

Геоінформаційні аспекти планування заходів адаптації до змін клімату в малих містах України (на прикладі м. Острог)

<https://doi.org/10.31713/MCIT.2025.131>

Тетяна Басюк

Національний університет водного господарства
та природокористування
Рівне, Україна
t.o.basyuk@nuwm.edu.ua

Василь Корбутяк

Національний університет водного господарства та
природокористування
м. Рівне, Україна
v.m.korbutiak@nuwm.edu.ua

Андрій Федорчук

Національний університет водного господарства
та природокористування
Рівне, Україна
fedorchuk_vg20@nuwm.edu.ua

Анотація — У статті розглянуто комплексний підхід до оцінки вразливості малого міста Острог до основних кліматичних викликів – теплового стресу та підтоплень. На основі аналізу просторового розподілу забудови, зелених насаджень, рельєфу та температурних даних виявлено найкритичніші ділянки міста. Запропоновано низку конкретних адаптаційних заходів, зокрема впровадження «зелених дахів» та створення «зелених островів», спрямованих на пом'якшення негативних наслідків кліматичних змін. Наголошується на важливості моніторингу ефективності впроваджуваних рішень з використанням сучасних геопросторових методів.

Ключові слова — *тепловий стрес, підтоплення, міське середовище, зелена інфраструктура, просторове планування.*

I. ВСТУП

Сучасний етап розвитку урбанізованих територій України, що відбувається в умовах посилення кліматичних змін та складних соціально-економічних викликів, вимагає фундаментального переосмислення підходів до містобудування. Інтеграція принципів кліматичної стійкості в системи міського планування перетворюється з абстрактної концепції на практичну необхідність. Особливо це стосується малих міст, які, з одного боку, мають обмежені ресурси для розробки та впровадження складних стратегій адаптації, а з іншого – часто є найбільш вразливими через морально та фізично застарілу інженерну та соціальну інфраструктуру, а також недостатність функціональних зелених зон [1; 5].

Місто Острог, що має багату історичну спадщину, є типовими представником малих обласних центрів України, які стикаються із загрозами, пов'язаними із посиленням екстремальних погодних явищ. Актуальність даного

дослідження полягає у поєднанні класичних підходів фізико-географічного аналізу з сучасними методами обробки просторової інформації для отримання конкретних, практично-орієнтованих результатів, придатних для негайного впровадження органами місцевого самоврядування. Таке поєднання дозволяє перейти від загальних міркувань до цілеспрямованого планування втручань на конкретних територіях. [2–4].

Метою роботи є комплексна оцінка просторової диференціації вразливості м. Острог до двох ключових кліматичних викликів – теплового стресу та підтоплень – та розробка на цій основі науково обґрунтованих пропозицій щодо конкретних адаптаційних заходів, інтегрованих у міський простір.

II. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Методологічну основу дослідження становить системний підхід, що базується на комплексному аналізі гетерогенних просторових даних. Для досягнення поставленої мети було застосовано низку взаємопов'язаних методів.

Для оцінки ризику підтоплень основним інструментом було гідрологічне моделювання. Вихідною базою для нього була цифрова модель рельєфу (ЦМР), побудована на основі даних місії SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) з просторовою роздільною здатністю 30 метрів. Для забезпечення коректності подальших розрахунків проведено попередню обробку ЦМР з метою усунення локальних помилкових западин (sinks), що дозволило відтворити реальні умови поверхневого стоку.

Для аналізу теплового навантаження на міське середовище було застосовано двоступеневий підхід:

1. Аналіз багаторічної динаміки температури повітря. Використано ряди даних найближчої до Острога метеостанції м. Рівне за період 1990-2024 рр. Було розраховано середньолітні температури (червень-серпень) для кожного року.

2. Оцінка температури поверхні землі (LST). Для виявлення просторової структури «міського острова тепла» виконано розрахунок LST на основі даних теплового каналу (Band 10) супутника Landsat 8.

Окрім того, для оцінки антропогенної трансформації території проведено порівняльний аналіз динаміки забудови та зелених насаджень за період 2002-2018 рр. на основі архівних супутникових знімків високої роздільної здатності.

III. ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Аналіз багаторічних метеоспостережень (1990-2024 рр.) виявив сталу тенденцію до потепління в регіоні (рис. 1). Встановлено, що середня літня температура повітря суттєво зростає, починаючи з 1990-х років. Якщо на початку періоду спостережень значення коливалися в межах 16-17°C, то після 2010 року вони стабілізувалися на рівні 19-20°C, із періодичними піками понад 21°C. Ця динаміка є індикатором зростаючого теплового навантаження на міську інфраструктуру та здоров'я населення.

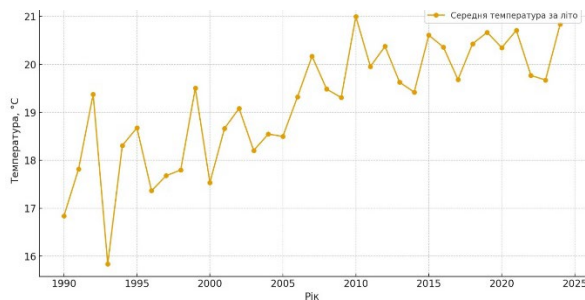


Рис. 1. Динаміка середньої літньої температури (червень-серпень) по роках за даними метеостанції м. Рівне

Оцінка ризиків підтоплень на основі моделювання поверхневого стоку. Результати моделювання поверхневого стоку виявили чітку просторову диференціацію території міста за рівнем гідрологічного ризику. Як видно на рис. 2, центральна частина м. Острого є зоною концентрації водних потоків та потенційної аккумуляції води.

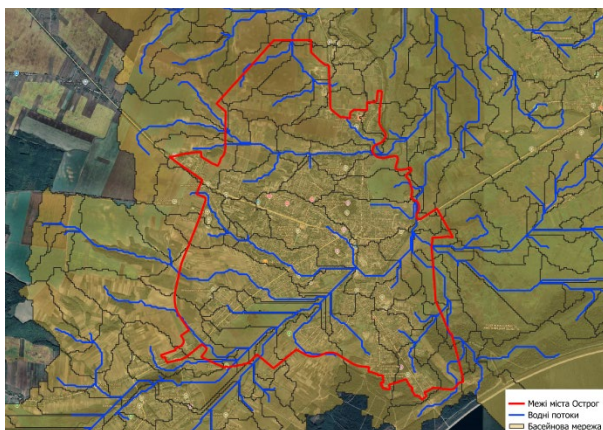


Рис. 2. Мережа водних потоків на території м. Острого

Генезис даного явища має комплексний характер і обумовлений поєднанням низьких абсолютних відміток рельєфу, що формують природну депресію; високої частки водонепроникних поверхонь; та недостатньої пропускної спроможності існуючих інженерних систем водовідведення. Детальна карта основних водних потоків (рис. 3) підтверджує, що саме центральні райони міста, зокрема вздовж Проспекту Незалежності та суміжних вулиць (Гальшки Острозької, Соборної), є найбільш вразливими до підтоплень під час інтенсивних зливових опадів.

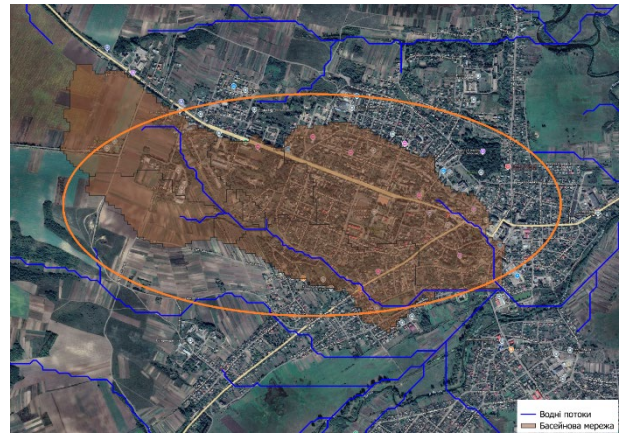


Рис. 3. Основні водні потоки в межах м. Острога

Результати розрахунків температури поверхні землі (LST) наочно демонструють формування інтенсивного «міського острова тепла». Як видно на рис. 3, максимальні значення LST, що досягають 35–36°C, фіксуються в центральній частині міста. Контраст між нагрітими урбанізованими територіями та прохолоднішими периферійними ділянками, вкритими рослинністю, становить 3-5°C.

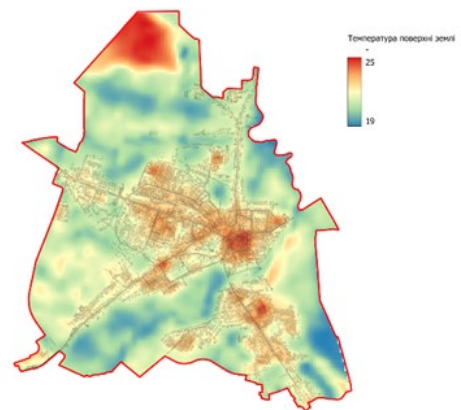


Рис. 3. Температури поверхні землі на території м. Острога за даними Landsat 8 (серпень 2025 р.)

Детальний аналіз центру міста (рис. 4) підтверджує, що ядро теплового острова збігається з районами найщільнішої забудови, мінімальною часткою зелених насаджень та максимальною часткою асфальтобетонних покриттів. Порівняльний аналіз з історичними супутниковими знімками остаточно підтверджує, що процес урбаністичного ущільнення виступив ключовим фактором посилення даного ефекту.

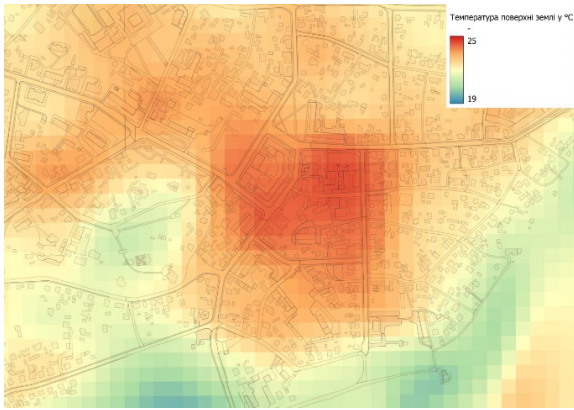


Рис. 4. Температура поверхні землі у центрі міста Острог

Порівняльний аналіз архівних знімків наочно ілюструє інтенсифікацію антропогенного навантаження. На рис. 5 та рис. 6 представлена динаміка центральної частини міста між 2002 та 2018 роками, що свідчить про ущільнення існуючої забудови, зменшення внутрішньодворових зелених зон та зростання площ водонепроникних поверхонь.



Рис. 5. Центральна частина м. Острог, 2002 рік

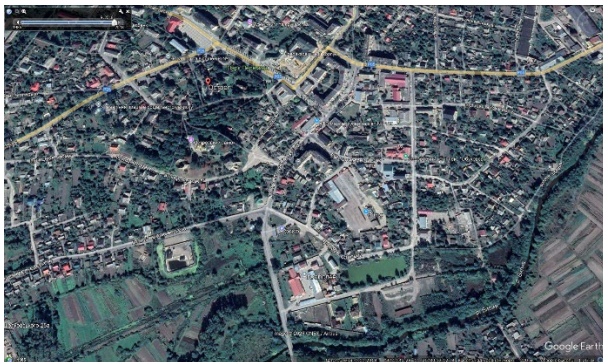


Рис. 6. Центральна частина м. Острог, 2018 рік

Ще більш виразна трансформація спостерігається в районі житлового комплексу «Карпатський». Як видно з рис. 7 та рис. 8, на місці порівняно вільної забудови у 2002 році до 2018 року сформувався щільний багатоповерховий масив, що супроводжувався радикальним збільшенням теплової інерції даної території та різким зростанням обсягів поверхневого стоку.



Рис. 7. Район ЖК «Карпатський», 2002 рік



Рис. 8. Район ЖК «Карпатський», 2018 рік

На основі отриманих результатів комплексного просторового аналізу було розроблено цілісну систему адаптаційних заходів, спрямованих на пом'якшення негативних наслідків кліматичних змін для міського середовища Острога. Запропоновані рішення ґрунтуються на принципах природоорієнтованого підходу та концепції "міста-губки" і включають кілька взаємопов'язаних напрямів, що формують єдиний механізм підвищення кліматичної стійкості міста.

1. Озеленення дахів як спосіб контролю міського теплового навантаження. Аналіз розподілу температури поверхні землі виявив критичну роль забудови у формуванні міського теплового острова. Для зниження теплового навантаження від ключових будівель-«донорів» тепла запропоновано систему "зелених дахів". Відбір об'єктів для пріоритетного впровадження проводився за сукупністю критеріїв, що включають площу покрівлі, розташування в зонах з найвищими значеннями температури поверхні, функціональне призначення та концентрацію населення в прилеглих територіях.

У центральній частині міста ідентифіковано ключові об'єкти, пріоритетні для впровадження «зелених дахів». До них віднесено універмаг та торговий центр «Ritches» – як об'єкти з максимальною площею покрівель та розташуванням в епіцентрі теплового острова; корпуси Національного університету «Острозька академія» - через їх соціальну значущість та концентрацію молоді; багатоповерхові житлові будинки по вул. Яворницького та просп. Незалежності - як місця постійного проживання значної кількості мешканців.

Для кожного з цих об'єктів розрахований потенційний ефект від впровадження, який включає зниження температури покрівлі на 15-25°C влітку, скорочення поверхневого стоку на 50-70% від випадких опадів, покращення якості повітря за рахунок фільтрації пилу та поглинання CO₂, а також збільшення біорізноманіття в урбанізованому середовищі.

2. Створення мережі «зелених островів» для комплексного адаптаційного впливу. Другим ключовим елементом адаптаційної стратегії є створення розподіленої мережі «зелених островів» - невеликих озелених зон, інтегрованих у щільну міську забудову. Ці елементи виконують подвійну функцію, що поєднує терморегулюючі та водоакumuлюючі властивості.

Терморегулююча функція реалізується через створення тінювих коридорів для пішохідних маршрутів, зниження температури повітря шляхом евапотранспірації на 2-4°C та формування мікрокліматичних осередків комфорту в найбільш нагрітих зонах. Водоакumuлююча функція включає затримання та інфільтрацію дощових вод, зниження пікового навантаження на зливову мережу на 20-30% та поповнення ґрунтових вод.

Оптимальні локації для «зелених островів» обрані на основі комплексного аналізу шляхів основних водних потоків, зон максимальної щільності населення, найбільш нагрітих ділянок та відстані до існуючих зелених зон для створення єдиної екологічної мережі. Критичними точками для впровадження визначені перехрестя вулиць Замкова - Федорова, перехрестя Проспекту Незалежності - Татарська, перехрестя Гальшки Острозької - Проспект Незалежності, а також подвір'я нового корпусу Острозької академії.

3. Адаптація інших проблемних районів міста.

Для району ліцею №1 - Острозької академії - Майдану Свободи запропоновано аналогічний підхід. Ідентифіковано ключові будівлі для «зелених дахів»: ліцей №1; корпус Острозької академії; будівля Укрпошти; пологовий будинок. Розміщення «зелених островів» на Майдані Свободи та прилеглих перехрестях дозволить не лише покращити мікроклімат цього району, але й частково акумулювати дощові води, що стікають у нижні частини міста.

Для житлового комплексу «Карпатський», що характеризується надзвичайно високою щільністю нової забудови, запропоновано комплекс заходів, що включає озеленення дахів двох основних будівель житлового комплексу, створення двох «зелених островів» у центрі кварталу та заміну асфальтових покриттів внутрішньодворових територій на водопроникні матеріали.

Запропонована система заходів створює значний синергетичний ефект: «зелені дахи» знижують теплове навантаження на рівні окремих будівель, тоді як «зелені острови» формують мережу мікрокліматичних осередків на рівні міських просторів. Разом вони значно знижують інтенсивність теплового острова та ризики підтоплення, створюючи самопідтримувану систему кліматичної адаптації.

Економічна ефективність впровадження включає скорочення витрат на кондиціонування приміщень на 15-20%, зменшення витрат на ремонт зливової інфраструктури, підвищення інвестиційної привабливості територій та зростання вартості нерухомості в районах з покращеним мікрокліматом. Додатковим економічним ефектом є збільшення туристичної привабливості міста через покращення якості міського середовища.

Реалізація запропонованих заходів дозволить перетворити Острог на модель кліматично стійкого малого міста, адаптованого до сучасних викликів, зі збереженням його історичної спадщини та покращенням якості життя мешканців. Системний підхід до планування дозволяє поєднати екологічну ефективність з економічною доцільністю, що робить запропоновані рішення практично реалізованими в умовах обмежених бюджетних ресурсів малих міст.

IV. ВИСНОВКИ

Комплексний просторовий аналіз дозволив ідентифікувати та ранжувати зони підвищеної вразливості м. Острог до ключових кліматичних ризиків. Встановлено, що найкритичнішими є центральні райони міста, що характеризуються щільною забудовою, високою часткою водонепроникних поверхонь та низькими відмітками рельєфу.

На основі отриманих даних розроблено конкретний, просторово-прив'язаний план адаптаційних заходів. Його ядро становить комбінація впровадження «зелених дахів» на ключових будівлях та створення мережі дрібних «зелених островів». Для забезпечення наукової обґрунтованості управлінських рішень запропоновано систему моніторингу ефективності впровадження заходів, що базується на супутникових даних.

Представлений у роботі підхід може бути успішно адаптований для інших малих та середніх міст України, сприяючи формуванню єдиної, науково обґрунтованої державної політики в галузі кліматичної адаптації.

Література

- [1] Зацерковний. В. І. Геоінформаційні системи в науках про Землю Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2016. 510 с.
- [2] Ляшук. О., Гузенко. А., Адаптація до зміни клімату: короткий путівник для громад. Рівне: Екоclub. 2023 р. 38.С.
- [3] Поль О., Ляшук О., Кондратюк О., Оцінка вразливості до зміни клімату Рівненської громади та рекомендації щодо заходів з адаптації до зміни клімату. Рівне: Екоclub. 2022 р. 159.С.
- [4] Про затвердження Концепції "Блакитно-зелені коридори Рівненської міської територіальної громади": Рішення Рівненської міської ради (восьме сесійне) від 06.07.2023 р. № 3559. С.19
- [5] Thiede R., Sutton T., Düster H., Sutton M., QGIS Training Manual. 2019 p. 675 С.