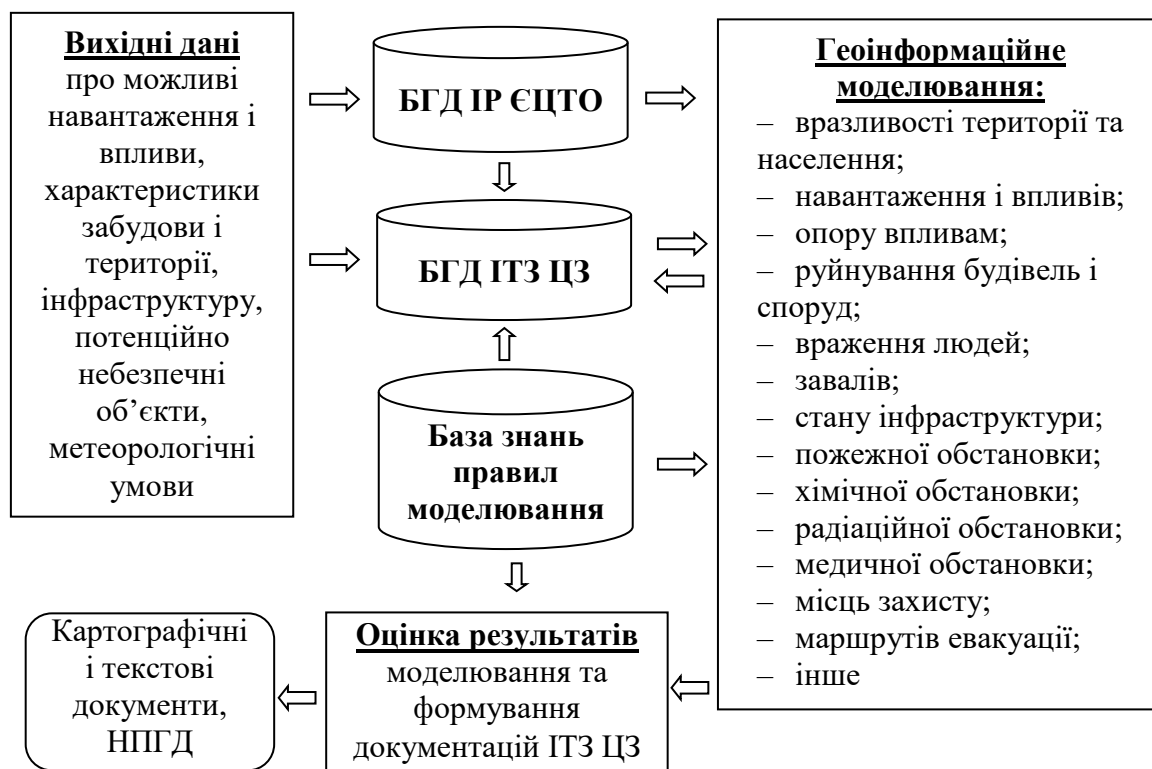


Рис. 2. Узагальнена схема геоінформаційного моделювання ІТЗ ЦЗ

В моделі бази даних ІТЗ доцільно виділити окремі розділи (пакети) класів геопросторових об'єктів за типами об'єктів та явищ, їх місцем в процесі моделювання та поданням результатів при розробленні заходів ІТЗ: пакет «Вхідні об'єкти» (як вхідні дані для моделювання) та пакет «Вихідні об'єкти» (як результат розроблення/моделювання) (рис. 3). Поміж «вхідних об'єктів» ІТЗ можна виділити: об'єкти, які потребують особливого захисту, природні джерела небезпеки, структурно-планувальні одиниці території, антропогенні джерела забруднення. Моделі цих об'єктів формуються на основі БГД ІР ЄЦТО з використанням базових функцій ГІС в процесі введення вихідних даних про можливі навантаження і впливи, характеристики забудови і території, інфраструктуру, потенційно небезпечні об'єкти, метеорологічні умови тощо.

База даних вихідних об'єктів формується в результаті геоінформаційного моделювання НС та прийняття рішень щодо ІТЗ ЦЗ. До цих об'єктів зокрема належать: зони можливих надзвичайних ситуацій, об'єкти евакуації, споруди інженерного забезпечення, об'єкти захисту населення тощо.

Основною інтелектуальною складовою ГІС розроблення ІТЗ ЦЗ природно є засоби геоінформаційного моделювання для вирішення типових задач для: оцінювання впливів при НС на потенційно небезпечних об'єктах чи природних

лихах, вразливості території та населення, опору впливам, руйнування будівель і споруд, враження людей; моделювання завалів; оцінювання стану інженерної інфраструктури, пожежної, хімічної та радіаційної обстановки, стану місць захисту, маршрутів евакуації тощо.

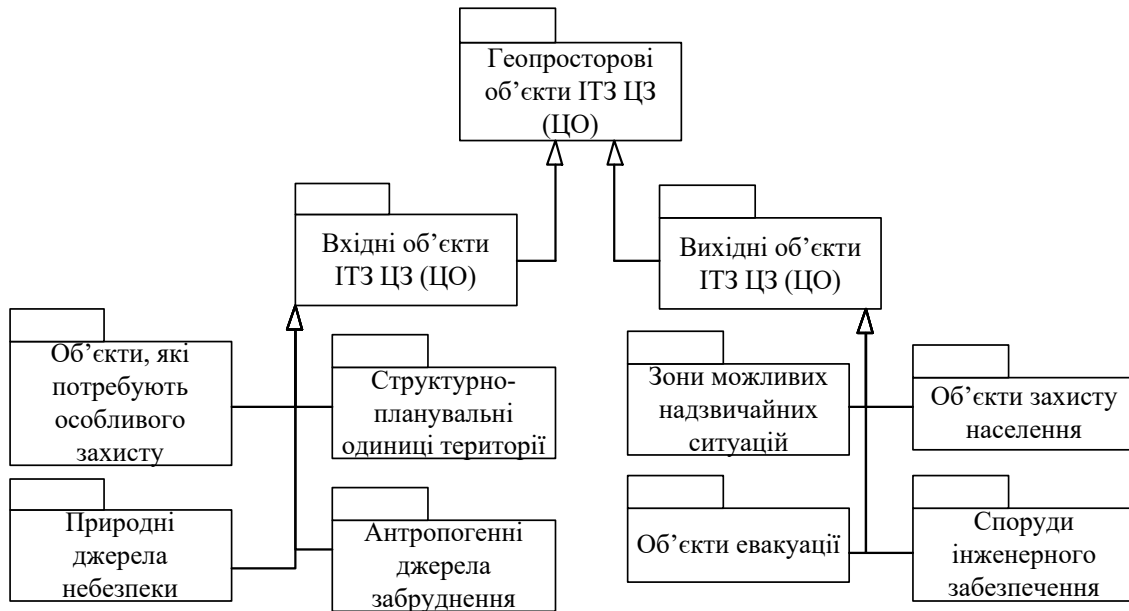


Рис. 3. UML-діаграма пакетів класів геопросторових об'єктів БГД ІТЗ ЦЗ(ЦО)

Кожна із цих задач є складною за своїм змістом, аналітичними методами вирішення та потребує комплексного застосування усього арсеналу базових функцій просторового аналізу і моделювання з урахуванням ландшафтних особливостей та забудови території, метеорологічних умов, нормативних правил та параметрів моделювання, а також можливих комбінацій та послідовності виникнення НС та багато іншого.

В межах однієї публікації неможливо докладно розглянути методику вирішення кожної із цих задач, але сучасні ГІС і просторові розширення об'єктно-реляційних СКБД мають потужний арсенал просторового аналізу, 2D та 3D просторових побудов за результатами моделювання, включаючи буферний та оверлейний аналіз, методи моделювання з використанням аналітичних функціональних залежностей та нечітких множин, побудови GRID моделей географічних полів впливів різного походження та застосування методів картографічної алгебри для багатofакторного аналізу полів впливів в просторово-часовому вимірі. Типові прикладні задачі можуть бути описані як сценарій послідовного застосування прикладних аналітичних функцій та базових функцій просторового аналізу на множині об'єктів бази геопросторових даних. Як приклад, в нижче наведеній таблиці подано

узагальнену характеристику геоінформаційного моделювання для деяких типових задач розроблення ІТЗ.

Узагальнена характеристика геоінформаційного моделювання  
для типових задач ІТЗ ЦЗ

№	Тип задачі ІТЗ ЦЗ	Основні вихідні дані	Основні результати	Методи ГІС-моделювання
1	Моделювання зон потенційної небезпеки	Потенційно небезпечні об'єкти (ПНО), характеристики хімічно та радіаційно небезпечних об'єктів (ХНО, РНО), ЦМР, метеорологічні дані	Зони можливого ураження Зони можливого забруднення від ХНО та РНО Зони можливого враження при одночасному виникненні НС на кількох ПНО	Моделювання буферів та секторів враження з урахуванням рівня небезпеки з урахуванням характеру забудови і рельєфу та даних про метеоумови
2	Моделювання зон розповсюдження завалів	Будівлі та споруди, характеристики джерел руйнування, ЦМР, вулично-дорожня мережа	Модель зон розльоту уламків та їх об'ємного накопичення, зони завалів	3D моделювання зон розльоту уламків та їх накопичення, побудова площинних проєкцій та просторове визначення зон завалів
3	Визначення місць захисту	Об'єкти територій, що потенційно можуть бути використані як об'єкти захисту, зони потенційного ураження (п. 1), зони завалів (п. 2), вулично-дорожня мережа, ЦМР	Місця захисту, оцінювання інфраструктури території, які придатні для захисту та розміщення населення	Оцінка захисного потенціалу територій, визначення місць захисту на основі оверлейного аналізу, аналізу транспортної доступності з урахуванням зон потенційної небезпеки та зон завалів
4	Визначення територій розміщення захисних споруд	Будівлі та споруди, зони можливого забруднення від ПНО, ХНО та РНО, ЦМР, метеорологічні дані	Територій розміщення захисних споруд, види та характеристики захисних споруд	Визначення територій розміщення захисних споруд на основі оверлейного аналізу та просторових відношень з ПНО, зон враження та об'єкті захисту
5	Моделювання територій розміщення сховищ та укриттів	Об'єкти, що мають категорію з ЦЗ, вулично-дорожня мережа та інженерна інфраструктура, зони забруднення та руйнувань	Території розміщення сховищ та укриттів	Визначення територій розміщення сховищ та укриттів на основі оверлейного аналізу та аналізу пішохідної доступності з урахуванням радіусів обслуговування

За результатами геоінформаційного моделювання проектувальником приймаються рішення щодо ІТЗ ЦЗ, засобами ГІС формуються картографічні і текстові матеріали відповідного розділу містобудівної документації. Для підвищення рівня автоматизації складання тематичних карт та випуску графічних матеріалів в базі знань системи необхідно створити проекти (шаблони) типових моделей подання просторових рішень у вигляді схем, передбачених в нормативах на містобудівну документацію, наприклад, схема розміщення безпечних районів, схема розміщення захисних споруд, схеми евакуації тощо. Ці шаблони графічних схем фактично містять правила формування цифрових моделей карт і схем ІТЗ ЦЗ на основі бази геопросторових даних об'єктів ІТЗ ЦЗ (ЦО) (рис. 4). Правила встановлюють відношення між цифровими моделями шарів тематичних карт/схем і класами об'єктів БГД ІТЗ ЦЗ та БГД ІР ЄЦТО, тобто які класи об'єктів і як повинні відображатися на тій чи іншій карті/схемі.

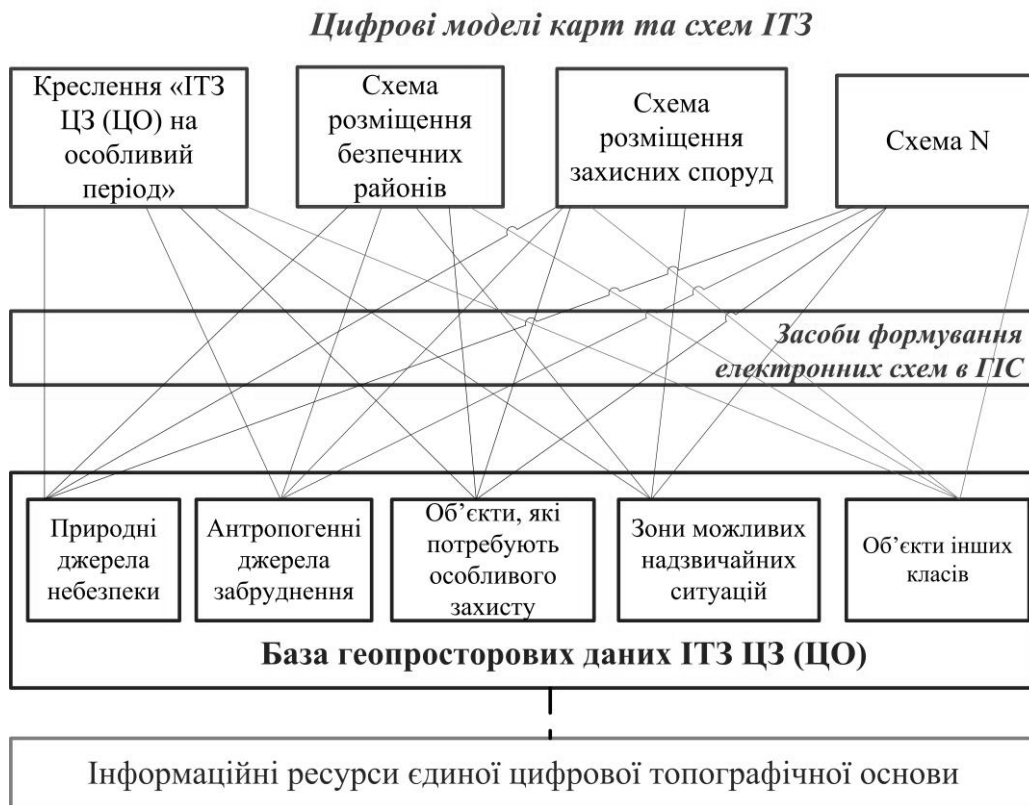


Рис. 4. Узагальнена схема формування уніфікованих моделей графічних документів ІТЗ ЦЗ на основі бази геопросторових даних

Відношення «клас об'єкта БГД – тематична карта/схема» повинно визначати статус об'єкта у складі певної тематичної карти/схеми, його умовне картографічне позначення та, можливо, значення атрибутів об'єкта, що можуть відображатися на карті/схемі як напис або можуть використовуватися як

тематичні змінні для автоматизованого виконання тематичної класифікації об'єктів певних класів (наприклад, за рівнем небезпеки чи важливості) та спосіб картографічного відображення результатів такої класифікації. Для кожного класу об'єктів можна вирізнити такі значення їх статусу щодо подання у складі документації: цільовий (Ц) – є основним тематичним об'єктом для даного графічного документу; ситуаційний (С) – об'єкт, який зв'язаний з цільовим об'єктом та роз'яснює загальну картину; фоновий (Ф) – утворює загальне тло для кращого відображення змісту графічного документу.

За результатами геоінформаційного моделювання формується комплект містобудівної документації за розділом ІТЗ ЦЗ (ЦО) у такому складі: текстові та графічні документи в паперовому виконанні та в електронному виді як цифрові та електронні карти/схеми, набір профільних геопросторових даних НПГД), що містить об'єкти бази геопросторових даних ІТЗ ЦЗ у визначеній нормативними документами уніфікованій системі класифікації та кодування об'єктів містобудівної документації та у стандартизованих форматах обміну геопросторовими даними, набором метаданих, що описують джерела вихідних даних, структуру, склад НПГД, каталог його об'єктів і їх атрибутів, а також методи і технології геоінформаційного моделювання, що були використані в процесі розроблення ІТЗ ЦЗ (ЦО) в ГІС. Такий комплект містобудівної документації за розділом ІТЗ ЦЗ (ЦО) дозволить забезпечити наскрізну інформаційну технологію реєстрації містобудівної і проектної документації в ГІС містобудівного кадастру [10] та, головне, подальше ефективно використання рішень щодо ІТЗ ЦЗ (ЦО) в геоінформаційних системах управління екологічною безпекою населених пунктів та в системах оперативного управління ліквідацією наслідків НС у разі їх виникнення.

**Висновки.** Викладені в роботі методичні засади геоінформаційного моделювання ІТЗ ЦЗ (ЦО) в складі містобудівної документації ґрунтуються на сучасних досягненнях ГІС-технологій, які в розвинених країнах уже зараз широко використовуються в системах просторового планування та системах управління екологічною безпекою на локальних, регіональних та національних рівнях.

Побудова системи геоінформаційного моделювання ІТЗ ЦЗ (ЦО) на основі універсальних об'єктно-реляційних баз геопросторових даних дозволить реалізувати моделі просторових та причинно-наслідкових зв'язків між об'єктами та явищами міських територій, які за складністю та логічними схемами відповідають вимогам типових задач розроблення ІТЗ ЦЗ (ЦО).

Базо-орієнтована архітектура ГІС моделювання ІТЗ ЦЗ (ЦО) дозволяє реалізувати наскрізну технологію просторового аналізу і моделювання та укладання тематичних карт/схем графічної частини розділу ІТЗ ЦЗ (ЦО) без



дублювання даних в різних тематичних шарах цифрових моделей карт/схем, сформувані набори профільних геопросторових даних з результатами розроблених ІТЗ ЦЗ (ЦО) для їх реєстрації в ГІС містобудівного кадастру та подальшого використання за призначенням в системах оперативного управління екологічною безпекою міських територій.

### Список використаних джерел:

1. ДСТУ Б А.2.2-7:2010. Проектування. Розділ інженерно-технічних заходів цивільного захисту (цивільної оборони) у складі проектної документації об'єктів. Основні положення.
2. ДБН В.1.2-4:2006 Система надійності та безпеки в будівництві. Інженерно технічні заходи цивільного захисту (цивільної оборони).
3. ДБН Б.1.1-5-2007 «Склад, зміст, порядок розроблення, погодження та затвердження розділу інженерно-технічних заходів цивільного захисту (цивільної оборони) у містобудівній документації».
4. Сендайская рамочная программа по снижению риска бедствий на 2015–2030 гг. – ООН, UNISDR. – 2015. – 32 с. (Електронний ресурс: <https://www.unisdr.org/we/inform/publications/43291>).
5. Повышение устойчивости городов к бедствиям. Справочник для руководителей местных органов власти. – ООН, 2012. – 104 с. (Е-ресурс: [https://www.unisdr.org/files/26462\\_ahandbookforlocalgovernmentleadersr.pdf](https://www.unisdr.org/files/26462_ahandbookforlocalgovernmentleadersr.pdf)).
6. Забулонов Ю.Л., Тероризм ХХІ століття – реальна загроза техногенно-екологічній безпеці / Ю.Л. Забулонов, Г.В. Лисиченко, В.В. Ковалевський // Збірник тез доповідей МНПК «Перший Всеукраїнський з'їзд екологів» - Вінниця, 4-7 жовтня 2006. – с.10.
7. Лещенко О.Я. Реалізація інженерно-технічних заходів (цивільної оборони) у містобудівній та проектній документації, як ефективний механізм управління ризиками надзвичайних ситуацій / О.Я. Лещенко // Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист. – 2010. – Вип. 1. С. 113 – 122.
8. Лисиченко Г.В. Природний, техногенний та екологічний ризики: аналіз, оцінка, управління: монографія / Г.В. Лисиченко, Ю.Л. Забулонов, Г.А. Хміль ; НАН Україна, Ін-т геохімії навколишнього середовища. К.: Наук. думка, 2008. – 544 с.
9. Лисиченко Г.В. Аналітичні геоінформаційні технології в задачах управління екологічною безпекою / Г.В. Лисиченко, А.В. Яцишин // Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист. – 2012. – Вип. 4. С. 4 – 10.
10. Лященко А.А. Принципи цифрового подання та організації зберігання містобудівної документації в геоінформаційній системі містобудівного кадастру/ А.А. Лященко, Д.В. Горковчук, Ю.С. Максимова, М.М. Шматько // Вісн. геодез. та картогр. – 2015. – №4 (97). – с. 31 – 37.
11. Попов В.М. Моделирование системы мониторинга техногенной безопасности региона / В.М. Попов, И.А. Чуб // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – 2012. – Вып. 56. – С. 157-161.
12. Шахраманьян М. ГИС для прогнозирования чрезвычайных ситуаций / М. Шахраманьян // Компьютерра. – 2001. – №47 (424) (Електронний ресурс: <http://old.computerra.ru/2001/424/198268/>).
13. Geographic Information Systems Providing the Platform for Comprehensive Emergency Management. – ESRI, 2008. – 27 p. (Електронний ресурс: <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/gis-platform-emergency-management.pdf>).

д. т. н., профессор Лященко А.А., Старинець Р.В.,  
Киевский национальный университет строительства и архитектуры

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ**

Обобщены задачи геоинформационного моделирования при разработке раздела инженерно-технических мероприятий гражданской защиты (гражданской обороны) в составе градостроительной документации, разработана структурная модель базы геопространственных данных и методики применения ГИС в процессах разработки инженерно-технических мероприятий гражданской защиты.

Ключевые слова: инженерно-технические мероприятия гражданской защиты, геоинформационные системы, геоинформационное моделирование, градостроительная документация, градостроительный кадастр.

Doctor of sciences, Prof. Lyashchenko A.A.,  
post-graduate student Starynets R.V.,  
Kyiv National University of Construction and Architecture

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ**

The tasks of geoinformation modeling are generalized in the development of the part of engineering and technical measures of civil defense as part of spatial planning documentation, the structural model of the geospatial data base and the methodology of the use of GIS in the development of engineering and technical measures of civil defense has been developed.

Key words: engineering and technical measures of civil protection, geoinformation system, geoinformation modeling, urban planning documentation, urban cadastre.