

**Ганна Вікторівна Кірейцева¹, Ілля Юрійович Циганенко-Дзюбенко²,
Олександр Миколайович Гнітецький³, Світлана Володимирівна Хоменко⁴**

¹кандидат економічних наук, докторантка, доцентка кафедри екології та природоохоронних технологій
Державний університет «Житомирська політехніка» (Житомир, Україна)
E-mail: gef_kgv@ztu.edu.ua. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1055-1784>

²аспірант III курсу кафедри екології та природоохоронних технологій
Державний університет «Житомирська політехніка» (Житомир, Україна)
E-mail: ke_miyu@ztu.edu.ua. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3240-8719>

³аспірант II курсу факультету гірничої справи, природокористування та будівництва
Державний університет «Житомирська політехніка» (Житомир, Україна)
E-mail: hnetetskyi@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9806-6924>

⁴аспірантка II курсу кафедри екології та природоохоронних технологій
Державний університет «Житомирська політехніка» (Житомир, Україна)
E-mail: org_hsv@ztu.edu.ua. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7463-7867>

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ІНТЕГРАЦІЇ ВОДООХОРОННИХ ЗОН У ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ МІСЬКИХ КАДАСТРІВ

У статті досліджено проблему інтеграції водоохоронних зон у геоінформаційні системи міських земельних кадастрів. Проведено систематизацію та порівняльний аналіз існуючих підходів з урахуванням їхніх функціональних можливостей та обмежень. На основі аналізу практичного досвіду Житомирської міської територіальної громади розроблено програму поетапного впровадження геоінформаційної системи управління водоохоронними зонами. Запропоновано комплексні рішення для підвищення ефективності кадастрового обліку водоохоронних територій з урахуванням вимог до якості геопросторових даних.

Ключові слова: містобудівна документація; землі водного фонду; екологічна безпека; територіальна громада; землеустрій.

Рис.: 1. Бібл.: 27.

Актуальність теми дослідження. Стрімка урбанізація та інтенсивний розвиток міських територій створюють значний тиск на водні ресурси, що підкреслює критичну важливість ефективного управління водоохоронними зонами в контексті сталого розвитку міст. Інтеграція геоінформаційних інструментів у систему земельного кадастру стає ключовим фактором для покращення управління водоохоронними зонами та сприяння екологічній стійкості міського планування [1].

В умовах зростаючих екологічних викликів та виснаження водних ресурсів, розуміння того, як геоінформаційні технології можуть посилити включення водоохоронних зон у міське планування, набуває особливої актуальності. Геоінформаційні системи (ГІС) надають спеціалістам у сфері містобудування та планування територій та розробникам політики можливість візуалізувати, аналізувати та керувати просторовими даними, що робить їх незамінним інструментом у міському плануванні [2].

Для галузі геодезії та землеустрою актуальність теми визначається необхідністю вдосконалення методів інтеграції водоохоронних зон у земельні кадастри з використанням сучасних геоінформаційних технологій. Як зазначають Р. Фольк та інші [3], ефективність інтеграції водоохоронних зон у міський земельний кадастр значною мірою залежить від точності та достовірності кадастрових даних, що підкреслює важливість розробки надійних методик збору та управління даними.

Аналіз практики застосування геоінформаційних систем у землеустрої України виявляє суттєвий розрив між нормативно-правовим забезпеченням процесу встановлення водоохоронних зон та їх фактичною інтеграцією в кадастрові системи. Як зазначає А. Давидович [4], впровадження INSPIRE-сумісних кадастрових систем є ключовим фактором для ефективного управління екологічно важливими територіями, проте практичні підходи до такої інтеграції потребують суттєвого вдосконалення.

Сучасні геоінформаційні технології створюють нові можливості для верифікації та актуалізації просторових даних у земельному кадастрі [5], особливо в контексті адаптації міського планування до кліматичних змін та нових екологічних викликів. Однак існуючі дослідження здебільшого зосереджені на технічних аспектах геоінформаційних систем, залишаючи поза увагою комплексні підходи до інтеграції водоохоронних зон у кадастрові системи.

Запропонований у дослідженні підхід до системної інтеграції водоохоронних зон у геоінформаційні системи земельного кадастру враховує не лише технічні аспекти визначення меж (включаючи особливості рельєфу та гідрологічного режиму), але й забезпечує комплексне вирішення проблеми узгодження просторових даних з різних джерел. Це створює основу для підвищення ефективності управління водоохоронними територіями та забезпечення екологічної безпеки міст.

Постановка проблеми. Ключовою проблемою є недосконалість науково-методичних підходів до процесу інтеграції водоохоронних зон у геоінформаційні системи земельного кадастру. Відповідно до Водного кодексу України [6] та Порядку визначення розмірів і меж водоохоронних зон [7], встановлення таких зон є обов'язковим для створення сприятливого режиму водних об'єктів, запобігання їх забрудненню, засмічення і вичерпання. Проте за наявності законодавчо закріплених методик встановлення внутрішніх та зовнішніх меж водоохоронних зон, їх практична реалізація в геоінформаційних системах кадастру залишається недостатньо розробленою.

Аналіз нормативно-правової бази показує, що зовнішня межа водоохоронної зони має визначатися з урахуванням рельєфу місцевості, затоплення, берегоруйнування, меандрування річок та інших факторів. При цьому є розрив між теоретичними підходами та їх практичною реалізацією в кадастрових системах, що призводить до фрагментарності даних про водоохоронні зони та складнощів у визначенні їхніх меж. Земельний кодекс України [8] та Закон України «Про землеустрій» [9] передбачають необхідність відображення обмежень у використанні земель, включаючи водоохоронні зони, у документації із землеустрою та містобудівній документації, проте механізми інтеграції цих даних у геоінформаційні системи потребують вдосконалення.

Вирішення цієї проблеми важливе для систематизації та оцінки існуючих підходів до інтеграції водоохоронних зон у кадастрові системи, що дозволить визначити найбільш ефективні шляхи їх практичного впровадження. Це сприятиме покращенню процесів ухвалення рішень у сфері землеустрою та забезпеченню більш ефективного контролю за використанням прибережних територій. Особливої уваги це питання набуває в контексті вимог Водної Рамкової Директиви ЄС [10] щодо інтегрованого управління водними ресурсами, що передбачає необхідність впровадження басейнового принципу управління та відповідного геоінформаційного забезпечення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання інтеграції геоінформаційних систем у процеси управління водоохоронними зонами та їх відображення в земельному кадастрі активно досліджується науковою спільнотою. Теоретичні та методологічні аспекти впровадження геоінформаційних систем у земельний кадастр досліджували Е. Зиск [1], А. Да Сільва [2], які розробили концептуальні засади ідентифікації та управління міськими територіями. Значний внесок у розвиток технологічних аспектів впровадження геоінформаційних систем зробили Р. Мілчєв [11] та Й. Печар-Іліч [12], запропонувавши інноваційні підходи до моніторингу в реальному часі та хмарні архітектури ГІС-рішень.

Методологічні засади залучення громадськості до процесів картографування та моніторингу водоохоронних зон розробив Дж. Годвіл [13]. Питання прогностичного моделювання та оцінки змін у водоохоронних зонах досліджували Р. Фольк [3] та Б. Вазірі [14], які створили комплексні системи оцінювання з використанням мультиспектрального аналізу.

Питання стандартизації та інтеграції геопросторових даних у кадастрові системи детально досліджували науковці А. Давідович [4], а також М. Міка [15]. Вони розробили методологію для створення систем, що відповідають вимогам INSPIRE. В свою чергу, вчені Л. Серра Белліні [16], а також П. Ескандон-Панчана [17] зосередили свої дослідження на впливі кліматичних змін на управління водоохоронними зонами. У своїх роботах вони систематизували геоматичні інструменти, які сприяють сталому розвитку територій.

Особливу увагу дослідники приділяли питанням оцінки екологічних впливів та створення базових геопросторових баз даних, що відображено в роботах С. Камара [5]. Проте, незважаючи на значну кількість досліджень, питання практичного впровадження геоінформаційних інструментів для інтеграції водоохоронних зон у міські земельні кадастри потребує подальшого вивчення.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. На основі проведеного аналізу досліджень у сфері застосування геоінформаційних інструментів для інтеграції водоохоронних зон у міські кадастри виявлено декілька ключових аспектів, які залишаються недостатньо дослідженими. Насамперед, відсутня комплексна систематизація існуючих підходів до такої інтеграції, що суттєво ускладнює вибір оптимальних рішень для конкретних територіальних громад. Хоча в роботах [1; 3] розглянуто окремі технічні аспекти впровадження геоінформаційних систем, але відсутній порівняльний аналіз ефективності різних підходів.

Також залишається невирішеним питання механізмів координації та узгодження даних між різними джерелами інформації про водоохоронні зони, включаючи містобудівну документацію, землевпорядну документацію та екологічні дані, при їх інтеграції в єдину геоінформаційну систему міського кадастру. Особливо гостро ця проблема проявляється при аналізі практичних результатів застосування геоінформаційних інструментів у міських кадастрах України, де спостерігається значна фрагментарність даних та незгодженість підходів до їх представлення.

Важливим невирішеним аспектом залишається відсутність чітко визначених підходів до уніфікації даних про водоохоронні зони в геоінформаційних системах міських кадастрів відповідно до міжнародних стандартів. Зокрема, потребують детального дослідження механізми інтеграції даних з різних джерел, формати представлення просторової інформації про обмеження землекористування та способи забезпечення сумісності даних з європейськими геоінформаційними системами.

Крім того, недостатньо вивченим залишається взаємозв'язок між рівнем інтеграції водоохоронних зон у міські кадастри та ефективністю управління водними ресурсами, а також впливом на екологічну стійкість міських територій. Вирішення цих питань має критичне значення для забезпечення ефективного впровадження геоінформаційних інструментів у практику управління водоохоронними зонами українських міст та досягнення сталого розвитку міських територій.

Метою дослідження є систематизація існуючих підходів до інтеграції водоохоронних зон у геоінформаційні системи міських кадастрів та розробка на їх основі комплексного рішення з урахуванням аналізу практичного досвіду Житомирської міської територіальної громади.

Виклад основного матеріалу. Для досягнення мети дослідження спершу проведено систематизацію існуючих підходів до інтеграції водоохоронних зон у міські земельні кадастри. На сучасному етапі розвитку геоінформаційних технологій сформувалось декілька основних підходів, які різняться за функціональним призначенням, технічними характеристиками та ефективністю впровадження (табл. 1). ПС-моніторинг у реальному часі [11] забезпечує оперативний збір та обробку даних через IoT-датчики, що дозволяє

швидко реагувати на зміни, проте потребує значних інвестицій в інфраструктуру. Партиципативні геоінформаційні системи [13] базуються на залученні громади до картографування, що підвищує якість локальних даних, але вимагає значного часу на впровадження. Хмарні рішення [12] забезпечують доступність та масштабованість системи, хоча мають обмеження щодо безпеки даних. Прогностичне моделювання [1] дозволяє аналізувати сценарії розвитку територій, а інтегрована система кадастру [15] забезпечує комплексний підхід до управління даними. Мультиспектральний аналіз [14] надає можливість точного моніторингу великих територій, але залежить від погодних умов та потребує значних фінансових ресурсів. Аналіз цих підходів показує, що найбільш ефективним є застосування комплексного підходу, який поєднує елементи всіх напрямів, забезпечуючи як технологічну досконалість, так і практичну застосовність системи.

Таблиця 1 - Порівняльний аналіз підходів до інтеграції водоохоронних зон у геоінформаційні системи земельного кадастру

Підхід	Основні характеристики	Кількісні показники ефективності	Обмеження
ГІС-моніторинг у реальному часі [11]	- використання датчиків IoT; - збір даних у режимі реального часу; - постійний моніторинг якості води	- частота оновлення: 15 хв; - точність меж: $\pm 0,5$ м; - надійність: 99,9 %	- висока вартість впровадження; - потреба в технічній інфраструктурі
Партиципативні ГІС [13]	- залучення громади; - використання локальних знань; - спільне картографування	- активних користувачів: >1000; - точність даних: 85 %; - верифікація: 24 год	- потребує значного часу; - можливі конфлікти інтересів
Хмарні ГІС-рішення [12]	- зберігання даних у хмарі; - спільний доступ до даних; - інтеграція різних джерел	- доступність: 99,95 %; - час обробки: <2 сек; - обсяг даних: до 10 Тб	- залежність від інтернету; - питання безпеки даних
Прогностичне моделювання [1]	- аналіз сценаріїв розвитку; - оцінка ризиків; - моделювання впливів	- точність: 87 %; - горизонт: 5 років; - факторів: >20	- складність верифікації моделей; - потреба у великих наборах даних
Інтегрована система кадастру [15]	- поєднання різних типів даних; - стандартизація форматів; - єдина база даних	- підтримка форматів: 15+; - повнота даних: 95 %; - інтеграція: <1 доба	- складність впровадження; - висока вартість розробки
Мультиспектральний аналіз [14]	- використання даних ДЗЗ; - аналіз різних спектрів; - моніторинг змін	- роздільна здатність: 0,5-10 м; - кількість спектральних каналів: 4-8; - періодичність оновлення: 16 днів	- залежність від погодних умов; - висока вартість даних

Джерело: розроблено авторами за працями [1; 12; 13; 14; 15].

Отже, на основі проведеного аналізу запропоновано комплексний підхід, який інтегрує найбільш ефективні елементи розглянутих технологій для ефективного відображення водоохоронних зон у міських кадастрах. Ключовими елементами такої інтеграції є поєднання даних дистанційного зондування, результатів геодезичних вимірювань та матеріалів містобудівної документації в єдиній геоінформаційній системі. При цьому особлива увага приділяється забезпеченню узгодженості просторових даних через застосування єдиної системи координат та уніфікованих форматів даних, що дозволяє мінімізувати похибки при визначенні меж водоохоронних зон.

Важливим елементом запропонованого комплексного підходу є розроблена система забезпечення якості просторових даних, яка реалізується відповідно до вимог Закону України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» [18] та Порядку ведення Державного земельного кадастру [19]. Система базується на багаторівневому контролі, що починається з польового етапу робіт, де згідно з вимогами ДБН В.1.3-2:2010 «Геодезичні роботи у будівництві» [20] здійснюється калібрування та перевірка геодезичного обладнання, виконуються контрольні вимірювання.

На етапі камеральної обробки забезпечується топологічна узгодженість даних відповідно до ДСТУ 8774:2018 «Географічна інформація. Правила моделювання геопросторових даних» [21] та вимог Порядку загальнодержавного топографічного і тематичного картографування [22]. Особлива увага приділяється контролю геометричних характеристик об'єктів згідно з вимогами Порядку ведення Державного земельного кадастру [19]. Верифікація результатів здійснюється шляхом порівняльного аналізу отриманих даних з матеріалами Державного фонду топографо-геодезичних даних та перевірки їх відповідності вимогам Водного кодексу України щодо встановлення меж водоохоронних зон.

Для реалізації системи контролю якості використовуються геоінформаційні системи QGIS та ArcGIS, які забезпечують інструментарій для перевірки та підтримки якості геопросторових даних згідно з принципами, визначеними у ISO 19157:2013 Geographic information – Data quality [23]. Обробка даних здійснюється згідно з вимогами Закону України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» [24]. Такий підхід забезпечує формування єдиного інформаційного середовища для управління якістю просторових даних про водоохоронні зони відповідно до сучасних стандартів геопросторових даних.

Інтеграція водоохоронних зон у геоінформаційні системи земельного кадастру має базуватися на чітких нормативно-правових засадах. В Україні порядок встановлення та використання водоохоронних зон регулюється Водним кодексом України [6], Земельним кодексом України [8], Законами України «Про землеустрій» [9] та «Про регулювання містобудівної діяльності» [25], а також Порядком визначення розмірів і меж водоохоронних зон та режимом ведення господарської діяльності в них [7]. Ці нормативно-правові акти визначають:

- цільове призначення водоохоронних зон (створення сприятливого режиму водних об'єктів, попередження забруднення, збереження екосистем);
- структурні елементи (заплава річки, перша надзаплавна тераса, бровки і круті схили берегів, прилеглі балки та яри);
- принципи встановлення меж (внутрішня - мінімальний рівень води, зовнішня - з урахуванням природних та антропогенних факторів);
- режим господарської діяльності (обмеження щодо використання пестицидів, розміщення об'єктів, скидання стічних вод).

Відповідно до статті 110 Земельного кодексу України [8] та статті 32 Закону України «Про Державний земельний кадастр» [26], відомості про межі водоохоронних зон вносяться до Державного земельного кадастру як обмеження у використанні земель. Це створює правову основу для їх відображення в геоінформаційних системах.

Для оцінки ефективності запропонованого комплексного підходу та визначення особливостей його практичної реалізації розглянемо досвід впровадження в Житомирській міській територіальній громаді. Аналіз стану використання геоінформаційних інструментів для інтеграції водоохоронних зон у земельні кадастри Житомирської міської територіальної громади виявив низку системних проблем. У межах офіційного кадастрового поділу території виявлено суттєвий дисбаланс між нормативними вимогами та фактичним станом обліку водоохоронних зон. Хоча законодавством передбачено обов'язкове відображення водоохоронних зон у земельному кадастрі, фактично на території громади обліковуються лише 12 земельних ділянок категорії «землі водного фонду» загальною площею 39,4394 га (рис. 1).

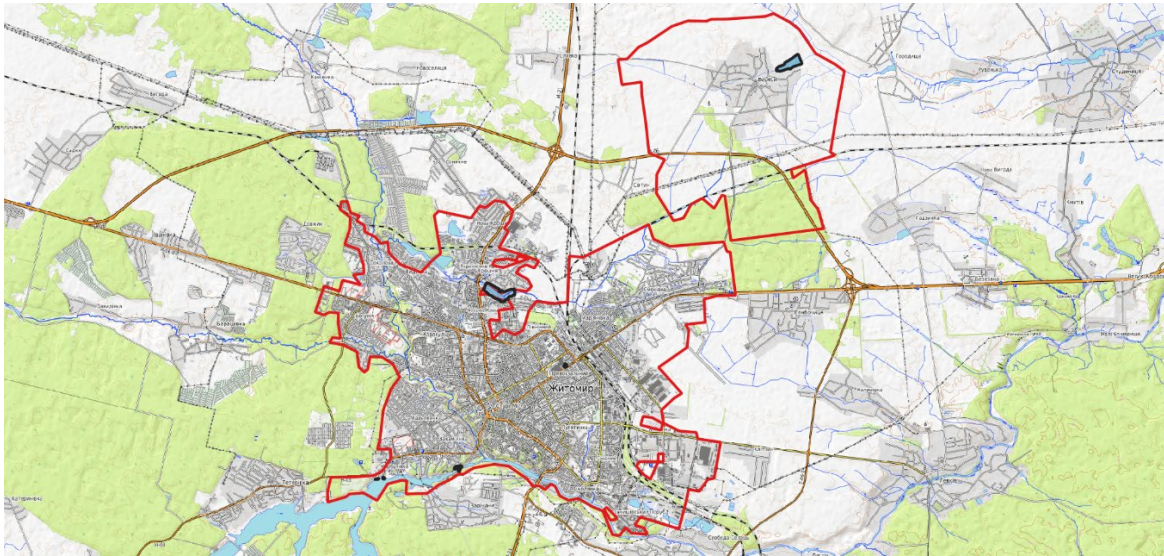


Рис. 1. Карта ділянок земель водного фонду Житомирської міської ТГ (сформовано авторами за кадастровим поділом [27]):

■ - межі ділянки земель водного фонду

Структурний аналіз цих ділянок показує, що 58 % площ (22,9282 га) призначені для рибогосподарських потреб; 35 % (13,8247 га) - для експлуатації гідротехнічних споруд; 7 % (2,6865 га) - інше призначення. Детальне дослідження виявило критичні невідповідності у класифікації земель. Зокрема, ділянка площею 0,5329 га на території ТРЦ "Глобал" помилково віднесена до земель водного фонду, що свідчить про недосконалість системи класифікації та верифікації даних. Просторовий аналіз розміщення земель водного фонду демонструє їх нерівномірний розподіл територією громади. Найбільша концентрація ділянок спостерігається в районі провулку 2-й Кривий (5 ділянок загальною площею 1,8247 га), що свідчить про відсутність системного підходу до визначення та картографування водоохоронних зон.

Порівняння фактичних даних із нормативними вимогами щодо розмірів водоохоронних зон (від 1000 метрів для річок) показує, що існуюча система кадастрового обліку охоплює менше 10 % необхідних територій. Це створює суттєві ризики для екологічної безпеки водних об'єктів та ускладнює реалізацію природоохоронних заходів.

Для покращення ситуації необхідне системне вдосконалення використання геоінформаційних інструментів, включаючи впровадження сучасних ГІС для картографування водоохоронних зон, проведення повної інвентаризації земельних ділянок водного фонду та гідроспоруд, інтеграцію актуальних даних про водоохоронні зони у кадастрові карти міста. Особливу увагу слід приділити розробці системи моніторингу за дотриманням режиму використання водоохоронних зон із використанням сучасних геоінформаційних технологій.

На основі проведеного дослідження розроблено комплексну програму впровадження геоінформаційної системи управління водоохоронними зонами, яка передбачає п'ять послідовних етапів реалізації протягом 2025-2030 років (табл. 2).

Підготовчий етап (2025-2026 рр.) зосереджений на формуванні інформаційної бази системи шляхом проведення детального аудиту існуючих 12 ділянок водного фонду та створення єдиної бази геопросторових даних згідно з вимогами ДСТУ 8774:2018. Для реалізації цього етапу використовується програмне забезпечення QGIS/ArcGIS для обробки та інтеграції просторових даних, отриманих за допомогою GNSS-приймачів геодезичного класу точності (RTK-режим) та інших методів геодезичних вимірювань згідно з ДБН В.1.3-2:2010. Точність визначення координат забезпечується відповідним геодезичним обладнанням та методикою виконання робіт.

Таблиця 2 - Програма поетапного впровадження геоінформаційної системи управління водоохоронними зонами (на прикладі Житомирської міської ТГ)

Етап	Терміни	Заходи	Методи та технічні рішення	Очікувані результати
Підготовчий	2025-2026	аудит існуючих даних про 12 ділянок водного фонду; створення бази геопросторових даних згідно з ДСТУ 8774:2018	QGIS/ArcGIS для обробки даних; GNSS-вимірювання згідно з ДБН В.1.3-2:2010	єдина база геоданих згідно стандартів; верифіковані межі ділянок
Геодезичне забезпечення	2026-2029	створення опорної геодезичної мережі; топографічне знімання прибережних територій; паспортизація водосховищ	наземні геодезичні вимірювання; дистанційне зондування; батиметричні дослідження	опорна геодезична мережа; цифрові паспорти водосховищ
Розробка ГІС	2026-2028	створення багатопарової ГІС; інтеграція з містобудівною документацією	веб-ГІС з відкритим кодом; система контролю якості даних; хмарне зберігання	функціонуюча ГІС; система верифікації даних
Впровадження	2027-2028	навчання персоналу; тестування системи; верифікація даних згідно нормативів	онлайн-тренінги; польові випробування; експертна оцінка	підготовлений персонал; протестована система; верифіковані дані
Моніторинг	2028-2030	впровадження системи моніторингу якості води; створення системи раннього оповіщення	ІоТ-сенсори; гідрологічне моделювання; інтеграція з регіональними системами	система моніторингу; карти ризиків; система оповіщення

Етап геодезичного забезпечення (2026-2029 рр.) включає створення опорної геодезичної мережі, проведення топографічного знімання прибережних територій та комплексне обстеження трьох ключових водосховищ території громади («Відсічне», «Житомирське», «Дениші»). Роботи виконуються з використанням наземних геодезичних вимірювань, методів дистанційного зондування та батиметричних досліджень. Результатом етапу є створення опорної геодезичної мережі та цифрових паспортів водосховищ з актуальною інформацією про їх стан та характеристики.

Етап розробки ГІС (2026-2028 рр.) передбачає створення багатопарової геоінформаційної системи відповідно до вимог Закону України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» з інтеграцією містобудівної документації. Технічне рішення базується на використанні веб-ГІС з відкритим кодом, впровадженні системи контролю якості даних та хмарним зберіганням, що забезпечує гнучкість та масштабованість системи.

Етап впровадження (2027-2028 рр.) фокусується на підготовці персоналу, тестуванні системи та верифікації даних згідно з нормативними вимогами. Проводяться онлайн-тренінги, польові випробування та експертна оцінка результатів, що забезпечує ефективне функціонування системи та її коректне використання.

Завершальний етап моніторингу (2028-2030 рр.) спрямований на впровадження системи моніторингу якості води та створення системи раннього оповіщення. Використання ІоТ-сенсорів та методів гідрологічного моделювання, інтеграція з регіональними системами дозволяє сформулювати комплексну систему моніторингу, створити карти ризиків та забезпечити оперативне реагування на зміни стану водних об'єктів.

Запропонована програма враховує специфіку території громади, наявні ресурси та вимоги чинного законодавства, що створює передумови для її успішної реалізації та досягнення поставлених цілей щодо ефективного управління водоохоронними зонами.

Висновки. Проведений аналіз підходів до інтеграції водоохоронних зон у геоінформаційні системи земельного кадастру та їх практичного застосування на прикладі Житомирської міської територіальної громади дозволив визначити основні напрями вдосконалення цього процесу. Систематизація існуючих методів виявила шість основних підходів до впровадження геоінформаційних інструментів, серед яких найбільш ефективним визначено комплексний підхід, що поєднує елементи різних технологічних рішень з урахуванням специфіки конкретної території.

Аналіз практичного стану інтеграції водоохоронних зон у кадастрову систему Житомирської міської ТГ виявив суттєві недоліки в організації геопросторових даних. Встановлено, що із загальної площі земель водного фонду 39,4394 га лише частина відповідає своєму цільовому призначенню, наявні проблеми з коректністю класифікації земельних ділянок та визначенням меж водоохоронних зон згідно з чинними нормативними вимогами.

Розроблено програму поетапного впровадження геоінформаційної системи управління водоохоронними зонами на період 2025-2030 рр., яка включає п'ять послідовних етапів: підготовчий, геодезичне забезпечення, розробка геоінформаційних систем, впровадження та моніторинг. Кожен етап передбачає використання сучасних технологій та дотримання вимог національних стандартів щодо якості геопросторових даних. Запропоновані рішення базуються на комплексному застосуванні геоінформаційних інструментів з урахуванням нормативно-правової бази та технічних можливостей реалізації, що створює основу для ефективного управління водоохоронними зонами міських територій.

Список використаних джерел

1. Konceptja systemu informacji geograficznej do identyfikacji zdegradowanych obszarów miejskich jako części systemu zarządzania zasobami gruntów – studium przypadku Polski / E. Zysk, A. Dawidowicz, S. Żróbek, R. Żróbek // *Cities*. – 2020. – Vol. 96. – P. 102423. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.CITIES.2019.102423>.
2. Da Silva, A. Smart governance based on multipurpose territorial cadastre and geographic information system: An analysis of geoinformation, transparency and collaborative participation for Brazilian capitals / A. Da Silva, R. Fernandes // *Land Use Policy*. – 2020. – Vol. 97. – P. 104752. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104752>.
3. Urban Resource Assessment, Management, and Planning Tools for Land, Ecosystems, Urban Climate, Water, and Materials—A Review / R. Volk, M. Rambhia, E. Naber, F. Schultmann // *Sustainability*. – 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14127203>.
4. System architecture of an INSPIRE-compliant green cadastre system for the EU Member State of Poland / A. Dawidowicz, M. Kulawiak, E. Zysk, K. Kocur-Bera // *Remote Sensing Applications: Society and Environment*. – 2020. – Vol. 20. – P. 100362. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100362>.
5. Kamara, S. Development of a Geographic Information Systems Baseline Spatial Geodatabase Template for Evaluating Potential and Predicted Environmental Impacts for Sustainable Environmental Impact Assessment of Mining in Sierra Leone / S. Kamara // *Journal of Geoscience and Environment Protection*. – 2020. DOI: <https://doi.org/10.4236/gep.2020.810018>.
6. Водний кодекс України [Електронний ресурс] : Закон України від 06.06.1995 р. № 213/95-ВР : станом на 15 листоп. 2024 р. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр#Text>.
7. Про Порядок визначення розмірів і меж водоохоронних зон та режим ведення господарської діяльності в них [Електронний ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 08.05.1996 р. № 486 : станом на 24 лип. 2021 р. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/486-96-п#Text>.
8. Земельний кодекс України [Електронний ресурс] : Закон України від 25.10.2001 р. № 2768-III : станом на 15 листоп. 2024 р. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text>.
9. Про землеустрій [Електронний ресурс] : Закон України від 22.05.2003 р. № 858-IV : станом на 15 листоп. 2024 р. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/858-15#Text>.
10. Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики [Електронний ресурс] : Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради від 23 жовт. 2000 р. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962#Text.
11. Miltchev, R. Optimizing the processing of large amounts of spatial data related to the ecosystem water service provided by forest territories / R. Miltchev, N. Shuleva, G. Milchev // *Acta Scientifica Naturalis*. – 2022. – Vol. 9. – Pp. 10-24. DOI: <https://doi.org/10.2478/asn-2022-0018>.

12. Pecar-Ilic, J. Application of GIS and Web technologies for Danube waterway data management in Croatia / J. Pecar-Ilic, I. Ruzic // *Environ. Model. Softw.* – 2006. – Vol. 21. – Pp. 1562–1571. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2006.05.003>.
13. Godwyll, J. M. Participatory GIS for inland water cadastre: case of Densuano, Koforidua, Ghana [Electronic resource] : PhD thesis / J. M. Godwyll. – KNUST, 2016. – 185 p. – Accessed mode: <https://ir.knust.edu.gh/bitstream/123456789/9161/1/JOSEPHINE-MARIE%20GODWYLL.pdf>.
14. Waziri, B. A. The Potentials of Geodatabase in the development control Process of the Department of Development Control Abuja Metropolitan Management Council : PhD thesis / B. A. Waziri. – AUST, 2024. – 245 p.
15. The concept of using the water cadastre databases components for the construction of multi-dimensional cadastre in Poland / M. Mika, M. Siejka, P. Leń, Ż. Król // *Survey Review.* – 2018. – Vol. 50. – Pp. 201-211. DOI: <https://doi.org/10.1080/00396265.2016.1263180>.
16. Serra Bellini, L. A heterogenous-source geoinformation system to manage climate-induced modifications on the landscape for sustainable development [Electronic resource] / L. Serra Bellini, A. Spanò, M. Cittadini Bellini, F. Giulio Tonolo // *Discover Sustainability.* – 2024. – Vol. 5, No. 1. – P. 297. – Accessed mode: <https://link.springer.com/article/10.1007/s43621-024-00516-8>.
17. Escandón-Panchana, P. Review of agricultural cadastre approaches using geomatics for rural development / P. Escandón-Panchana, G. Herrera-Franco, M. Jaya-Montalvo, S. Martínez-Cuevas // *WIT Transactions on Ecology and the Environment.* – 2024. – Vol. 262. – Pp. 465-478. DOI: <https://doi.org/10.2495/SDP240391>.
18. Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність [Електронний ресурс] : Закон України від 23.12.1998 р. № 353-XIV : станом на 27 груд. 2024 р. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14#Text>.
19. Про затвердження Порядку ведення Державного земельного кадастру [Електронний ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 17.10.2012 р. № 1051 : станом на 10 серп. 2024 р. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1051-2012-п#Text>.
20. ДБН В.1.3-2:2010. Геодезичні роботи у будівництві [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3199637436816688486?doc_type=2.
21. ДСТУ 8774:2018. Географічна інформація. Правила моделювання геопросторових даних [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=78080.
22. Про затвердження Порядку загальнодержавного топографічного і тематичного картографування [Електронний ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 04.09.2013 р. № 661 : станом на 04 вер. 2013 р. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/661-2013-п#Text>.
23. ISO 19157:2013. Geographic information – Data quality [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cdn.standards.itech.ai/samples/32575/cfc99e628ec6449c8a657df4061a0c7b/ISO-19157-2013.pdf>.
24. Про національну інфраструктуру геопросторових даних [Електронний ресурс] : Закон України від 13.04.2020 р. № 554-IX : станом на 13 квіт. 2020 р. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text>.
25. Про регулювання містобудівної діяльності [Електронний ресурс] : Закон України від 17.02.2011 р. № 3038-VI : станом на 15 листоп. 2024 р. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17#Text>.
26. Про Державний земельний кадастр [Електронний ресурс] : Закон України від 07.07.2011 р. № 3613-VI: станом на 08 листоп. 2024 р. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17#Text>.
27. Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру [Електронний ресурс]: офіційний веб-портал. – Режим доступу: <https://land.gov.ua/>.

References

1. Zysk, E., Dawidowicz, A., Żróbek, S., Żróbek, R. (2020). Koncepcja systemu informacji geograficznej do identyfikacji zdegradowanych obszarów miejskich jako części systemu zarządzania zasobami gruntów – studium przypadku Polski. *Cities*, 96, 102423. <https://doi.org/10.1016/J.CITIES.2019.102423>.

2. Da Silva, A., & Fernandes, R. (2020). Smart governance based on multipurpose territorial cadastre and geographic information system: An analysis of geoinformation, transparency and collaborative participation for Brazilian capitals. *Land Use Policy*, 97, 104752. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104752>.
3. Volk, R., Rambhia, M., Naber, E., & Schultmann, F. (2022). Urban Resource Assessment, Management, and Planning Tools for Land, Ecosystems, Urban Climate, Water, and Materials – A Review. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su14127203>.
4. Dawidowicz, A., Kulawiak, M., Zysk, E., & Kocur-Bera, K. (2020). System architecture of an INSPIRE-compliant green cadastre system for the EU Member State of Poland. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 20, 100362. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100362>.
5. Kamara, S. (2020). Development of a Geographic Information Systems Baseline Spatial Geodatabase Template for Evaluating Potential and Predicted Environmental Impacts for Sustainable Environmental Impact Assessment of Mining in Sierra Leone. *Journal of Geoscience and Environment Protection*. <https://doi.org/10.4236/gep.2020.810018>.
6. Water Code of Ukraine. (2024), Law of Ukraine No. 213/95-VR of June 6, 1995 (as amended up to November 15, 2024). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр#Text>.
7. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2021), Resolution No. 486 "On the Procedure for Determining the Size and Boundaries of Water Protection Zones and the Regime of Economic Activity in them" of May 8, 1996 (as amended up to July 24, 2021). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/486-96-п#Text>.
8. Land Code of Ukraine. (2024), Law of Ukraine No. 2768-III of October 25, 2001 (as amended up to November 15, 2024). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text>.
9. Law of Ukraine "On Land Management". (2024), Law No. 858-IV of May 22, 2003 (as amended up to November 15, 2024). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/858-15#Text>.
10. European Parliament and Council. (2000), Directive 2000/60/EC of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. Retrieved November 28, 2024. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962#Text.
11. Miltchev, R., Shuleva, N., & Milchev, G. (2022). Optimizing the processing of large amounts of spatial data related to the ecosystem water service provided by forest territories. *Acta Scientifica Naturalis*, 9, 10-24. <https://doi.org/10.2478/asn-2022-0018>.
12. Pecar-Ilic, J., & Ruzic, I. (2006). Application of GIS and Web technologies for Danube waterway data management in Croatia. *Environ. Model. Softw.*, 21, 1562-1571. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2006.05.003>.
13. Godwyll, J. M. (2016). Participatory GIS for inland water cadastre: case of Densuano, Koforidua, Ghana (Doctoral dissertation). <https://ir.knust.edu.gh/bitstream/123456789/9161/1/JOSEPHINE-MARIE%20GODWYLL.pdf>.
14. Waziri, B. A. (2024). The Potentials of Geodatabase in the development control Process of the Department of Development Control Abuja Metropolitan Management Council (Doctoral dissertation, AUST).
15. Mika, M., Siejka, M., Leń, P., & Król, Ż. (2018). The concept of using the water cadastre databases components for the construction of multi-dimensional cadastre in Poland. *Survey Review*, 50, 201-211. <https://doi.org/10.1080/00396265.2016.1263180>.
16. Serra Bellini, L., Spanò, A., Cittadini Bellini, M., & Giulio Tonolo, F. (2024). A heterogenous-source geoinformation system to manage climate-induced modifications on the landscape for sustainable development. *Discover Sustainability*, 5(1), 297. <https://link.springer.com/article/10.1007/s43621-024-00516-8>.
17. Paulo Escandón-Panchana, Gricelda Herrera-Franco, María Jaya-Montalvo, Sandra Martínez-Cuevas (2024). Review of agricultural cadastre approaches using geomatics for rural development. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 262, 465-478. DOI:10.2495/SDP240391.
18. Law of Ukraine "On Topographic, Geodetic and Cartographic Activities". (2024), Law No. 353-XIV of November 23, 1998 (as amended up to November 27, 2024). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14#Text>.
19. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine "On Approval of the Procedure for Maintaining the State Land Cadastre". (2024). Resolution No. 1051 of October 17, 2012 (as amended up to August 10, 2024). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1051-2012-п#Text>.
20. DBN V.1.3-2:2010. Geodetic Works in Construction. (2010). https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3199637436816688486?doc_type=2.
21. DSTU 8774:2018. Geographic Information. Rules for Geospatial Data Modeling. (2018). https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=78080.

22. Pro zatverdzhennia Poriadku zahalnoderzhavnoho topografichnoho i tematychnoho kartohrafuvannia [On Approval of the Procedure for National Topographic and Thematic Mapping], Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No 661 (September 4, 2013). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/661-2013-п#Text>.

23. ISO 19157:2013. Geographic information — Data quality. (2013). <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/32575/cfc99e628ec6449c8a657df4061a0c7b/ISO-19157-2013.pdf>.

24. Pro natsionalnu infrastrukturu heoprosorovykh danykh [On National Geospatial Data Infrastructure Law of Ukraine], Law No. 554-IX of April 13, 2020. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text>.

25. Pro rehuliuivannia mistobudivnoi diialnosti [On Urban Planning Regulation Law of Ukraine], Law No. 3038-VI of February 17, 2011. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17#Text>.

26. Pro Derzhavnyi zemelnyi kadastr [On State Land Cadastre Law of Ukraine], Law No. 3613-VI of July 7, 2011. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17#Text>.

27. Derzhavna sluzhba Ukrainy z pytan heodezii, kartografii ta kadastru [State Service of Ukraine for Geodesy, Cartography and Cadastre]. (2024). <https://land.gov.ua/>.

Отримано 21.12.24

UDC 528.9:711.14:504.06

**Hanna Kireitseva¹, Illia Tsyhanenko-Dziubenko²,
Oleksandr Hnitetskyi³, Svitlana Khomenko⁴**

¹PhD in Economics, Doctoral Student,

Associate Professor at the Department of Ecology and Environmental Protection Technologies
Zhytomyr Polytechnic State University (Zhytomyr, Ukraine)

E-mail: gef_kgv@ztu.edu.ua. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-1055-1784>

²PhD Student (3rd year) at the Department of Ecology and Environmental Protection Technologies
Zhytomyr Polytechnic State University (Zhytomyr, Ukraine)

E-mail: ke_miyu@ztu.edu.ua. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-3240-8719>

³PhD Student (2nd year) at the Faculty of Mining, Nature Management, and Construction
Zhytomyr Polytechnic State University (Zhytomyr, Ukraine)

E-mail: hnitetskyi@gmail.com. **ORCID:** <https://orcid.org/0009-0009-9806-6924>

⁴PhD Student (2nd year) at the Department of Ecology and Environmental Protection Technologies
Zhytomyr Polytechnic State University (Zhytomyr, Ukraine)

E-mail: org_hsv@ztu.edu.ua. **ORCID:** <https://orcid.org/0009-0002-7463-7867>

A COMPREHENSIVE APPROACH TO INTEGRATING WATER PROTECTION ZONES INTO URBAN CADASTRAL GEOINFORMATION SYSTEMS

Relevance of the Research Topic. Modern urbanization processes and increasing anthropogenic pressure on water bodies necessitate the implementation of effective tools for managing water protection zones. The integration of geoinformation technologies into urban cadastral systems creates new opportunities for ensuring sustainable development of urban territories and protection of water resources.

Problem Statement. Existing approaches to representing water protection zones in cadastral systems are characterized by data fragmentation and insufficient compliance with national standards requirements. The lack of a comprehensive approach to ensuring geospatial data quality complicates the process of integrating water protection zones into urban cadastral systems.

Research Aim is to develop a comprehensive approach to integrating water protection zones into urban cadastral geoinformation systems, based on the systematisation of existing methods and analysis of practical experience of the Zhytomyr City Territorial Community.

Main Material. A systematization and comparative analysis of six main approaches for integrating water protection zones into geoinformation systems has been conducted. A program for phased implementation of a water protection zone management system has been developed, taking into account national standards requirements for geospatial data quality. Practical aspects of implementing the proposed solutions have been analyzed using the example of the Zhytomyr City Territorial Community.

Conclusions. The developed comprehensive approach provides a systematic solution to the problem of integrating water protection zones into urban cadastral systems. The proposed program for phased implementation of the geoinformation system creates a foundation for effective management of water protection territories and enhancement of urban environmental sustainability. The research results have practical significance for modernizing cadastral systems and improving urban planning processes.

Keywords: urban cadastral systems, water protection zones, geoinformation technologies, geospatial data quality, territorial community, environmental sustainability.

Fig.: 1. References: 27.