

АНОТАЦІЯ

Серьогін Д.С. **Геоінформаційне моделювання та аналіз регіональних сегментів глобального урбанізованого простору (на прикладах різнорангових міст).** – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 103 – Науки про Землю (Галузь знань 10 – Природничі науки). – Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Харків, 2024.

Робота присвячена впровадженню урбогеосистемного аналізу регіональних і локальних сегментів глобального урбанізованого простору на основі геоінформаційного моделювання з використанням даних лідарної зйомки та з реалізацією тематичних сценаріїв користувача (на прикладах різнорангових міст).

У роботі розкрито суспільно-географічні засади урбогеосистемного аналізу через тривимірне моделювання міського середовища, зокрема, сформовано поняттєво-термінологічний апарат міського суспільно-географічного дослідження, який розкриває сутність понять «урбосистема», «урбоєкосистема», «соціогеосистема», «урбогеосистема». Уточнено поняття екстернальної та інтернальної урбогеосистеми та охарактеризовано особливості їх дослідження за допомогою геоінформаційних систем (ГІС). Обґрунтовано засади щодо впровадження системного аналізу в урбаністичних дослідженнях суспільної географії, а також окреслено ключові системні компоненти та системні властивості міст, з точки зору їх урбогеосистемного уявлення. Через огляд та аналіз попередніх досліджень, розкрито переваги та доцільність використання даних міського дистанційного зондування, зокрема, лідарної зйомки, в дослідженнях урбогеосистем. Окремо розкрито принципи обробки та аналізу даних лідарної зйомки для тривимірного моделювання міського середовища та застосування у різних міських дослідженнях.

Обґрунтовано методику впровадження урбогеосистемного аналізу різнорангових міст, яка полягає у виокремленні урбогеосистемних властивостей міст, що можуть бути виявлені лише через ГІС-аналіз та моделювання. Для позначення територіально локалізованих урбогеосистемних властивостей у міському просторі визначено категорію урбаністичної геоситуації та охарактеризовано її ключові властивості. Важливою особливістю урбаністичних геоситуацій є те, що вони формують різнорангові патерни геоситуацій зі спільними властивостями, завдяки чому, аналіз окремої урбаністичної геоситуації може бути релевантним для всіх геоситуацій з таким самим патерном, що вдало поєднується з особливостями

збереження та аналізу лідарних даних за обмеженими фрагментами міської місцевості.

Обґрунтовано засади та передумови до реалізації проекту «Цифрове місто», як ключової складової концепції «Розумне місто» у її геопросторовій перспективі. Цифрове місто являє собою модель реального міста, яка складається з оцифрованих компонентів даного міста, інтегрує у собі просторові та атрибутивні дані про місто, завантажені з різних джерел та керується інструментами ГІС-аналізу. Представлено оригінальну методику до побудови моделі цифрового міста на підставі обробки лідарних даних за трьома функціональними блоками: виокремлення будівель (високополігональне та низькополігональне моделювання), відстеження змін у забудові та генерація урбанізованого рельєфу. Представлено також авторські напрацювання з базової реалізації проекту «Цифрове місто» у вигляді веб-ГІС-застосунку, що надає тривимірну візуалізацію міського середовища з підтримкою вищезазначених функціональних блоків.

Проведено урбогеосистемний аналіз різнорангових міст на підставі їх тривимірного моделювання з використанням ГІС-інструментів та з реалізацією тематичних сценаріїв користувача. На підставі тривимірної візуалізації забудови м. Нью-Йорк у середовищі Mapbox Studio, виокремлено та охарактеризовано високорангові патерни забудови житлового, комерційного, індустріального та інституційного типів землекористування, а також проаналізовано шість патернів забудови житлового типу землекористування, з точки зору комфортності проживання та ефективності використання міського простору. Для візуалізації й аналізу просторового розподілу щільності міської забудови м. Вашингтон, у середовищі ГІС-платформи QGIS побудовано тематичні карти за параметрами кількості, площі та висоти будівель. Через співставлення даних лідарної зйомки за 2017 та 2021 рік, виокремлено зміни у забудові на окремому фрагменті території м. Талін, що дозволило відстежити динаміку урбанізаційних процесів на даній території.

Викладено методику просторової оцінки чисельності населення, яка полягає у пропорційному розподілі чисельності переписного населення по житлових будівлях міста в залежності від їх площі та об'єму, що виокремлюються з даних лідарної зйомки. За даною методикою виконано оцінку чисельності населення у місті Бостон та окрузі Арлінгтон й побудовано тривимірні тематичні карти розподілу населення по міській забудові. За результатами оцінки виділено 7 класів будівель, що мають різну місткість жителів, та проаналізовано особливості їх просторового розподілу.

Викладено методику оцінки енергоспоживання будівель за даними лідарної зйомки, яка полягає у обчисленні показника корисної площі будівель за даними про їх висоту й кількість поверхів, та визначенні за цим показником очікуваного значення енергоспоживання на підставі даних з реальних показників лічильників, відкорегованих в залежності від віку та типу будівель. Виконано тривимірну візуалізацію результатів оцінки енергоспоживання для міст Ейндховен, Амстердам та Маастріхт й проведено урбогеосистемний аналіз просторового розподілу міського енергоспоживання. На підставі виконаної оцінки визначено основні фактори, що впливають на рівень енергоспоживання будівель, а саме: вік та тип будівлі, розмір та форма, специфіка виробничих процесів у підприємстві, тісне розміщення малоповерхової забудови поряд з високоповерховою, наявність модернізації будівель, локальні кліматичні особливості.

Розкрито півсферичний підхід до аналізу та оцінки видимості у міському середовищі. Підхід полягає у обчисленні об'єму видимого простору з певної точки спостереження у змодельованому за лідарними даними міському середовищі через кругове прокладення безлічі ліній видимості, що обмежуються точками перешкод, та формують півсферу видимості. Побудована півсфера дозволяє виокремити такі візуальні параметри міського середовища, як: видимий і невидимий об'єм міського простору та видимий об'єм небосхилу. За представленою методикою виконано аналіз видимості для різних урбаністичних геоситуацій та розглянуто конкретні приклади реалізації вказаного підходу при вирішенні деяких урбаністичних задач, а саме: оцінка візуального імпаكتу будівель, розподіл міських телекомунікацій, визначення точок найкращого огляду та найкращого розміщення об'єктів.

Обґрунтовано актуальність впровадження урбогеосистемного аналізу до дослідження території м. Харкова за наведеними у роботі методиками та прикладними аспектами. Викладено рекомендації та попередній план дій для реалізації шести різних сценаріїв використання даних лідарної зйомки для м. Харкова з урахуванням його поточних урбаністичних проблем. За даними з *OpenStreetMap* для м. Харків побудовано карти щільності забудови та виконано оцінку чисельності населення площе-метричним методом, що дозволило додатково підкреслити недоліки існуючих даних та продемонструвало доцільність застосування лідарних даних.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що в дисертаційній роботі:

вперше:

- здійснене впровадження урбогеосистемного підходу до виокремлення й аналізу різних регіональних і локальних сегментів глобального урбанізованого простору;

- проведено комплексне дослідження урбогеосистем через тривимірне моделювання міського середовища різнорангових міст;

- впроваджено геоситуаційний підхід до дослідження урбогеосистем, зокрема розкрито й обґрунтовано категорію урбаністичної геоситуації та встановлено її ключові властивості;

- розроблено методику для побудови 3D-сутності «Цифрове місто» на підставі обробки лідарних даних та візуалізації її результатів у веб-ГІС середовищі;

вдосконалено:

- поняттєво-термінологічний апарат урбогеосистемного аналізу й дослідження на підставі даних дистанційного зондування, зокрема уточнено поняття екстернальної та інтернальної урбогеосистем, а також зміст аналітичної функціональності міського дистанційного зондування;

- методику урбогеосистемного аналізу міського середовища за рахунок виокремлення урбогеосистемних властивостей міст, які можуть бути виявлені лише через тривимірне моделювання міської забудови;

- функціональні процедури аналізу лідарних даних з метою виокремлення високополігональних та низькополігональних моделей будівель;

- методику оцінки чисельності населення в забудовах та оцінки енергоспоживання забудов за рахунок використання геометричної інформації про будівлі, отриманої з даних лідарної зйомки;

- підходи до аналізу видимості у міському середовищі за рахунок введення концепції півсфери видимості, що ґрунтується на теорії сприйняття екологічних оптичних променів у середовищі життя людини, та застосування її до тривимірної моделі міської забудови;

отримали подальший розвиток:

- урбаністичні дослідження з використанням даних міського дистанційного зондування, зокрема повітряної лідарної зйомки;

- розмежування функціональних зон різнорангових міст шляхом виокремлення патернів забудови таких зон;

- заходи щодо практичного застосування теорії урбогеосистем через ГІС-моделювання міського середовища;

- застосування даних лідарної зйомки з метою відстеження та оцінки мілітарного імпаكتу на міську забудову.

Теоретичне та практичне значення одержаних результатів полягає у уточненні поняттєво-термінологічного апарату та поглибленні урбогеосистемного підходу до дослідження урбогеосистем через ГІС-моделювання та аналіз міського середовища на підставі даних лідарної зйомки, виокремленні та обґрунтуванні категорії урбаністичної геоситуації. Розроблена методика та користувацькі сценарії, викладені у дисертації можуть бути використані у ряді міських досліджень, зокрема в урбаністиці, міському плануванні, муніципальному менеджменті, геомаркетингу, екологічних дослідженнях, тощо. Описані алгоритмічні процедури з обробки лідарних даних та виокремлення будівель можуть бути впроваджені в міських ГІС та геопорталах, що надають базу геопросторових даних та візуалізацію окремих міст у цифровому середовищі. На підставі розвинутого у дисертації урбогеосистемного аналізу та геоситуаційного підходу може бути удосконалений та оптимізований міський моніторинг, а також планування стратегій та програм стійкого розвитку міста.

Результати дисертаційного дослідження були впроваджені в НДР «Великий Харків: обґрунтування та теоретико-методологічна основа дослідження сучасних процесів агломерації» (державний реєстраційний номер 0121U113116) на кафедрі соціально-економічної географії і регіонознавства імені Костянтина Немця, а також використані ГО «Науково-дослідний інститут регіонального економічного розвитку» (довідка №6/1 від 04.04.2024). Викладені у роботі рекомендації щодо просторового аналізу території міста Харкова на підставі ГІС-аналізу та моделювання даних лідарної зйомки можуть бути впроваджені Департаментом економіки і міжнародних відносин Харківської обласної військової адміністрації (довідка № 06.01-14/1512 від 07.05.2024). Окремі положення дисертаційної роботи впроваджені в навчальний процес факультету геології, географії, рекреації і туризму у рамках курсів «Інформатика з основами геоінформатики», «Географічні інформаційні системи», «Урбаністична географія».

Ключові слова: урбогеосистема, урбаністичне середовище, міські дослідження, системний підхід, суспільна географія, ГІС, дистанційне зондування Землі, лідарні дані, виокремлення будівель, тривимірне моделювання міста, цифрове місто, урбаністичні геоситуації, ГІС-аналіз, різнорангові міста, урбанізація