

DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2025.71.317-334>

УДК 72.03

Поворозник Ігор Богданович,

аспірант 2 курсу, 191 «Архітектура та містобудування»

ЗВО «Університет Короля Данила»

ihor.b.povoroznyk@ukd.edu.ua

<http://orcid.org/0009-0005-6204-9728>

МЕТОДИ ІНТЕГРАЦІЇ ТРАНСПОРТНОЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ У ПЛАНУВАЛЬНУ СТРУКТУРУ ЖИТЛОВИХ КОМПЛЕКСІВ ПРИМІСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ

Анотація: розвиток приміських територій супроводжується активними урбанізаційними процесами, що вимагає комплексного підходу до інтеграції транспортної та інженерної інфраструктури у структуру житлових комплексів. Раціональне поєднання цих компонентів сприяє покращенню умов проживання, ефективній організації транспортних потоків та зменшенню екологічного навантаження.

У статті досліджено методи просторової інтеграції транспортних та інженерних мереж у планувальну систему житлових зон приміських територій. Визначено принципи містобудівного розвитку, які сприяють забезпеченню стійкості та комфорту житлового середовища. Проведено аналіз сучасних підходів до формування транспортно-інженерних систем, орієнтованих на мобільність, енергоефективність та екологічну безпеку.

Особливу увагу приділено концепції «місто коротких відстаней», яка передбачає оптимізацію просторової організації інфраструктури для мінімізації транспортних витрат і підвищення доступності об'єктів соціального значення. Обґрунтовано важливість гармонійного поєднання громадського транспорту, велосипедної та пішохідної інфраструктури, а також сучасних інженерних мереж, адаптованих до особливостей приміської забудови. Запропоновано технологічні рішення для цифрового управління інженерними комунікаціями та транспортними потоками, що дозволяють підвищити ефективність експлуатації міського середовища.

Отримані результати можуть бути використані в процесі містобудівного планування, територіального управління та розробки стратегій розвитку приміських територій, орієнтованих на сталий розвиток та збалансоване використання інфраструктурних ресурсів.

Ключові слова: інтеграція інфраструктури; транспортні мережі; приміські житлові комплекси; містобудівне проектування; мобільність; сталий розвиток; енергоефективність; цифрове управління; просторове планування.

Постановка проблеми. Розвиток приміських територій відіграє важливу роль у сучасному містобудуванні, оскільки урбанізаційні процеси, збільшення населення та потреба у новому житлі стимулюють розширення житлових комплексів. Проте неузгоджене освоєння цих зон часто призводить до диспропорції між житловою забудовою та рівнем розвитку транспортної й інженерної інфраструктури. Відсутність комплексного підходу до інтеграції цих складових може спричинити затори, нераціональне використання ресурсів, зниження якості міського середовища та підвищення екологічного навантаження.

Для створення комфортного й безпечного життєвого простору необхідна ефективна взаємодія транспортної системи, інженерних комунікацій та житлових об'єктів. До основних аспектів інтеграції належать забезпечення зручного доступу до громадського транспорту, розвиток велосипедної й пішохідної інфраструктури, ефективне планування дорожньої мережі, а також застосування цифрових технологій і енергоефективних рішень.

З огляду на зростаючі масштаби урбанізації та необхідність дотримання принципів сталого розвитку, дослідження методів інтеграції транспортної та інженерної інфраструктури у планувальну структуру житлових комплексів приміських територій є особливо актуальним. Використання сучасних підходів дозволяє зменшити негативний вплив на довкілля, підвищити мобільність населення, оптимізувати витрати на утримання інфраструктури та покращити умови проживання.

Тема має важливе значення для містобудівного планування, територіального управління та формування стратегій розвитку приміських зон. Комплексний підхід до їх просторової організації сприяє створенню функціонально збалансованого та комфортного житлового середовища.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасний розвиток приміських територій вимагає інтегрованого підходу до планування транспортної та інженерної інфраструктури, адже від їхньої гармонійної взаємодії залежить комфорт мешканців, ефективність транспортних потоків та рівень екологічної безпеки. Дослідники у сфері містобудування дедалі більше уваги приділяють питанням сталого розвитку, енергоефективності та цифровізації управління міськими системами.

Одним із ключових напрямів наукових досліджень (*Andrew E. G.(2015)*) є впровадження концепції "міста коротких відстаней" (15-minute city), яка передбачає створення середовища, де основні об'єкти інфраструктури – робочі місця, заклади освіти, охорони здоров'я та дозвілля – розташовані в межах пішої або велосипедної доступності. Такий підхід сприяє зменшенню автомобільного трафіку, зниженню викидів CO₂ та підвищенню якості міського простору.[1]

Ще одним важливим аспектом є оптимізація транспортної мережі. Дослідники (*Omar Sherzad M. Shareef & Khaled Galal Ahmed. (2024)*) пропонують розвантажувати магістралі шляхом розвитку багаторівневих розв'язок, розумних світлофорів і цифрових систем керування дорожнім рухом.[2] Велика увага в дослідженнях (*Mohamed H. Khalil, Amr Abdel Kawi & Hassan H.M. Zaky. (2024)*) приділяється також розвитку громадського транспорту, впровадженню екологічних рішень, таких як електробуси та системи спільного використання транспорту (наприклад, каршеринг і велопрокат).[3]

У сфері інженерної інфраструктури сучасні дослідження, зокрема (*Pojani, D., & Stead, D., (2015)*) акцентують увагу на використанні відновлюваних джерел енергії, впровадженні систем збору та повторного використання дощової води, а також створенні «розумних» енергетичних мереж. [4] Цифровізація управління інженерними системами дозволяє автоматизувати контроль за ресурсами, підвищити ефективність їхнього використання та зменшити експлуатаційні витрати.

Крім технічних аспектів, важливою залишається нормативно-правова база, яка регулює інтеграцію інфраструктури в містобудівні проекти. Аналізуючи міжнародний досвід, дослідники (*Eizaguirre-Iribar, A., Grijalba, O., & Hernández-Minguillón, R. J. (2021)*) порівнюють підходи до планування приміських територій у різних країнах, визначаючи найефективніші рішення для забезпечення сталого розвитку.[5]

Таким чином, сучасні наукові розвідки підтверджують необхідність комплексного підходу до просторового розвитку приміських територій. Подальші дослідження можуть бути зосереджені на адаптації інноваційних рішень до конкретних умов, створенні «розумних» міських систем та підвищенні якості житлового середовища.

Мета статті – обґрунтувати та визначити дієві підходи до інтеграції транспортної та інженерної інфраструктури в структуру житлових комплексів приміських територій, враховуючи сучасні виклики містобудування.

Для її досягнення передбачено:

Дослідження актуальних методів просторового планування приміських територій із фокусом на взаємодію транспортних мереж та інженерних комунікацій.

Формулювання принципів оптимального поєднання житлової забудови, транспортної системи та інженерної інфраструктури для створення комфортного міського середовища.

Аналіз впливу урбанізаційних процесів на розвиток транспортної та інженерної мережі, а також оцінка їхніх наслідків для приміських районів.

Розробка практичних рекомендацій щодо впровадження енергоефективних, екологічно безпечних та цифрових технологій для покращення роботи інфраструктурних систем.

Отримані результати можуть бути корисними для фахівців у сфері містобудування, територіального управління та розробки стратегій розвитку приміських зон, орієнтованих на підвищення якості життя та раціональне використання ресурсів.

Основна частина. Існуючий рівень розвитку технологій здатний забезпечити значні можливості підвищення якості приміського середовища. Оцінюючи роль інженерної інфраструктури у соціальному та економічному розвитку держави, слід зазначити те, що вона є чи не головним чинником такого розвитку. Обґрунтовуючи це твердження, зазначимо, що без цього виду інфраструктури неможлива реалізація звичної господарсько-економічної діяльності всієї економічної системи держави. Також акцентуємо увагу на тому, що інженерна інфраструктура сама по собі формує цілі галузі економіки та безпосередньо впливає на якість життя окремого громадянина і всієї країни.

Перед тим як детальніше розглянути види інженерної інфраструктури приміських територій, дамо визначення інфраструктури загалом. Зокрема, як зазначає Семенова В. Т. та Линник І. Е це цілісне утворення, яке реалізує широку сукупність різних функцій, які, проте, перетинаються між собою. [6] Для більшості міст актуальною є тема будівництва та реконструкції житлового фонду, що, на думку Ю.М. Собко, обумовлює необхідність розвитку інженерної інфраструктури [7].

Тому в процесі дослідження цієї теми необхідно виділяти основні елементи підсистеми інфраструктури приміських територій та досліджувати існуючі взаємозв'язки. З-поміж усіх існуючих функціональних підсистем інфраструктури міської території розглянемо докладніше саме інженерну інфраструктуру. Акцентуємо особливу увагу, що її ефективне відтворення є запорукою соціально – економічного розвитку приміської території, її інвестиційної привабливості, а також комфортності та підвищеного рівня життя для населення [8]. Звертаючись до питання видів інженерної інфраструктури, яка є складовою житлово-комунального господарства (ЖКГ), зазначимо, що до її складу прийнято включати такі системи приміського господарства (*Схема 1*):



Схема 1. Види інженерної інфраструктури (розроблено автором)

Перед тим, як розпочати дослідження методів оцінки інженерної інфраструктури приміської території, зупинимося докладніше на нормативно-правовому регулюванні цього питання. Зазначимо, що будівництво нових, модернізація чи реконструювання наявних систем водовідведення, водо-, електро-, газо- та теплопостачання має здійснюватися у суворій відповідності до проєктної документації, яка, у свою чергу, складається на підставі правил, стандартів та вимог чинного законодавства (актуальних нормативних документів).

Зазначимо, що окремо встановлюються положення та система розрахункових показників як для міської території загалом, так і для її окремих районів. Варто врахувати, що розмір та якість деяких показників можуть змінюватися відповідно до складу забудови. Сьогодні існує досить багато методів аналізу інженерної інфраструктури міста, завдяки яким з'являється можливість оцінити якісний стан не тільки безпосередньо цієї інфраструктури як складової міського середовища, а й самого міського середовища.

Зупинимося докладніше на цих методиках:

1. *Рейтинг міст за рівнем якості життя та комунальних послуг.* Його складено Міжнародним республіканським інститутом (МРІ) в Україні спільно із Соціологічною групою “Рейтинг”. Його створено із застосуванням положень ряду нормативно правових актів, зокрема Постанови Кабінету Міністрів України від 3 вересня 2024 р. № 1039. «Про реалізацію експериментального проєкту щодо створення та впровадження цифрової інтегрованої інформаційно-аналітичної системи “Єдина платформа житлово-комунальних послуг» [9], Розпорядження

Кабінету Міністрів України від 24 грудня 2024 р. № 1313-р. «Про затвердження плану основних заходів цивільного захисту» [10], Постанови Кабінету Міністрів України від 18 лютого 2025 р. № 174 «Про затвердження Порядку використання коштів, передбачених у державному бюджеті для розвитку мережі та утримання автомобільних доріг загального користування у 2025 році» [11], Постанови Кабінету Міністрів України від 7 лютого 2025 р. № 142 «Про реалізацію експериментального проєкту щодо нового будівництва, реконструкції, капітального ремонту, ремонту та інших інженерно-технічних заходів із захисту об'єктів критичної інфраструктури паливно-енергетичного сектору критичної інфраструктури» [12] Сутність даного методу полягає в ранжируванні міст за якістю та рівнем розвитку інженерної інфраструктури.

2. Методичний підхід, у якого виробляється інтегральна оцінка якості міського середовища, зокрема, інженерної інфраструктури.

Зазначимо, що існуючі методи аналізу розвитку інженерної інфраструктури та якості міського середовища є фактично односторонніми та основний акцент робиться на аналіз якості життя населення, при цьому повністю ігнорується інженерна інфраструктура як основа комфортності життєдіяльності людей. Саме це зумовило гостру необхідність формування принципово нової методики, для якої розраховували інтегральний показник приміського середовища з особливим акцентом на інженерній інфраструктурі.

У рамках цієї методики встановлено безпосередню взаємозалежність інженерної інфраструктури з ієрархією соціально-економічного простору приміської території. В даному випадку необхідно докладніше розглянути сутність останньої категорії.

Соціально-економічний простір передмістя є, за своїм змістом, пірамідою потреб, яку формують такі складові (Схема 2):

Як головна концепція методичного підходу до інтегральної оцінки приміського середовища, в тому числі інженерної інфраструктури, на думку (*Jayawardane, A & Jayasinghe, M.T.R. & Attalage, Rahula. (2001)*) виступає міжрівнева взаємопроникність і взаємозалежність всієї сукупності процесів, що мають місце в приміському середовищі [13].

У своїй праці (*Ek Österberg, E.; Qvist, M. (2020)*) описують рейтинг якості приміського середовища *Bethousing*. В рамках цієї методики проводиться дослідження та комплексний аналіз якості житлового середовища конкретної міської території, зокрема й інженерної інфраструктури. Сутність даної методики у тому, що вона виступає непрямим (виходячи з виміру інших показників) способом оцінки якості розвитку міської території [14].

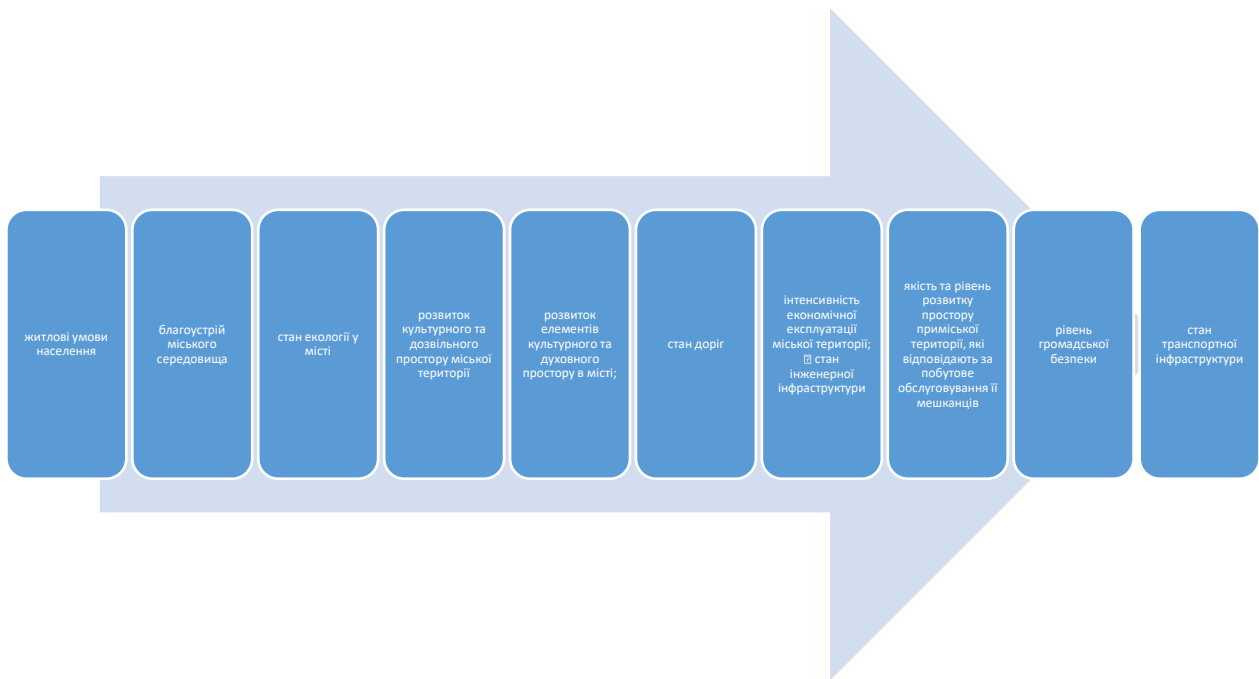


Схема 2 Соціально-економічний простір

Метою цього методу є оцінка фактичного стану інженерної інфраструктури міста та приміських зон на поточний момент, а також ступінь комфортності проживання в місті. Результатом використання цієї методики, як зазначають (*Boroday, Dmytro & Boroday, Artem & Boroday, Serhii & Boroday, Yana. (2021)*) виступає класифікація об'єктів, відповідно до належності до конкретної групи оцінки якості інженерної інфраструктури та приміського середовища. [15]

Таким чином, соціально-економічний розвиток міст та приміських територій, значною мірою залежить від наявності та розвиненості інфраструктури. [16, с.7] Низький рівень інфраструктурної забезпеченості стримує інвестиційну активність і, як наслідок, розміщення та розвиток продуктивних сил. Більше того, нерівномірне розміщення інфраструктури по території країни виступає одним з головних факторів соціально-економічної диференціації та розірваності економічного простору [17, с.49].

Головним чином це стосується транспортної інфраструктури, яка здатна перетворити географічні особливості нашої країни на її конкурентну перевагу. У зв'язку з цим дослідження питань забезпеченості приміських територій інфраструктурою, перш за все транспортною, актуальне не тільки з наукової, але і з практичної точки зору. [18, с.249] Принципово важливе значення має виявлення особливостей розвитку транспортної інфраструктури на територіальному рівні.

В науковій літературі, зокрема роботах (*Knowles, R.D.; Ferbrache, F.; Nikitas, A.(2020), Bojović, M., Rajković, I., & Perović, S. K. (2022)*) є й інші визначення інфраструктури, економічний зміст яких полягає в тому, що

інфраструктура виступає невід'ємною частиною економічного простору і є комплексом об'єктів і видів діяльності, що забезпечують створення необхідних умов для ефективного функціонування матеріального виробництва, вільного руху товарів, всіх видів ресурсів і нормальної життєдіяльності населення. [20, 21] Виходячи зі сказаного, можна зробити висновок, що інфраструктура є створеним на певному просторі комплексом умов, що стимулюють розвиток економічної діяльності на даній території, і з цього її можна розглядати як фактор територіального розвитку. Залежно від виконуваних функцій можна виділити виробничу, соціальну, ринкову, інноваційну та інституційну інфраструктуру (табл. 1).

Таблиця 1. Види інфраструктури

Вид	Основна функція
<i>Виробнича:</i> інженерні споруди; матеріально-технічне постачання; складське господарство; транспорт; зв'язок; теплотраси, водопровід, комунікації та мережі, газо- та нафтопроводи; іригаційні системи тощо.	Продовження процесу виробництва у сфері обігу та участь у створенні нової вартості
<i>Соціальна:</i> об'єкти соціальної сфери: освіти, охорони здоров'я, соціального забезпечення; спортивні споруди; пасажирський транспорт; система зв'язку з обслуговування населення; комунально-побутове господарство міських та сільських поселень тощо.	Забезпечення створення умов для життєдіяльного носія
<i>Ринкова:</i> товарні, фондові, валютні біржі; комерційні банки; інвестиційні фонди та компанії; підприємства оптової та роздрібною торгівлі; аудиторські фірми; консультаційні служби, лізингові компанії; маркетингові центри тощо.	Створення умов для вільного руху товарів та всіх видів ресурсів
<i>Інноваційна:</i> бізнес-інкубатори; технопарки; наукові осередки; малі інноваційні компанії, центри колективного користування тощо.	Створення та впровадження науково-технічних розробок у виробництві
<i>Інституційна:</i> громадські організації, торгово-промислові палати, антимонопольні організації, служби безпеки тощо.	Надання невиробничих послуг управлінського, правоохоронного

Будучи найважливішою складовою виробничої та соціальної структури, транспортна інфраструктура відіграє одну з ключових ролей у процесі розвитку приміських територій території. Вона становить сукупність усіх галузей і підприємств транспорту, як виконують перевезення, так і забезпечують їх

виконання та обслуговування, тому її розвиток формує доступність території, сприяє припливу приватних інвестицій, зниження транспортних витрат, полегшує вихід на нові ринки. Це позитивно впливає на зростання економіки і, зрештою, на добробут населення [22]. Саме транспортна інформаційна структура є ключовою сполучною ланкою, що впливає на основні компоненти просторової організації економіки – систему розселення населення та розміщення продуктивних сил.[23, с.145]

В Україні розроблено «Національну транспортну стратегію України на період до 2030 року». Її реалізація передбачає виконання завдань у таких ключових напрямках:

- створення конкурентоспроможної та ефективної транспортної системи;
- розвиток інновацій у сфері транспорту та залучення міжнародних інвестицій;
- забезпечення екологічної безпеки, енергоефективності та зменшення впливу транспорту на довкілля;
- покращення мобільності громадян і сприяння міжрегіональній інтеграції.

Підхід до розвитку транспортної інфраструктури базується на аналізі просторових зв'язків.[24]

Транспортна інфраструктура безпосередньо пов'язана зі шляхами сполучення, які з'єднують об'єкти господарської діяльності та визначаються інтенсивністю транспортних потоків. Конфігурація цих шляхів, на думку (Eckersten, S., Balfors, B., & Gunnarsson-Östling, U. (2021)) залежить від просторового розташування структурних елементів території, тоді як рівень інтенсивності руху визначається специфікою роботи підприємств та характером їхніх взаємозв'язків.[25]

Формування транспортної інфраструктури є складним процесом, що передбачає тісний взаємозв'язок різних факторів. Основними показниками її ефективності виступають безпека руху, швидкість пересування та витрати часу на подорожі. Встановлено закономірність: чим більше часу займає переміщення, тим слабшою стає інтенсивність зв'язків між об'єктами. Розвинена комунікаційна система може як покращити функціональні зв'язки в межах приміської території, так і створити додаткові перешкоди.

При розбудові транспортної інфраструктури приміських територій, як однієї з ключових складових містобудівних систем, на думку (Meiss, A.; Jimeno-Merino, H.; Poza-Casado, I.; Llorente-Álvarez, A.; Padilla-Marcos, M.Á.(2021)) необхідно враховувати такі основні вимоги:

- створення зручних транспортних зв'язків у головних напрямках з оптимальним розподілом транспортних потоків;
- поєднання високої швидкості пересування з комфортними умовами;

можливість подальшого розвитку відповідно до прогнозованих змін у соціально-економічній сфері;

забезпечення достатньої пропускної здатності магістралей, транспортних вузлів та всієї системи загалом, а також мінімізація часу на поїздки;

дотримання вимог безпеки дорожнього руху;

ефективне використання капіталовкладень.[26]

Як зазначає, (*Ek Österberg, E.; Qvist, M.(2020)*) залежно від зв'язку з транспортною інфраструктурою всі елементи містобудівної системи можна поділити на такі групи:

об'єкти, що мають бути максимально наближені до транспортних шляхів і потребують активних зв'язків із ними (наприклад, промислові зони, великі торгові та ділові центри);

території, які вимагають мінімального впливу транспортного потоку (зони відпочинку, оздоровчі комплекси, дитячі установи тощо);

райони, що потребують як доступності до транспорту, так і певної ізоляції від нього (житлові квартали).[27]

Процес проєктування транспортної мережі приміської території проходить кілька етапів і зазвичай здійснюється в такій послідовності (*Willson, R.W.; Payne, M.; Smith, E.*):

розробка техніко-економічного обґрунтування (ТЕО) генерального плану міста;

створення генерального плану;

формування комплексної схеми розвитку приміського пасажирського транспорту;

розробка проєкту детального планування приміської території;

планування та забудова транспортних магістралей, площ, перехресть (на одному чи кількох рівнях);

двоетапне проєктування будівництва або реконструкції окремих відрізків вулиць і доріг (стадії «Проект» та «Робоча документація» з кошторисним обґрунтуванням);

одноетапне проєктування будівництва чи реконструкції вулично-дорожньої інфраструктури із загальним кошторисом.[28]

На перших двох етапах визначається структура магістральної вулично-дорожньої мережі з урахуванням довгострокових прогнозів, розрахованих на 20 років і більше. На стадії техніко-економічного обґрунтування (ТЕО) аналізується необхідність реконструкції та розвитку міської інфраструктури залежно від розширення території та змін у чисельності населення. У цьому процесі розглядаються альтернативні варіанти модифікації транспортної системи або її окремих ділянок, а також визначаються основні техніко-економічні параметри.

Виходячи з цих показників, приміська транспортна мережа повинна відповідати таким критеріям:

основні транспортні вузли та райони активного трафіку мають бути з'єднані найкоротшими маршрутами;

середній коефіцієнт непрямолінійності руху не повинен перевищувати 1,2;

у місті не повинно бути територій з недостатнім рівнем транспортного обслуговування (тобто зон, де відстань до найближчої зупинки громадського транспорту перевищує 500 метрів);

щільність вулично-дорожньої мережі має бути пропорційною рівню забудови: 2,0–2,5 км/км² для районів із щільною капітальною забудовою та 1,5–2,0 км/км² у зонах малоповерхового житла;

система транспортних маршрутів повинна забезпечувати мінімальні витрати часу на поїздки (не більше 45 хвилин для міст із населенням понад 250 тисяч осіб і до 30 хвилин у менш населених містах).

На найбільш завантажених відрізках транспортної мережі пропускна здатність громадського транспорту повинна перевищувати прогнозований пасажиропотік у години пік.

Тому на нашу думку, під час планування чи оновлення транспортної інфраструктури в приміських зонах важливо враховувати кілька ключових моментів:

1. *Комфортний громадський транспорт.* Варто створювати маршрути, що справді відповідають потребам мешканців: зручні розклади, сучасні зупинки та достатня кількість транспорту в години пік.

2. *Зручні пересадки.* Важливо, щоб люди легко могли змінювати транспорт – наприклад, швидко перейти з автобуса на електричку чи скористатися велодоріжкою.

3. *Оптимізація доріг.* Якщо дороги завжди перевантажені, слід шукати рішення: розширення проїжджої частини, нові розв'язки або альтернативні маршрути.

4. *Зручні паркінги.* Перехоплюючі парковки біля станцій та зупинок дозволять людям залишати авто і продовжувати шлях громадським транспортом.

5. *Безпечні вело- та пішохідні зони.* Велодоріжки та пішохідні маршрути мають бути не просто «намальовані на карті», а реально зручні та безпечні.

6. *Екологічний підхід.* Варто робити ставку на електробуси, озеленення міських територій і зменшення забруднення повітря.

7. *Сучасні технології.* Онлайн-карти, електронні табло, безконтактна оплата – усе це робить користування транспортом зручнішим і швидшим.

Висновки. Інтеграція транспортної та інженерної інфраструктури у структуру житлових комплексів є ключовим елементом сучасного

містобудування, який безпосередньо впливає на створення комфортного та екологічно збалансованого середовища для мешканців приміських територій.

Успішне планування та організація транспортних і технічних систем забезпечують не лише ефективне використання інфраструктурних ресурсів, а й підвищують якість життя в цих зонах. Важливою складовою є поєднання пішохідної, велосипедної та громадської інфраструктури, що сприяє зменшенню залежності від особистих автомобілів.

Концепція сталого розвитку, зокрема модель «міста коротких відстаней», все більше набирає популярності як в Україні, так і за кордоном. Вона дозволяє оптимізувати транспортні потоки, знижує екологічний вплив і забезпечує зручний доступ до важливих об'єктів інфраструктури без необхідності довгих поїздок.

Цифрові технології стали невід'ємною частиною управління інфраструктурними системами, оскільки дають змогу не тільки моніторити їх ефективність, а й швидко реагувати на зміни в міських мережах. Впровадження «розумних» систем управління дозволяє значно підвищити якість обслуговування та знизити витрати на експлуатацію.

Аналіз сучасних підходів до інтеграції транспортних та інженерних мереж підтверджує важливість створення багаторівневих розв'язок та використання інноваційних технологій для поліпшення транспортної доступності в приміських районах.

Наступні дослідження повинні бути спрямовані на адаптацію міжнародних і регіональних стандартів до специфіки приміських територій, а також на інтеграцію новітніх технологій і методів управління інфраструктурою для ефективного розвитку цих зон в умовах швидкої урбанізації.

Таким чином, інтеграція транспортної та інженерної інфраструктури в житлову структуру приміських територій є необхідною для забезпечення сталого розвитку, покращення якості життя та створення комфортного середовища для жителів.

Список літератури:

1. Jonas A.E.G., McCann E., Thomas M. Urban Geography: A Critical Introduction / Andrew E. G. Jonas, Eugene McCann, Mary Thomas. Oxford : Wiley-Blackwell, 2015. 384 p. ISBN 978-1-405-18979-8.
2. Shareef O. S. M., Ahmed K. G. Design With, Not For, Local Community: Utilizing e-Participation Tools in the Design of Socially Sustainable Vertical Emirati Public Housing // Buildings. 2024. Vol. 14, № 7. P. 2235. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings14072235>

3. Khalil M. H., Abdel Kawi A., Zaky H. H. M. Homes in flux: Evaluating personal and social dynamics amid urban variability and mass-produced prototype housing // *Journal of Environmental Psychology*. 2024. Vol. 96. P. 102321. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2024.102321>
4. Pojani D., Stead D. Sustainable Urban Transport in the Developing World: Beyond Megacities // *Sustainability*. 2015. Vol. 7, № 6. P. 7784–7805. DOI: <https://doi.org/10.3390/su7067784>
5. Eizaguirre-Iribar A., Grijalba O., Hernández-Minguillón R. J. An Integrated Approach to Transportation and Land-Use Planning for the Analysis of Former Railway Nodes in Sustainable Transport Development: The Case of the Vasco-Navarro Railway // *Sustainability*. 2021. Vol. 13, № 1. P. 322. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13010322>
6. Проектування міських територій : підручник : у 2 ч. Ч. 1 / [за ред. В. Т. Семенова, І. Е. Линник] ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. 449 с. (Серія «Міське будівництво та господарство»). ISBN 978-966-695-468-1, ISBN 978-966-695-469-8 (ч. 1). URL: <https://eprints.kname.edu.ua/51991/1/2017%20П%20ч.1%20підручник.pdf> (дата звернення: 20.02.2025).
7. Собко Ю. М., Сідун Ю. В., Карасьова Л. О. Проектування автомобільних доріг: навч. посіб. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2019. 228 с.
8. Проектування міських територій: підручник: у 2-х ч. Ч. 2 / В. М. Бабаєв, Т.Д. Рищенко, О. В. Завальний, І. Е. Линник, Т. О. Черноносова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 544 с. (Серія «Міське будівництво та господарство»).
9. Кабінет Міністрів України. Постанова від 3 вересня 2024 р. № 1039 «Про реалізацію експериментального проєкту щодо створення та впровадження цифрової інтегрованої інформаційно-аналітичної системи “Єдина платформа житлово-комунальних послуг”» // Офіційний вебпортал Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1039-2024-%D0%BF#Text> (дата звернення 02.03.2025).
10. Кабінет Міністрів України. Розпорядження від 24 грудня 2024 р. № 1313-р «Про затвердження плану основних заходів цивільного захисту України на 2025 рік» // Офіційний вебпортал Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1313-2024-%D1%80#Text> (дата звернення 02.03.2025).
11. Кабінет Міністрів України. Постанова від 18 лютого 2025 р. № 174 «Про затвердження Порядку використання коштів, передбачених у державному бюджеті для розвитку мережі та утримання автомобільних доріг загального користування у 2025 році» // Офіційний вебпортал Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/174-2025-%D0%BF#Text> (дата звернення 04.03.2025).
12. Кабінет Міністрів України. Постанова від 7 лютого 2025 р. № 142 «Про реалізацію експериментального проєкту щодо нового будівництва, реконструкції, капітального ремонту, ремонту та інших інженерно-технічних заходів із захисту об’єктів критичної інфраструктури паливно-енергетичного сектору критичної інфраструктури» // Офіційний вебпортал Верховної

Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/142-2025-%D0%BF#Text> (дата звернення 04.03.2025).

13. Jayawardane A., Jayasinghe M. T. R., Attalage R. Concepts for sustainable residential developments for urban and suburban areas in Sri Lanka // Engineer. 2001. June. P.63–74. URL: https://www.researchgate.net/publication/304247868_CONCEPTS_FOR_SUSTAINABLE_RESIDENTIAL_DEVELOPMENTS_FOR_URBAN_AND_SUBURBAN_AREAS_IN_SRI_LANKA (дата звернення 04.03.2025).

14. Österberg E. E., Qvist M. Public sector innovation as governance reform: A comparative analysis of competitive and collaborative strategies in the Swedish transport sector // Administration & Society. 2018. T. 52, № 2. P. 292–318. DOI: <https://doi.org/10.1177/0095399718789077>

15. Бородай Д., Бородай А., Бородай С., Бородай Я. АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНІ ТЕНДЕНЦІЇ ФОРМУВАННЯ РЕКРЕАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ В ПОЗАМІСЬКИХ ЗОНАХ НА ПРИКЛАДІ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ. Містобудування та територіальне планування, 2021, Вип.76, С.28–36. DOI: <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2021.76.28-36>

16. Бегаль Л.І., Авдєєва Н.Ю. Історія розвитку енергоефективних житлових комплексів. Міжнародний науковий журнал "Інтернаука". 2021. Вип. 6. С. 1-10. URL: <https://www.inter-nauka.com/ua/issues/2021/6/7293> (дата звернення 04.03.2025).

17. Чепурна С. М., Жидкова Т. В. Варіативність вибору техніко-економічного обґрунтування при комплексній реконструкції території міста // Наукові вісті Дніпровського університету. Сєверодонецьк, 2018. № 14. С. 48–55. URL: https://nvdu.snu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/03/2018_14_15.pdf (дата звернення: 04.03.2025).

18. Практика інноваційних розробок у сфері територіально-просторового розвитку міст і регіонів: монографія / під заг. ред. В. Т. Семенова, І. Е. Линник; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків: ХНУМГ ім.О.М.Бекетова, 2016. 300 с. ISBN 978-966-695-389-9. URL: https://eprints.kname.edu.ua/43418/1/mon%20Семенов_Линник.pdf (дата звернення: 04.03.2025).

19. Безлюбченко О. С., Завальний О. В. Урбаністика : навч. посібник для студентів напряму підготовки «Будівництво» / О.С. Безлюбченко, О.В.Завальний; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. 274 с. ISBN 978-966-695-358-5. URL: <https://eprints.kname.edu.ua/41622/1/2015%20Н%20пособие%20Безлюбченко.pdf> (дата звернення: 04.03.2025).

20. Knowles R. D., Ferbrache F., Nikitas A. Transport's historical, contemporary and future role in shaping urban development: Re-evaluating transit-oriented development // Cities. 2020. Vol. 99. Article No. 102607. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102607>

21. Bojović M., Rajković I., Perović S. K. Towards resilient residential buildings and neighborhoods in light of COVID-19 pandemic — The scenario of Podgorica, Montenegro // Sustainability. 2022. Vol. 14, No. 3. Article No. 1302. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14031302>

22. Шпакова Г.В. Формування економіко-управлінських предикторів девелопменту на інноваційній платформі рециклінгу будівельних відходів. Ефективна економіка. 2020. №1. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2020.1.91>

23. Габрель М. Показники та методи оцінки змін якості міського простору. Містобудування та територіальне планування. 2013. № 49. С. 140 – 149.
24. Кабінет Міністрів України. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року та затвердження операційного плану заходів з її реалізації у 2025–2027 роках: Постанова від 27 грудня 2024 р. № 1550. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1550-2024-%D0%BF#Text> (дата звернення: 06.03.2025).
25. Eckersten S., Balfors B., Gunnarsson-Östling U. Challenges and Opportunities in Early Stage Planning of Transport Infrastructure Projects // Sustainability. 2021. Vol. 13, No. 3. P. 1295. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13031295>
26. Meiss A., Jimeno-Merino H., Poza-Casado I., Llorente-Álvarez A., Padilla-Marcos M. Á. Indoor Air Quality in Naturally Ventilated Classrooms. Lessons Learned from a Case Study in a COVID-19 Scenario // Sustainability. 2021. Vol. 13, No. 15. P.8446. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13158446>
27. Willson R. W., Payne M., Smith E. Does Discussion Enhance Rationality? A Report from Transportation Planning Practice // Journal of the American Planning Association. 2003. Vol.69, No.4. P.354–367. DOI: <https://doi.org/10.1080/01944360308976324>

References

1. Jonas, A.E.G., McCann, E., & Thomas, M. (2015). Urban geography: A critical introduction. Oxford: Wiley-Blackwell. ISBN 978-1-405-18979-8. (in English).
2. Shareef, O. S. M., & Ahmed, K. G. (2024). Design with, not for, local community: Utilizing e-participation tools in the design of socially sustainable vertical Emirati public housing. Buildings, 14(7), 2235. <https://doi.org/10.3390/buildings14072235> (in English).
3. Khalil, M. H., Abdel Kawi, A., & Zaky, H. H. M. (2024). Homes in flux: Evaluating personal and social dynamics amid urban variability and mass-produced prototype housing. Journal of Environmental Psychology, 96, 102321. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2024.102321> (in English).
4. Pojani, D., & Stead, D. (2015). Sustainable urban transport in the developing world: Beyond megacities. Sustainability, 7(6), 7784–7805. <https://doi.org/10.3390/su7067784> (in English).
5. Eizaguirre-Iribar, A., Grijalba, O., & Hernández-Minguillón, R. J. (2021). An integrated approach to transportation and land-use planning for the analysis of former railway nodes in sustainable transport development: The case of the Vasco-Navarro railway. Sustainability, 13(1), 322. <https://doi.org/10.3390/su13010322> (in English).
6. Semenov, V. T., & Lynnyk, I. E. (Eds.). (2018). Proektuvannia miskykh terytorii [Urban area design]: Textbook. In 2 parts. Part 1. Kharkiv: KhNUMG im. O.M. Beketova. (Series “Urban Construction and Economy”). ISBN 978-966-695-468-1; ISBN 978-966-695-469-8 (Part 1). Retrieved February 20, 2025, from <https://eprints.kname.edu.ua/51991/1/2017%20П%20ч.1%20підручник.pdf> (in Ukrainian).
7. Sobko, Y. M., Sidun, Y. V., & Karasiova, L. O. (2019). Proektuvannia avtomobilnykh dorih [Highway design]: A textbook. Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi Politekhniky. (in Ukrainian).

8. Babaiev, V. M., Ryshchenko, T. D., Zavalnyi, O. V., Lynnyk, I. E., & Chernonosova, T. O. (2019). Proektuvannia miskyykh terytorii. U 2-kh ch. Ch. 2 [Urban area design. In 2 parts. Part 2]. Kharkiv: KhNUMG im. O. M. Beketova. (Series: Urban Construction and Economy). (in Ukrainian).
9. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2024, September 3). Pro realizatsiiu eksperymentalnoho proiektu shchodo stvorennia ta vprovadzhennia tsyfrovoyi integrovanoi informatsiino-analitychnoi systemy “Yedyna platforma zhyttlovo-komunalnykh posluh” [On the implementation of an experimental project to create and launch the digital integrated information-analytical system “Unified Platform for Housing and Communal Services”] (Resolution No. 1039-2024-p). Retrieved March 2, 2025, from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1039-2024-%D0%BF#Text> (in Ukrainian).
10. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2024, December 24). Pro zatverdzhennia planu osnovnykh zakhodiv tsyvilnoho zakhystu Ukrainy na 2025 rik [On the approval of the plan of main civil protection measures of Ukraine for 2025] (Order No. 1313-2024-r). Retrieved March 2, 2025, from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1313-2024-%D1%80#Text> (in Ukrainian).
11. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2025, February 18). Pro zatverdzhennia Poriadku vykorystannia koshtiv, peredbachenykh u derzhavnomu biudzheti dlia rozvytku merezhi ta utrymannia avtomobilnykh dorih zahalnoho korystuvannia u 2025 rotsi [On the approval of the procedure for the use of funds provided in the state budget for the development and maintenance of public roads in 2025] (Resolution No. 174-2025-p). Retrieved March 4, 2025, from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/174-2025-%D0%BF#Text> (in Ukrainian).
12. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2025, February 7). Pro realizatsiiu eksperymentalnoho proiektu shchodo novoho budivnytstva, rekonstruktsii, kapitalnoho remontu, remontu ta inshykh inshenerno-tekhnichnykh zakhodiv iz zakhystu ob'ektiv krytychnoi infrastruktury palyvno-enerhetychnoho sektoru krytychnoi infrastruktury [On the implementation of an experimental project for new construction, reconstruction, capital repair, and other engineering and technical measures to protect critical infrastructure objects of the fuel and energy sector] (Resolution No. 142-2025-p). Retrieved March 4, 2025, from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/142-2025-%D0%BF#Text> (in Ukrainian).
13. Jayawardane, A., Jayasinghe, M. T. R., & Attalage, R. (2001). Concepts for sustainable residential developments for urban and suburban areas in Sri Lanka. *Engineer*, (June 2001), 63–74. Retrieved March 4, 2025, from https://www.researchgate.net/publication/304247868_CONCEPTS_FOR_SUSTAINABLE_RESIDENTIAL_DEVELOPMENTS_FOR_URBAN_AND_SUBURBAN_AREAS_IN_SRI_LANKA (in English)
14. Ek Österberg, E., & Qvist, M. (2018). Public Sector Innovation as Governance Reform: A Comparative Analysis of Competitive and Collaborative Strategies in the Swedish Transport Sector. *Administration & Society*, 52(2), 292-318. <https://doi.org/10.1177/0095399718789077> (Original work published 2020) (in English)
15. Boroday, D., Boroday, A., Boroday, S., & Boroday, Y. (2021). ARCHITECTURAL AND PLANNING TRENDS IN THE FORMATION OF RECREATIONAL COMPLEXES IN SUBURBAN

AREAS ON THE EXAMPLE OF SUMY REGION. *Urban Development and Spatial Planning*, (76), 28–36. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2021.76.28-36> (in Ukrainian).

16. Behal, L. I., & Avdieieva, N. Yu. (2021). History of the development of energy-efficient residential complexes. *Internauka International Scientific Journal*, (6), 1–10. Retrieved March 4, 2025, from <https://www.inter-nauka.com/ua/issues/2021/6/7293> (in Ukrainian).

17. Chepurna, S. M., & Zhydkova, T. V. (2018). Variatyvnist' vyboru tekhniko-ekonomichnoho obhruntuvannia pry kompleksnii rekonstruktsii terytorii mista (Variability of choosing the techno-economic justification in the complex reconstruction of urban territory). *Naukovi Visti Dalivs'koho Universytetu*, (14), 48–55. Retrieved March 4, 2025, from https://nvdu.snu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/03/2018_14_15.pdf (in Ukrainian).

18. Semenov, V. T., & Lynnyk, I. E. (Eds.). (2016). *Praktyka innovatsiinykh rozrobok u sferi terytorialno-prostorovoho rozvytku mist i rehioniv* (Practice of innovative developments in the field of territorial and spatial development of cities and regions) [Monograph]. Kharkiv National University of Urban Economy named after O.M.Beketov. Retrieved March 4, 2025, from https://eprints.kname.edu.ua/43418/1/mon%20Семенов_Линник.pdf (in Ukrainian).

19. Bezliubchenko, O. S., & Zavalnyi, O. V. (2015). *Urbanistyka: navchalnyi posibnyk dlia studentiv napriamu pidhotovky "Budivnytstvo"* (Urban studies: Textbook for students majoring in "Construction"). Kharkiv National University of Urban Economy named after O.M.Beketov. Retrieved March 4, 2025, from <https://eprints.kname.edu.ua/41622/1/2015%20Н%20рособие%20Безлюбченко.pdf> (in Ukrainian).

20. Knowles, R. D., Ferbrache, F., & Nikitas, A. (2020). Transport's historical, contemporary and future role in shaping urban development: Re-evaluating transit-oriented development. *Cities*, 99, 102607. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102607> (in English)

21. Bojović, M., Rajković, I., & Perović, S. K. (2022). Towards resilient residential buildings and neighborhoods in light of COVID-19 pandemic—The scenario of Podgorica, Montenegro. *Sustainability*, 14(3), 1302. <https://doi.org/10.3390/su14031302> (in English)

22. Shpakova, H. (2020). Formation of economic and management development predictors on the innovation platform of construction waste recycling. *Efektivna ekonomika*, [Online], vol. 1. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2020.1.91> (in Ukrainian)

23. Habrel, M. (2013). Pokaznyky ta metody otsinky zmin yakosti mis'koho prostoru (Indicators and methods for assessing changes in the quality of urban space). *Mistobuduvannia ta terytorial'ne planuvannia Urban Planning and Territorial Development*, (49), 140–149. (in Ukrainian)

24. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2024, December 27). Pro skhvalennia Natsional'noi transportnoi stratehii Ukrainy na period do 2030 roku ta zatverdzhennia operatsiinoho planu zakhodiv z yii realizatsii u 2025–2027 rokakh [On the approval of the National Transport Strategy of Ukraine until 2030 and the adoption of the operational action plan for 2025–2027] (Resolution No. 1550-2024-p). Retrieved March 6, 2025, from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1550-2024-%D0%BF#Text> (in Ukrainian).

25. Eckersten, S., Balfors, B., Gunnarsson-Östling, U. (2021). Challenges and Opportunities in Early Stage Planning of Transport Infrastructure Projects. *Sustainability*, 13(3), 1295. <https://doi.org/10.3390/su13031295> (in English)
26. Meiss, A., Jimeno-Merino, H., Poza-Casado, I., Llorente-Álvarez, A., & Padilla-Marcos, M. Á. (2021). Indoor Air Quality in Naturally Ventilated Classrooms. Lessons Learned from a Case Study in a COVID-19 Scenario. *Sustainability*, 13(15), 8446. <https://doi.org/10.3390/su13158446> (in English)
27. Willson, R. W., Payne, M., & Smith, E. (2003). Does Discussion Enhance Rationality? A Report from Transportation Planning Practice. *Journal of the American Planning Association*, 69(4), 354–367. <https://doi.org/10.1080/01944360308976324> (in English)

Abstract

Ihor Povoroznyk. 2nd-year PhD student, 191 "Architecture and Urban Planning" Higher Educational Institution "King Danylo University"

Methods of integrating transport and engineering infrastructure into the planning structure of residential complexes in suburban areas

The development of suburban areas is accompanied by active urbanization processes, requiring a comprehensive approach to integrating transport and engineering infrastructure into the structure of residential complexes. A rational combination of these components contributes to improving living conditions, optimizing transport flows, and reducing environmental impact.

This article explores methods for the spatial integration of transport and engineering networks into the planning system of residential zones in suburban areas. The key principles of urban development that promote sustainability and comfort in the living environment are identified. An analysis of modern approaches to the formation of transport and engineering systems, focused on mobility, energy efficiency, and environmental safety, has been conducted.

Special attention is given to the "short-distance city" concept, which aims to optimize the spatial organization of infrastructure to minimize transport costs and enhance access to socially significant facilities. The importance of harmonizing public transport, cycling and pedestrian infrastructure, and modern engineering networks adapted to the specifics of suburban development is substantiated. Technological solutions for digital management of engineering communications and transport flows are proposed, allowing for improved efficiency in urban space management.

The findings of this study can be applied in urban planning, territorial management, and the development of strategies for suburban area expansion, aligning with sustainable development principles and the balanced use of infrastructure resources.

Keywords: infrastructure integration; transport networks; suburban residential complexes; urban planning; mobility; sustainable development; energy efficiency; digital management; spatial planning.