

## ЗАСТОСУВАННЯ BIM GIS-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ МІСТОБУДІВНОГО КАДАСТРУ

П.Д. Крельштейн<sup>1</sup>, Л.В. Тустановська<sup>1</sup>, І.С. Бугаєнко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка ННІ "Інститут геології", вул. Васильківська 90, м. Київ, 03022, Україна, e-mail: ljute4@ukr.net

<sup>2</sup>Департамент земельних ресурсів, вул. Хрещатик 32А, м. Київ, e-mail: bugaenko.irina.1991@gmail.com

Інформаційне моделювання BIM (Building Information Modeling) на практиці застосовують для поліпшення результатів на різних етапах життєвого циклу об'єкта будівництва, а саме концептуальне планування, дизайн, закупівля матеріалів і будівництво, введення в експлуатацію, технічне обслуговування та витяг прибутку, а також знесення або реалізація під інші потреби. Середовище BIM наділене функціями, адаптованими до ГІС без втрати даних, що унеможливує помилки при їх передачі та перетворенні. Інтегрування геопросторового та інженерного дизайну в одній базі даних дає змогу мати одну копію для кожного елемента даних у разі його колективного використання, застосовувати автоматизований аналіз варіантів дизайну, що скорочує цикл планування. Впровадження програми прогнозу економії коштів для енергетичних компаній, проектування будівель, вимог і стандартів забезпечує зниження енергоспоживання будівель до необхідних меж. BIM та ГІС є основою даних для моделювання та аналізу енергетичної ефективності будівель.

**Ключові слова:** інформаційне моделювання, геопросторові об'єкти, реєстраційні системи, експлуатація будівель, кадастровий облік, інженерний дизайн, Державний земельний кадастр.

**Актуальність теми.** В умовах ХХІ ст. будь-який кадастр — це не просто облік чи список зведення даних, а геоінформаційна система відомостей про геопросторові об'єкти, що існують у реальності, характеризуються певним положенням на Землі та визначені в установленій системі просторово-часових координат.

Незважаючи на визнання таких хорологічних і хронологічних властивостей об'єктів кадастрового обліку на законодавчому рівні, в українських кадастрах (земельному, водному, містобудівному тощо) досі відсутня просторова складова — значення висоти—глибини (координата  $z$ ). Двовимірний (площинний) кадастр не в змозі адекватно відобразити просторово-часові властивості об'єктів нерухомого майна, а також пов'язаних з ними прав і обмежень. На сьогодні земельну ділянку розглядають як обмежену частину земної поверхні з простором над і під нею. Проте такий підхід є хибним для великих міст — мегаполісів, простір яких є складною багаточасовою структурою з множиною різнопланових інтересів, що перетинаються і накладаються. З огляду на бурхливий розвиток сучасних великих міст гостро постає необхідність формування мультимірного багатоцільового комплексного кадастру мегаполісів для уможливлення відображення усієї сукупності хорологічних та хронологічних властивостей просторових об'єктів, що зумовлює актуальність дослідження.

На міжнародному рівні проблематика створення просторового тривимірного кадастру достатньо активно опрацьовується протягом останнього десятиліття. До провідних установ, що спеціалізуються на дослідженні цього питання, слід зарахувати Мельбурнський університет в Австралії, Делфтський

технічний університет у Нідерландах, а також Міжнародну Федерацію Геодезистів (FIG), об'єднані комісії якої активно працюють суто над проблемами 3D кадастрів [3;7].

Реєстрація просторово-часових властивостей об'єктів стала реальністю завдяки здобуткам таких учених, як М. Калантарі, Ж. Стотер, П. Оостером, Г. Плогер, К. Леммен А. Раджабіфард, А. Айен та ін. [5].

В Україні темі відображення просторово-часових властивостей об'єктів кадастрового обліку наукове суспільство приділяє недостатньо уваги, а наявні публікації носять переважно декларативний характер і стосуються, в основному, правових аспектів. Це підтверджує необхідність дослідження правових, технічних і технологічних сторін порушеного питання.

BIM (*Building Information Modeling* — інформаційне моделювання) є сумою технологій, наслідком еволюції систем імітаційного моделювання. Це відповідь на зростаючу складність функцій та підсистем її обслуговування у будівлях, на вимоги сучасності до форми конструкцій як з архітектурної, так і з конструктивної позиції.

Сучасні технології BIM укрупнюють підсистеми будівлі в один супероб'єкт, що вже реалізовано у деяких комплексах [2]. Вочевидь укрупнення і взаємointegraція BIM-систем не можуть залишитися у межах будівлі. Нині системи BIM кожної споруди органічно виходять на рівень інтеграції у міське середовище. Це зумовлює перехід BIM-технологій у 4D- та 5D-системи. 4D-системи уже широко застосовують у локальних BIM, що дає змогу моделювати монтаж елементів каркасу та огороження. 5D-системи накопичують якісні дані BIM та поширюють сполученість із ГІС-технологіями. Таким

чином, сучасні BIM-системи є частиною інформаційних систем, що накопичують і несуть інформацію про явища природи, з якими ми взаємодіємо, соціально економічну історію життя людей [1].

**Мета дослідження** — визначення світових тенденцій у застосуванні комбінованих BIM- і GIS-технологій для різних категорій зацікавлених осіб і організацій в усьому спектрі інтересів АЕСОО-індустрії (стандартний термін — АЕСОО). АЕСОО (Architecture, Engineering, Construction, Owner and Operator) — це Архітектори, Інженери, Будівельники, Власники і Оператори (експлуатаційні організації).

**Задачі дослідження:**

- визначення світових тенденцій у застосуванні комбінованих BIM GIS-технологій;
- аналіз нормативно-правового регулювання створення та функціонування об'єктів;
- аналіз удосконалення та розвитку державного земельного та містобудівних кадастрів на основі ГІС-технологій;
- удосконалення методів і технологій управління нерухомістю;
- удосконалення планово-картографічних матеріалів державних кадастрів на основі геоінформаційного моделювання території.

**Об'єкт дослідження** — ділянка, що виділена для новобудови в населеному пункті.

**Предмет дослідження** — сучасні методи, засоби і технології, які використовують під час досліджень геопросторових об'єктів та моделювання їх впливу.

**Методи дослідження** — спостереження, аналіз, моніторинг, моделювання, синтез, концептуалізація, статистичний метод.

**Наукова новизна** — розроблено пропозиції щодо вдосконалення системи ведення державних кадастрів; застосування методу моделювання шляхом використання актуалізованих даних; раціоналізація використання територій шляхом уведення ГІС.

**Практична цінність** — результати дослідження розширюють наукові знання, можуть бути використані при розробці та вдосконаленні законодавчого та нормативно-правового регулювання земельних відносин в Україні з подальшим використанням у науково-дослідній, навчальній та практичній сферах.

Зокрема, можуть бути усунуті розбіжності нормативно-правових положень, які існують у сучасних реєстрах.

Матеріали досліджень у вигляді геоінформаційної бази даних можуть бути корисними для аналізу впливу об'єктів на прилеглі території; розрахунку збитків, що були спричинені створенням об'єкта; розрахунку економічного ефекту від раціоналізації використання прибережних зон; моніторингу досліджуваних об'єктів з метою контролю здійснення землеустрою.

**Аналіз сучасних кадастрових систем країн Європи.** Кадастрові та реєстраційні системи є в кожній з країн Європи. У цих платних системах зареєстровані

права на нерухомість фізичних осіб, крім того, до реєстрів внесені дані щодо фізичних осіб. У кожній країні є свої особливості даних систем.

Умовно можна виділити такі основні блоки країн з певною адміністративною системою [6, 7]:

1) так званою наполеонівською — переважно країни півдня Європи, включаючи Францію, Іспанію, Італію та ін.;

2) німецькою — Німеччина, Австрія, Швейцарія.

3) скандинавською, найяскравіший представник — Швеція;

4) англосаксонською — Велика Британія та інші країни світу, які тою чи іншою мірою зазнали впливу англійського «загального права», включаючи США і Канаду.

У країнах з наполеонівською системою головна мета кадастру — оподаткування власності (фіскальний кадастр), що не має функцій юридичного кадастру (або системи, спрямованої на захист прав власності).

Німецька система управління нерухомістю, виходячи з юридичних традицій країн, які належать до цієї групи, відрізняється від раніше розглянутих систем реєстрації передусім детально обробленими процедурами, високою точністю визначення меж землеволодінь, гарантіями розташування кордонів, гарантіями зареєстрованих прав і т. п.

Особливістю скандинавських країн є централізація реєстру власності, а також значний вплив західноєвропейських (німецьких) традицій реєстрації. Ці країни мають точні великомасштабні карти нерухомості, створені в єдиній системі координат, які покривають усю країну і на яких ґрунтується система реєстрації прав власності.

Реєстри власності ведуть центральні державні офіси, ділянки нерухомості картографують на рівні провінцій.

Найбільших успіхів у створенні реєстру власності досягла Швеція, яка має єдиний банк даних про нерухомість.

Економічні та політичні зміни в європейських країнах, процеси глобалізації, які зумовлюють активізацію ринків нерухомості, зростання вимог до оперативності, точності та обсягу інформації про нерухоме майно, приводять і до змін реєстраційних систем європейських країн.

З початку 1980-х років у Європі відбуваються «кадастрова» реформа, що пов'язана із застосуванням новітніх технологій та комп'ютеризацією реєстрів, і перехід від децентралізованої системи ведення до централізованої. Існують деякі причини зазначеного: автоматизація обліку реєстраційної системи, зростання обсягу та складності реєстраційних бізнес-процесів, унаслідок чого сформовано єдині інформаційні ресурси на рівні держави. Конкретні проекти з централізації та автоматизації реєстраційного обліку реалізуються або успішно завершені в Данії, Швеції, Нідерландах та Норве-

гії. Об'єднання функцій ведення реєстрації прав та кадастрової діяльності у рамках однієї організації — одна з найважливіших тенденцій розвитку реєстраційних систем цих країн [9].

У жовтні 2004 р. створено Європейську асоціацію земельних реєстрів (ELRA). Головна мета діяльності асоціації — розробка і розуміння ролі земельної реєстрації у приватній і громадській власності. Кількість членів ELRA постійно зростає.

Найвагомішим проектом міжнародного співробітництва в галузі систем реєстрації на сьогодні є проект EULIS (European Land Information Service — Європейська служба інформації про Землю) 2006 р. Основне завдання проекту — надати можливість пошуку інформації через Інтернет у режимі online за реєстраційними системами європейських країн на основі ГІС.

Реєстраційні інформаційні системи країн-учасників (Швеція, Нідерланди, Литва, Англія, Уельс, Норвегія, Австрія, Фінляндія, Шотландія та Ірландія) працюють одночасно як постачальники та розповсюджувачі інформації для порталу EULIS [<http://eulis.eu/>].

За даними ООН Європейська економічна комісія визначила соціально-економічні переваги, які надає реєстраційна система:

- гарантування прав власності та землекористування;
- інформаційне забезпечення оподаткування землі та нерухомості;
- гарантування кредитів;
- забезпечення судових процесів доказовим матеріалом;
- зниження кількості земельних спорів;
- підтримка розвитку земельного ринку та контролю за його функціонуванням;
- захист земель державної власності;
- підтримка проведення земельної реформи;
- сприяння поліпшенню якості земель та нерухомості;
- поліпшення планування, містобудування та сприяння розвитку інфраструктури;
- підтримка природоохоронної діяльності;
- збір та обробка статистичних даних, необхідних для забезпечення сталого соціально-економічного розвитку [8].

**Основи моделювання 3D-моделі міст.** 3D-моделі міст — це цифрові зображення поверхні Землі і пов'язані з ними просторові об'єкти. Такі моделі забезпечують широке застосування, які, у свою чергу, створюють попит на деталізовані моделі у певній галузі або навіть цілеспрямовані моделі об'єктів.

Моделі у цій сфері поділяють на два типи: дизайн і реальний світ моделей.

Водночас моделі реального світу є геопросторовими інформаційними системами, які зображують існуючі просторові об'єкти навколо нас у вигляді ГІС.

Велика частина зусиль у сфері 3D-моделювання

міст, включаючи Web-сервіси, фокусується на поданні графічних або геометричних моделей, однак топологію часто ігнорують. Тому вказані моделі придатні переважно для візуалізації, але не для ГІС-додатків, де необхідні тематичні запити, завдання аналізу, імітаційне моделювання та просторовий аналіз даних.

Візуалізація сьогодні, ймовірно, є вершиною айсберга стосовно більшості 3D програм. Проте важливі галузі застосування можуть отримувати щонайбільше даних.

З метою поєднати 3D-моделі та інтегрувати їх у ГІС-системи був розроблений CityGML як просторова модель, що є семантичною інформаційною моделлю і відкритим стандартом.

Дослідження і розробки у цій галузі привели до розробки інформаційного моделювання будівель (BIM) для вирішення питань будівельної галузі та її різних цілей. BIM сьогодні має на меті стати активною галуззю досліджень для розв'язання проблем, пов'язаних з інформацією, а саме інтеграції та інтероперабельності [1, 5].

Загальні довідкові моделі з'явилися приблизно у 1988 р. Галузеві фондові класи (Industry Foundation Classes (IFC)) були одним з результатів досліджень і розробок у сфері BIM, які розпочались у 1996 р. (IAI, 1999). Стандарт IFC репрезентує не лише компоненти, які моделює, а й різні вдосконалені процеси та аналізи, що засновані на просторових співвідношеннях між цими компонентами.

Галузеві фондові класи та мова розмічання CityGML — дві найвідоміші семантичні моделі для зображення дизайну та об'єктів реального світу.

Зазначена інтеграція дає змогу створювати уніфіковані додатки, які терміново необхідні. Досліджують ситуацію з існуючими будівлями і їх зображення на схемах IFC і CityGML.

**Інтеграція BIM- та GIS-технологій.** Інформаційне моделювання будівель (BIM) — один з основних технологічних та інноваційних трендів XXI ст., який привів до тотальної трансформації будівельної індустрії у світі (рис. 1). Найбільш поширене таке визначення BIM: «Це цифрове зображення фізичних і функціональних характеристик об'єкта, що сформоване у вигляді загальнодоступного ресурсу, бази знань, яку використовують як надійну інформаційну основу для прийняття рішень протягом усього життєвого циклу об'єкта, від ранніх етапів вироблення концепції до знесення або утилізації».

На практиці BIM є набором технологій і процесів, які мають приводити до поліпшення результатів на різних етапах життєвого циклу об'єкта будівництва, включаючи ранні етапи концептуального планування, дизайн, закупівлі і будівництво, введення в експлуатацію, технічне обслуговування та витяг прибутку, а також знесення або реалізацію під інші потреби (рис. 2). Спочатку BIM застосовували виключно до окремих будівель (Building, звідси

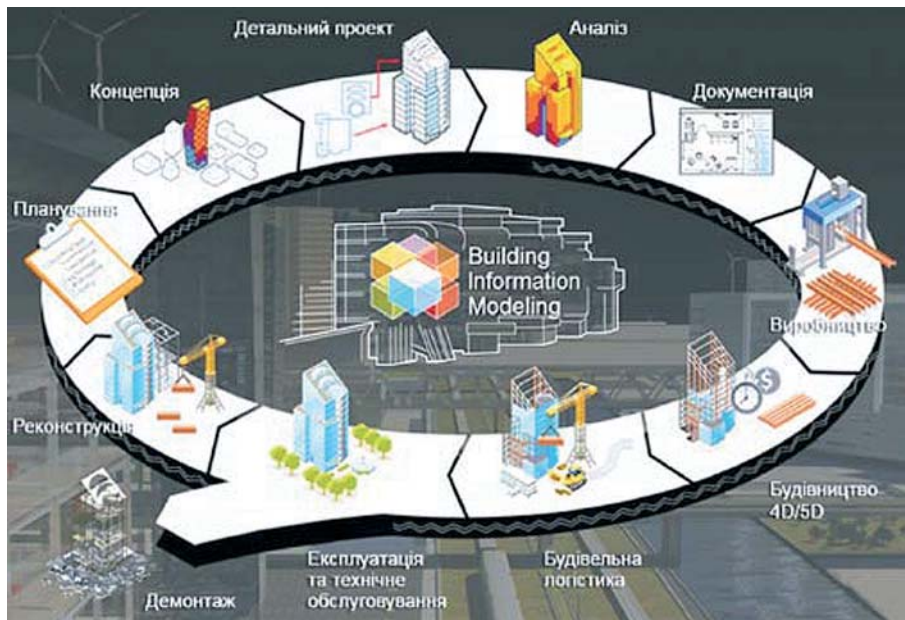


Рис. 1. Основні процеси BIM  
Fig. 1. Basic processes of BIM

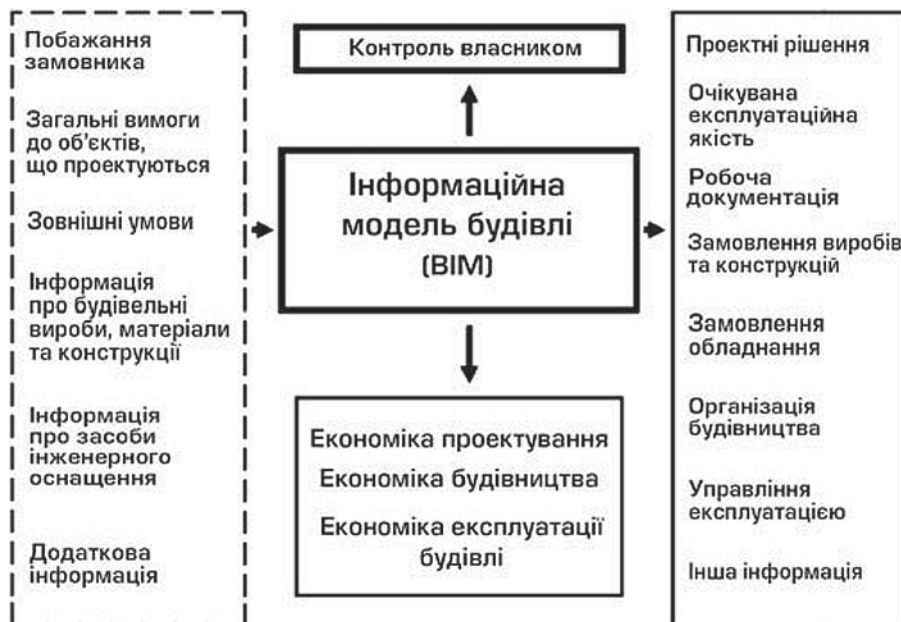


Рис. 2. Укрупнена схема інформаційних зв'язків BIM  
Fig. 2. An integrated BIM information communication scheme

літера «В» в аббревіатурі), але на цей час термін набуває загальнішого сенсу, охоплює інфраструктури, специфічні капітальні об'єкти (наприклад мости) і фактично перетворюється в інформаційне моделювання [6].

Числову інформацію про існуючий або запланований об'єкт BIM використовують з метою:

- ✓ прийняття конкретних проектних рішень;
- ✓ створення високоякісної проектної документації;
- ✓ передбачення експлуатаційних якостей об'єкта;
- ✓ розроблення кошторисів й будівельних планів;

- ✓ замовлення та виготовлення матеріалів, конструкцій та обладнання;
- ✓ управління зведенням будівлі та її експлуатацією, а також засобами технічного оснащення протягом усього життєвого циклу; управління будівлею як об'єктом комерційної діяльності;
- ✓ проектування та реконструкції або ремонту будівлі, її знесення та утилізації.

Застосування інформаційної моделі будівлі істотно полегшує роботу з об'єктом і має переваги порівняно з класичними методами проектування. Насамперед BIM дає змогу розробити у віртуальному режимі, пов'язати разом та узгодити створювані різними



Рис. 3. Елементи (атрибути) створення моделі «цифрового» світу

Fig. 3. Elements (attributes) of creation of model of «digital» world

фахівцями та організаціями компоненти, системи майбутньої споруди, заздалегідь перевірити їх життєздатність, функціональність й експлуатаційні якості.

За допомогою BIM створюють модель, у якій можуть паралельно працювати архітектори, конструктори, інженери, землевпорядники та інші фахівці, залучені до проекту.

Середовище BIM підтримує функції спільної роботи впродовж усього життєвого циклу без ризику неузгодженості або втрати даних, а також унеможливорює помилки при їх передачі та перетворенні.

Прийняття зважених рішень на ранніх етапах існування об'єкта заздалегідь дає змогу заощадити, адже відомо, що ціна внесення змін у проект зростає експоненціально із часом від початку робіт (рис. 4).

У BIM і ГІС інтегрують різні технологічні напрями: 3D-моделювання, модель-орієнтоване проектування, побудова та аналіз різного роду поверхонь, отримання об'єктивних даних щодо об'єктів за допомогою лазерного сканування (LiDAR), реалізація 3D-середовища візуалізації. Ці технології в різних комбінаціях все частіше використовують для поліпшення фаз життєвого циклу об'єкта будівництва, що визначає, у свою чергу, і сфери застосування BIM-GIS [4].

Так, відома будівельна фірма Parsons-Brinckerhoff, підрозділ Balfour Beatty, є лідером у застосуванні 3D-моделювання для перевірки якості проектування, виявлення колізій параметричного моделювання і візуалізації проектних рішень на етапах проектування, а також 4D- (час + 3D) і 5D-моделювання (вартість + час + 3D) для контролю графіка виконання робіт на етапі будівництва. У рамках багатьох проектів ця компанія виявила одне з найважливіших переваг застосування комбінованого інженерного і ГІС підходів — поліпшення взаємодії між усіма зацікавленими сторонами, особливо з особами, які приймають рішення, але не мають необхідної технічної підготовки [5].

Для прикладу, на проектах будівництва швидкісних автодоріг фірма Parsons-Brinckerhoff використовує ігрові технології до початку реального будівництва. В результаті публіка може проїхати ще не побудованою дорогою у віртуальному оточенні і детально уявити навіть тимчасові дороги та об'їзди, які необхідні під час будівництва.

Інший приклад: інжинірингова компанія ARCADIS Netherlands була залучена до проекту з інтеграції геопросторової інформації на стадії дизайну для великих інфраструктурних транспортних

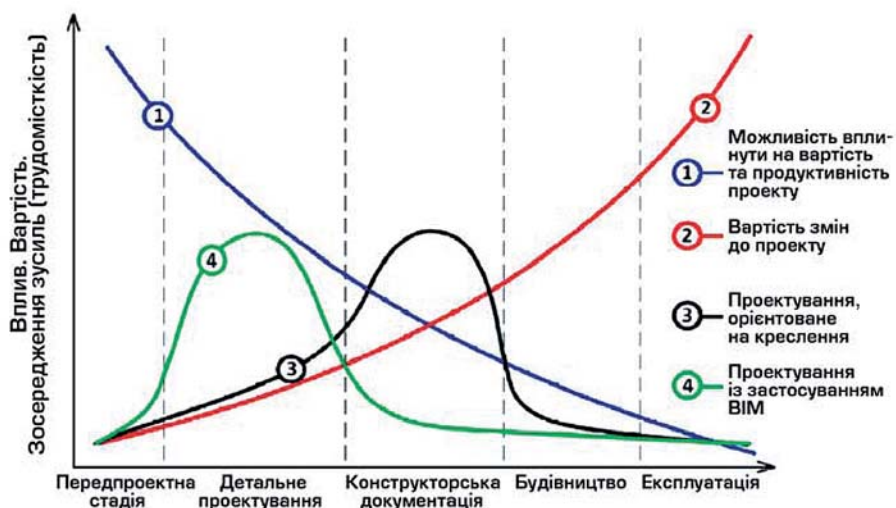


Рис. 4. Зміна ціни та можливостей внесення змін у проект із часом від початку проектних робіт із застосуванням BIM

Fig. 4. Changing the price and the ability to make changes to the project from from the beginning of the BIM design work

проектів, таких як комбінований високоякісний громадський транспорт (HOV). У ході проекту було визнано, що інтеграція геопросторового та інженерного дизайну в одній базі даних дає змогу мати одну копію для кожного елемента даних за колективного використання його безліччю робочих груп.

Інтегроване рішення спрощувало взаємодію і підвищувало результуючу якість дизайну. Крім того, було застосовано автоматизований аналіз варіантів дизайну, що скоротило цикл планування. Компанія ARCADIS виділила деякі критичні для бізнес-процесу геопросторові технології у будівельному життєвому циклі, включаючи планування/підготовку, управління активами/обслуговування і управління на основі as-build «В точності, як побудовано». Було виявлено три проблеми для інтеграції інженерних і ГІС рішень:

- семантика: різними термінами позначали одні й ті самі речі у ГІС-аналізі та в роботі інженерів і проектувальників;
- різні топології: ГІС використовує точки, лінії і полігони; CAD/BIM — сплайни, параметричні криві та ін.;
- формати даних і стандарти: ГІС використовує шейп-файли, GML і CityGML; CAD / BIM — DWG, DGN, RVT файли й IFC.

Традиційно проблема полягала в тому, що інженерні рішення, з одного боку, і ГІС-рішення — з іншого, малі різні культури, свої мови та інструменти. Крім того, виконавці працюють у різних масштабах: ГІС має справу з універсальними речами, інженери орієнтовані на вузькоспеціалізовані напрями [4]. Це накладає додаткові вимоги до кваліфікації й складу персоналу, який залучений у проекти на різних етапах їхнього життєвого циклу. Терміни Horizontal BIM, heavy BIM, VDC, civil information modelling, BIM on its side або BIM for infrastructure, які використовують у будівельній індустрії, не відповідають термінам модель-орієнтованих технологій і процесів, які застосовують у проектах, де основними елементами не є будівлі. Такі проекти, як правило, належать до інфраструктурних, наприклад, пов'язані з дамбами або греблями; з подачею води або відведенням каналізації; залізничними коліями, дорогами, мостами, пересадочними вузлами, аеропортами, парками та ін. Для чіткішої диференціації та виключно для будівель використовують термін «vertical BIM».

В останні 200 років урбанізація відбувалася з безпрецедентною швидкістю і, відповідно, щонайбільше вплинула на життя людей, ніж будь-які інші явища планети. Цей процес стимулював масштабні інвестиції у розвиток як міської, так й інших інфраструктур. Це має за мету забезпечення життєвого циклу як об'єктів, що становлять інфраструктуру, так і інфраструктури в цілому, включаючи її проектування, будівництво та інше.

Міста змагаються, хто з них є «зеленішим». І це

не просто примха, а сувора необхідність, викликана зростанням «міських захворювань» і різким збільшенням грошових витрат на підтримку здоров'я націй.

Стан навколишнього середовища та виклики з боку природних явищ також змушують вносити зміни у будівництво та обслуговування світової інфраструктури. На цей час сформульовані вимоги з боку державних і міжнародних органів (такі як 20-20-20 Energy Efficiency Objective, прийняті ЄС, та інші регульовальні вимоги до енергозбереження, викидів CO<sub>2</sub> та ін.). Існує нагальна потреба визначити, які з проектів відповідають цим вимогам.

Країни ЄС, США і Японія прийняли обов'язкову програму реалізації низькоенергетичних (near-zero Energy) будівель. Програма має на увазі зниження споживаного обсягу енергії й тепла, що виділяють будівлі, та інших видів «енергії» (вода, газ, відходи). У країнах ЄС, згідно з EPBD (Energy Performance of Buildings Directive, Директива про енергетичну ефективність будівель), до 2018 р., всі публічні будинки мають проектувати як низькоенергетичні, а до 2020 р. цю вимогу поширили на всі проекти будівлі. У США, згідно з документом «Energy Independence and Security Act 2007», усі федеральні будівлі і споруди мають бути спроектовані до 2030 р. виключно як низькоенергетичні. Аналогічні вимоги планують увести і в Японії.

Для досягнення цих показників і, відповідно, прогнозованої економії коштів енергетичні компанії розгорнули програму з впровадження у практику проектування будівель вимог і стандартів, які забезпечують зниження енергоспоживання будівель до необхідних меж [4].

BIM та GIS є ключовим джерелом даних для моделювання і аналізу енергетичної ефективності будівель. Багато компаній використовують методи аналізу енергоефективності для забезпечення архітекторів та інженерів даними щодо оптимізації енергоспоживання проєктованих будівель.

Першим кроком на шляху моделювання та аналізу енергоефективності є реалізація BIM-моделі. Відповідно, для аналізу енергоефективності будівлі потрібні дані щодо географічного положення, дані стосовно будівель і інфраструктур, стану навколишнього середовища та ін.

Канадська компанія 3D Energy розрахувала, що використання BIM і GIS у проектуванні будівель і розрахунках їх енергоефективності дає змогу знизити витрати на електроенергію більш ніж на 40 %. Саме ці підходи, об'єднані термінами «зелене будівництво, або GreenBIM», мають найбільшу динаміку розвитку [4, 5].

Все більше міст у світі починають усвідомлювати практичні можливості, які привносить комплексне застосування новітніх інформаційних технологій, включаючи BIM, ГІС, інтелектуальні моделі мереж для електрики, водних ресурсів, каналізації, комунікацій, транспорту та інших інфраструктур.

Точна геолокація підземних комунікацій, мереж і споруд є загальносвітовою проблемою. За статистикою, у США, наприклад, кожні 60 с хтось ненавмисно б'є або руйнує траси підземних комунікацій. В останні роки як на муніципальному рівні, так і на рівні міністерств визнано, що ціна за недостовірну і неточну інформацію про розміщення підземної інфраструктури стала непомірно високою. Було проведено кілька досліджень, спонсованих державними організаціями, які показали рентабельність (ROI) інвестицій у поліпшення якості інформації про підземні комунікації.

**Перспективи BIM в Україні.** В країні спостерігається поштовплення інтересу до інформаційного моделювання будівельних систем, однак цей процес властивий лише окремим інтегрованим підприємствам або компаніям з іноземними інвестиціями. BIM активно застосовують у будівельній галузі України, де очевидна його ефективність: будівництво великих торговельно-розважальних центрів (наприклад, Ocean Plaza, «Республіка», м. Київ, рис. 5), мультифункціональних об'єктів зі складною внутрішньою інфраструктурою (наприклад, укриття над ЧАЕС).

Тотальний перехід на BIM у майбутньому неминучий. Проте слід розуміти, що він можливий лише за умови зміни технологій та організації процесу проектування. Для активного застосування BIM-технологій в Україні необхідно передусім провадити роз'яснювальну роботу, змінювати підхід замовників і проектувальників до будівельних об'єктів, при цьому ефективним замовником має бути держава.

До основних бар'єрів щодо впровадження BIM в Україні належать такі:

- висока вартість програмних комплексів BIM порівняно із вартістю проектних послуг;
- рентабельність тільки для великих, типових або закордонних проектів;
- неврегульованість нормативної бази щодо статусу інформаційного моделювання та його впровадження у процес будівництва на всіх етапах;

- недосконале законодавство, яке допускає виробництво конструкцій некваліфікованими учасниками;
- невизначеність розподілу відповідальності та права інтелектуальної власності;
- неготовність інвесторів додатково вкладати у інформаційні моделі, що можуть бути використані не тільки під час будівництва, а й при експлуатації об'єктів;
- інерціальність та традиційність будівельної галузі, недостатнє розуміння переваг BIM;
- сумісність різних програмних продуктів, вироблення єдиних стандартів щодо передачі даних;
- інерціальність будівельної галузі щодо впровадження BIM, неготовність виконавців проектування; асиметричність ризиків і винагород у будівництві; відсутність стандартизованих бізнес- та контракт-моделей у будівництві, до яких міг би бути прив'язаний наскрізний процес BIM.

Водночас існують чинники, що стимулюють у сучасних умовах впровадження BIM в Україні [3]:

- орієнтація проектування на зовнішні західні ринки, для яких BIM є природним;
- імплементація європейських будівельних норм, що органічні для BIM-комплексів;
- зростання вартості енергоносіїв, що змушує девелоперів і власників переходити на інформаційні технології проектування, будівництва й експлуатації із високим рівнем прогнозування та контролю;
- впровадження енергоощадних програм і реформ, що спонукає державу бути ефективним ошадливим власником;
- очікування закордонних інвестицій та програм і необхідність дієвого контролю за їх виконанням.

Із метою популяризації BIM-технологій в Україні на початку 2014 р. Український Центр Сталевого Будівництва уклав партнерську угоду із компани-

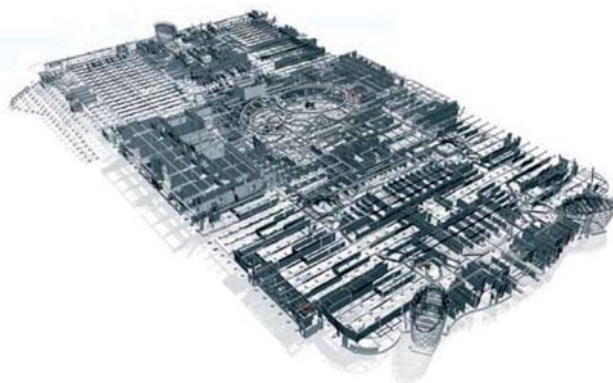


Рис. 5. BIM-модель і фасад найбільшого в Україні ТРЦ «Республіка» у м. Києві (архітектурне бюро «Архіматика», 2014 р.)

Fig. 5. BIM model and facade of the largest in Ukraine SEC «Republic» in Kyiv (Archimatics Arch., 2014)

єю Tekla, що спеціалізується на розробленні програмного забезпечення архітектурного, інженерного і будівельного призначення. В рамках укладеної угоди сторони домовилися спільно просувати одностадійне проектування та BIM-моделювання на ринку України з метою підвищення ефективності будівництва. Наступними перспективними кроками щодо розвитку BIM в Україні мають бути такі [7]:

- 1) сучасні стандарти повинні містити опис та закріпити статус інформаційної моделі;
- 2) реалізація впровадження BIM на державному рівні, розробка спеціальних програм нормативної адаптації BIM-комплексів та розвитку власного спеціалізованого програмного забезпечення;
- 3) запуску пілотних проектів із розроблення інформаційних моделей типових об'єктів та оцифрування існуючих будівель та систем.
- 4) відкриття геоінформаційних BIM-баз даних міст, що також є елементом стійкого розвитку міського середовища та електронної демократії.

Запропоновано створення єдиної державної системи зберігання і використання геопросторових даних щодо території, адміністративно-територіальних одиниць, екологічних, інженерно-геологічних умов, інформаційних ресурсів будівельних норм, державних стандартів і правил для задоволення інформаційних потреб у плануванні територій та будівництві, формування галузевої складової державних геоінформаційних ресурсів. Технології раціональніше розвивати на платформі ArcGIS від ESRI або створювати власні платформи, спеціально розроблені провідними фахівцями, що може зайняти значно більший проміжок часу.

В існуючих трансформаційних умовах України розвиток кадастру характеризується неоднозначними тенденціями, пов'язаними із безсистемністю та дублюванням функцій. Це поглиблює негативні процеси, які відбуваються у сфері земельних відносин й земельного адміністрування. У таких умовах важливого значення набуває розробка механізмів створення єдиної кадастрової системи, що визначається інформаційністю, повнотою, доступністю споживачів інформації.

Відповідно до законодавства України, Державний земельний кадастр — єдина державна геоінформаційна система відомостей про землі, розташовані в межах кордонів України, їх цільове призначення, обмеження у їх використанні, а також дані щодо кількісної і якісної характеристики земель, їх оцінювання, розподілу земель між власниками і користувачами. На жаль, у сучасних умовах не створено єдиної кадастрової системи у сфері розподілу та використання земельних ресурсів, де виникають проблемні аспекти, пов'язані із системним дисбалансом, гальмуванням процедури чіткого визначення

права власності й користування, низький рівень застосування сучасних інформаційних технологій для документального оформлення [6].

**Висновки.** Визначено необхідність здійснення дій, спрямованих на трансформацію кадастрової системи в Україні на основі розв'язання відповідних проблем та з урахуванням міжнародного досвіду.

Сучасні ГІС у кадастрових системах зазвичай працюють з різноформатними даними, які отримано з безлічі несумісних джерел і які забезпечують ефективний просторовий аналіз. Для спрощення процесу обробки, збереження і можливості обміну підсистемами або іншими ГІС ці різноманітні дані потребують попередньої первинної обробки та уніфікації. ГІС не тільки перетворюють і зберігають геоінформацію у цифровій формі для подальшого аналізу, вони збирають, агрегують, індексують, зв'язують і добувають інформацію з відповідних просторових кадастрових баз даних. ГІС не тільки є засобом інтеграції різноманітної інформації, яку важко об'єднати за допомогою інших засобів, а й дають змогу отримувати сукупності змінних з метою виведення та аналізу нових відомостей і знань, тобто ГІС — засіб інтелектуальної підтримки прийняття управлінських рішень.

За будь-якого способу реєстрації вхідну інформацію потрібно контролювати з метою недопущення її дублювання або виявлення в ній похибок.

#### Список використаних джерел

5. Кохан С.С. Географічні інформаційні системи: навч. посібник; за ред. М. Ван Мерввіна. Київ: НАУ, 2003. 206 с.
6. Ступень М.Г., Курильців Р.М., Таратула Р.Б., Радомський С.С. Автоматизація державного земельного кадастру: навч. посібник. Львів, 2011. 312 с.
7. Національний стандарт України «ДСТУ ISO 19101:2009, (2009). Географічна інформація. Еталонна модель (ISO 19101:2002, IDT)». С. 10—15.
8. COY ISO 19136:2009, (2010). Обмінний формат геопросторових даних на основі географічної мови розмітки GML (ISO 19136:2007).
9. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони. № 72/14-612/1-2980 від 30.11.2015.
10. Закон України «Про Державний земельний кадастр» від 04.06.2017 №3613-17. <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/3613-17>.
11. Закон України «Про землеустрій» від 10.06.2017 №858-15. <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/858-15>;
12. Публічна кадастрова карта України. <http://map.land.gov.ua/kadastrova-karta>.
13. Земельний Кодекс України від 28.09.2017 № 2768-14. <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2768-14>.

*Надійшло до редакції 02 вересня 2019 р.*



## ПРИМЕНЕНИЕ BIM GIS-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО КАДАСТРА

П.Д. Крельштейн<sup>1</sup>, Л.В. Тустановская<sup>1</sup>, И.С. Бугаенко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко ННИ «Институт геологии», ул. Васильковская 90, г. Киев, 03022, Украина, e-mail: ljute4@ukr.net

<sup>2</sup>Департамент земельных ресурсов, ул. Крещатик 32А, г. Киев, e-mail: bugaenko.irina.1991@gmail.com

Информационное моделирование BIM (Building Information Modeling) на практике применяют для улучшения результатов на разных этапах жизненного цикла объекта строительства, а именно концептуальное планирование, дизайн, закупка материалов и строительство, введение в эксплуатацию, техническое обслуживание и извлечение прибыли, а также снос или реализация для других потребностей. Среда BIM наделена функциями, адаптированными к ГИС без потери данных, что исключает ошибки при их передаче и преобразовании. Интегрирование геопространственного и инженерного дизайна в одной базе данных позволяет иметь одну копию для каждого элемента данных в случае его коллективного использования, применять автоматизированный анализ вариантов дизайна, который сокращает цикл планирования. Внедрение программы прогнозной экономии средств для энергетических компаний, проектирования зданий, требований и стандартов обеспечивает снижение энергопотребления зданий до необходимых пределов. BIM и ГИС являются основой данных для моделирования и анализа энергетической эффективности зданий.

**Ключевые слова:** информационное моделирование, геопространственные объекты, регистрационные системы, эксплуатация зданий, кадастровый учет, инженерный дизайн, Государственный земельный кадастр.

## APPLICATION OF BIM GIS TECHNOLOGIES FOR CIVIL INVENTORY

P.D. Krelshiteyn<sup>1</sup>, L.V. Tustanovska<sup>1</sup>, I.S. Bugaenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Taras Shevchenko National University of Kyiv Institute of Geology, 90, Vasylkivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine

<sup>2</sup>Department of Land Management and Cadastre, Kyiv

**Purpose.** The purpose of the study is to identify global trends in the use of combined BIM and GIS technologies for different categories of stakeholders and organizations across the spectrum of interests of the AECOO industry (the standard term is AECOO. AECOO (Architecture, Engineering, Construction, Owner and Operator) are Architects, Engineers, Builders, Owners and Operators.

**Design/methodology/approach.** Explore global trends in the use of BIM GIS technologies; analysis of the legal regulation of the creation and operation of objects; analysis of improvement and development of state land and urban planning inventories based on GIS technologies; improvement of methods and technologies of real estate management; improvement of planning and cartographic materials of state inventories based on geoinformation modeling of the territory.

Observation, analysis, monitoring, modeling, synthesis, conceptualization, tatistic method.

**Findings.** Improvement of the system of state cadastre management, modeling method by using up-to-date data was applied, rational use of territories by GIS input was proposed.

**Practical value/implications.** The practical significance of the research results is the extension of scientific knowledge, the use of results for the development and improvement of legislative and regulatory regulation of land relations in Ukraine, with the possibility of their further use in such fields as research, educational and practical. In particular, differences in regulatory provisions that exist in existing registers can be eliminated.

The results of the study can be aimed at determining the necessary actions aimed at transformation of the cadastral system in Ukraine, based on the solution of relevant problems and taking into account international experience.

**Keywords:** information modeling, geospatial objects, registration systems, operation of buildings, cadastral records, engineering design, State Land Cadastre.

### References

1. Kokhan S.S. Gheografichni informacijni systemy: Navchalnyj posibnyk; za red. M. Van Mervvina. Kuiv: NAU, 2003. 206 p.
2. Stupenj M.Gh., Kuryljciv R.M., Taratula R.B., Radomsjkyj S.S. (2011). Avtomatyzacija derzhavnogho zemeljnogho kadastru: navch. posib. Lviv, 2003. 312 p.
3. Nacionalnyj standart Ukrainy «DSTU ISO 19101:2009. Gheografichna informacija. Etalonna modelj (ISO 19101:2002, IDT)», 2009. P. 10—15.
4. SOU ISO 19136:2009. Obminnyj format gheoprostorovykh danykh na osnovi gheografichnoji movy rozmitky GML (ISO 19136:2007). 2010.
5. Ughoda pro asociaciju mizh Ukrajinuju, z odnijeji storony, ta Jevropejskym Sojuzom, Jevropejskym spivtovarystvom z atomnoji energiji i jikhnyimi derzhavamy-chlenamy, z inshoji storony. # 72/14-612/1-2980 vid 30.11.2015.
6. Zakon Ukrainy «Pro Derzhavnyj zemelnyj kadastr» vid 04.06.2017 #3613-17 .http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/3613-17.
7. Zakon Ukrainy «Pro zemleustrij» vid 10.06.2017 #858 -15. http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/858-15;
8. Publichna kadastrova karta Ukrainy. http://map.land.gov.ua/kadastrova-karta.
9. Zemelnyj Kodeks Ukrainy vid 28.09.2017 # 2768-14. http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2768-14.

Received 02/09/2019