

## ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМУВАННЯ ТА ПРОСТОРОВОГО РОЗПОДІЛУ «ОСТРОВА ТЕПЛА» НАД ЛУЦЬКОМ

Федонюк М.А., к.геогр.н., доц. кафедри екології  
Прохоренко А.Ю., ст. гр. ЕОС-42,  
Федонюк В.В., к.геогр.н., доц. кафедри екології  
Луцький національний технічний університет, м. Луцьк

### Анотація

У дослідженні аналізується динаміка термічних показників у Луцьку на основі інструментальних вимірів температури різних діяльних поверхонь, які проводилися протягом зимового періоду 2017-2018 р.р. в окремих районах нашого міста, а також на основі аналізу та порівняння космічних знімків досліджуваної території, зроблених в інфрачервоному діапазоні. Визначено характер розповсюдження міського «острова тепла», який в останні роки чітко проявляється для м. Луцька, та види його екологічного впливу на окремі мікрорайонах міста.

Ключові слова: температура повітря, погода, клімат, теплове забруднення, міський острів тепла, Луцьк.

### Аннотация

В исследовании анализируется динамика термических показателей в Луцке на основе инструментальных измерений температуры разных деятельных поверхностей, которые проводились на протяжении зимнего периода 2017-2018 г.г. в отдельных районах нашего города, а также на основе анализа и сравнения космических снимков исследуемой территории, сделанных в инфракрасном диапазоне. Определен характер распределения городского «острова тепла», который в последнее время исключительно четко проявляется для г. Луцка, и виды его экологического влияния на отдельные микрорайоны города.

Ключевые слова: температура воздуха, погода, климат, тепловое загрязнение, городской остров тепла, Луцк.

### Summary

**Fedoniuk N.A., Prohporenko A.U., Fedoniuk V.V. Investigation of the formation and spatial distribution of the "island of heat" over Lutsk.** The study analyzes the dynamics of the acidity of air temperature in Lutsk on the basis of instrumental measurements of the temperature of the active surface. The authors compared the complex of space images of Lutsk, made in the infrared range. On the basis of the analysis of the complex of space images, the zones of the largest thermal pollution were identified. Areas of thermal pollution spread to industrial areas of the city, to areas near large motorways. The thermal pollution of residential neighborhoods is also noticeable.

The article analyzes the sources and effects of thermal pollution in urban areas. The review of the main foreign and national sources for the formation of urban heat island and its monitoring is carried out. Examples of an assessment of thermal pollution of some west Ukrainian cities on infrared satellite pictures are given. The main methods of decrease of urban thermal pollution are outlined and classified.

Keywords: air temperature, weather, climate, thermal pollution, urban heat island, Lutsk.

*Вступ. Постановка проблеми у загальному вигляді.* В наш час близько 50 % населення Землі проживає в містах. Господарська діяльність людини та наявність значної кількості автотранспорту призводить до утворення додаткового тепла у великому місті (в літературі

зустрічається порівняння функціонування міста з функціонуванням великої печі, що викидає в атмосферу значну кількість тепла та забруднюючих речовин); заміна природних поверхонь, вкритих рослинністю, на асфальтові та бетонні є причиною зміни поглинання поверхнею сонячної радіації, здатності акумуляції тепла, інтенсивності випаровування і таким чином призводить до значних відмінностей мікроклімату міста від приміських територій. Численні експериментальні дослідження та вимірювання свідчать, що приземна температура в містах, як правило, є вищою, ніж в сільській місцевості на 1–5°C і перебуває в прямій залежності від розмірів міста. На температурній карті місто виглядає як справжній острів. Це прояви характерного метеорологічного явища ХХ–ХХІ ст. – так званого острова тепла. Відомо, що це явище може призводити до змін міської погоди та клімату, а в літній період посилювати дискомфорт значної кількості мешканців міст від гіпертермії.

Враховуючи, що за прогнозами фахівців в найближчі роки процес урбанізації буде продовжуватися і до 2030 р. в містах проживатиме близько 61 % населення (а, відповідно, і розміри міст зростатимуть), питання, пов'язані з дослідженням мікроклімату великого міста, набувають особливої *актуальності* [8].

Незважаючи на достатньо високий рівень розробки загальних питань теплового забруднення міст, дослідження кожної новооселітебної території потребує окремих підходів. Крім того, раніше отримані дані стають неактуальними і потребують корекції через значну мінливість погодних та кліматичних умов, нові ефекти глобального потепління, подальше розростання оселітебних зон [3].

Тому *метою* даного дослідження було вивчення умов формування та екологічних наслідків утворення міського острова тепла (на прикладі Луцька).

Відповідно до поставленої мети було визначено *ряд завдань*: 1) проаналізувати теоретичні засади вивчення міських островів тепла (за даними наукової літератури); 2) методом порівняльного аналізу космічних інфрачервоних супутникових знімків території м.Луцька оцінити масштаби та поширення осередків формування «острову тепла» над містом у різні сезони року та при різних метеорологічних умовах; 3) провести серію власних інструментальних вимірювань потоків тепла у місті з наступною оцінкою одержаних результатів.

*Об'єктом дослідження* є явище «островів тепла», що утворюються над містами, та, зокрема, м.Луцьком.

*Предметом дослідження* є вивчення умов формування та поширення міського "острова тепла" у м. Луцьку.

*Методи дослідження* поставленої проблеми були як теоретичного, так і емпіричного характеру. У теоретичному блоці було вивчено та проаналізовано літературу, присвячену проблемам мікроклімату великого міста та температурним аномаліям у ньому. Серед емпіричних методів дослідження виконувались вимірювання температури поверхонь і повітря на певних відстанях від джерел тепла у місті та порівнювались між собою ці значення, а також здійснювалося порівняння космічних знімків у тепловому інфрачервоному діапазоні міста Луцька і прилеглих територій. На основі отриманих даних ми відслідкували основні осередки і причини утворення островів тепла у місті Луцьку, оцінили наслідки їх появи та можливості уникнення негативних екологічних наслідків.

*Виклад основного матеріалу дослідження.* Проблеми забрудненості навколишнього середовища є одними з найгостріших в наш час. Теплове забруднення – це один з найпоширеніших видів фізичного забруднення в містах, урбанізованих і промислових зонах.

Невід'ємною частиною сучасних міських систем є так званий «острів тепла міста» або «міський тепловий острів (МТО)». Прийнято вважати, що це – територія у внутрішній частині великого міста, яка характеризується підвищеними, у порівнянні з периферією міста, температурами повітря. Центр міського острова тепла зазвичай зміщений від центру міста в ту сторону, куди направлені переважаючі вітри [1,2,3].

Для характеристики острова тепла найчастіше використовуються такі поняття: загальна просторова форма острова тепла (ізотерми окреслюють певну урбанізовану територію, де температури вищі, ніж в передмісті), інтенсивність острова тепла в градусах (фактично – це різниця температур між містом та прилеглими територіями), характеристика поверхонь міста (адже, вони значною мірою визначають нагрівання повітря в містах) [8].

Острів тепла є відображенням суми мікрокліматичних змін, пов'язаних з антропогенними перетвореннями міської поверхні. Навіть ізольований комплекс будівель створює мікроклімат, який відрізняється від того, який був би на цій території в її природному стані. Заасфальтовані поверхні і стіни будинків та споруд в світлу пору доби накопичують деяку кількість тепла, а вночі віддають його навколишньому повітрю. Також, евапотрінспірація (або сумарне випаровування – кількість вологи, що переходить в атмосферу у вигляді пари в результаті поглинання з ґрунту і подальшої транспірації (фізіологічне випаровування) і фізичного випаровування з ґрунту і з поверхні рослинності в місті різко зменшена, так як рослинний покрив є незначним [6,7].

Острів тепла не є стаціонарним. Він схильний як до періодичних, так і до неперіодичних флуктуацій, просторових коливань. Із періодичних флуктуацій особливо виділяється добовий хід. Вдень, навіть в сонячну безвітряну погоду, різниця температур між містом і сільською місцевістю, як правило, незначна. Проте, вночі в місті в абсолютній більшості випадків тепліше, ніж на околицях.

Також варто відзначити, що приземні аномалії температури на території міста проявляються і на більш високих рівнях. Як свідчать результати досліджень ряду авторів, вертикальна протяжність острова тепла в різних містах може відрізнятися: так, деякі науковці вважають, що тепловий вплив міста чітко проявляється в межах нижнього 100–500 метрового шару атмосфери, інші – що тепловий вплив міста оцінюється до висот 500–1500м. В залежності від того, на якій висоті спостерігається острів тепла [7,8], виділяють кілька його видів:

- 1) Острів тепла, що спостерігається в приповерхневому шарі (SurfaceHeatIsland (SHI) – англ.);
- 2) Острів тепла, що спостерігається в граничному шарі атмосфери над містом (BoundaryLayerHeatIsland (BLHI) – англ.);
- 3) Острів тепла, що спостерігається в піддаховому шарі атмосфери (CanopyLayerHeatIsland (CLHI) – англ.) [8].

Інколи помилково стверджують, що основним фактором утворення островів тепла є викиди теплових мас від спожитої людьми енергії, насправді ж це вторинний фактор, а основною причиною є зміна поверхні землі (діяльної поверхні). Наприклад, темні поверхні – такі як дахи будівель та дороги, поглинають значно більше сонячного випромінювання, а їх щільність значно вища, ніж у сільській місцевості. Зазвичай у містах широко використовують такі матеріали як бетон і асфальт, які мають істотно різні теплові (теплоємність і теплопровідність) та відбивні (розсіювання) властивості поверхні (альbedo і коефіцієнт випромінювання), ніж у навколишніх сільських районах, де ці матеріали менш поширені. Це викликає зміну в енергетичному балансі міської території. Ще одна важлива причина полягає у відсутності випаровування (наприклад, через відсутність рослинності) в міських районах. Зі зменшенням площі зелених насаджень міста втрачають тіньову та охолоджувальну дію дерев, також зменшується поглинання вуглекислого газу [6].

На існування та інтенсивність острова тепла впливає цілий ряд чинників. Серед них перш за все варто виділити наступні:

- 1) Погода. З характеристик погоди на формування острова тепла найсуттєвіше впливають вітер та хмарність. Розміри острова тепла є найбільшими за тихої ясної погоди. Посилення вітру призводить до перемішування повітря та зменшення острова тепла. Варто зазначити, що у зв'язку з особливостями рельєфу кожне місто реагує на вітрові умови по-

своєму. Існує певна гранична швидкість вітру, вище якої існування острова тепла є неможливим. Її значення залежить, перед усім, від розмірів міста. Результати експериментів Оке і Ханнелла свідчать, що в невеликих містах навіть швидкість вітру 4 м/с може виявитися достатньою для знищення острова тепла. В денні години за наявності хмар надходить менше прямої сонячної радіації і відбувається менш інтенсивне нагрівання асфальту, бетону тощо; вночі – зростання кількості хмар знижує радіаційне охолодження і також зменшує прояви острова тепла [5,7,8,9,11].

2) Географічне положення впливає на острів тепла опосередковано – через клімат даного регіону (переважаючі напрямки та характерна швидкість вітру, режим хмарності тощо).

3) Час доби та сезон. Навіть якщо умови сприяють розвитку острова тепла, в більшості випадків вдень різниці температур в місті та приміських територіях дуже малі, максимальні температурні контрасти зазвичай проявляються через 2–3 години після заходу сонця. У невеликих містах вони зникають незабаром після півночі. У великих містах острів тепла зберігається аж до сходу сонця, що збільшує мінімальну температуру в ранкові години. До середини дня різниця температур між містом і сільською місцевістю стає мінімальною.

Протягом року до земної поверхні в помірних широтах надходить неоднакова кількість сонячної радіації, крім того, викиди антропогенного тепла також відрізняються протягом року – за рахунок цього і формуються відмінності в кількісних характеристиках острова тепла впродовж року.

4) Функції міста та переважна людська діяльність в місті. Значна кількість тепла, що утворюється в місті, пов'язана з діяльністю людини, в процесі якої відбувається спалювання викопного палива. Відповідно, якщо місто спеціалізується на чорній металургії, чи виробництві енергії, то відбувається утворення значної кількості антропогенного тепла. Антропогенний підігрів міст посилюється в зимовий період.

5) Форма та розміри міста. Відомо багато спроб пов'язати інтенсивність острова тепла з розмірами міста. Ще в 1953 р. Мітчелл помітив, що значну частку дисперсії збільшення температури у містах можна пояснити, якщо представити її у вигляді функції зростання населення. В якості найбільш репрезентативного чинника, що враховує вплив розмірів міста на зміну температури, Мітчелл запропонував використовувати значення кореня квадратного від чисельності населення міста. Звісно, чисельність населення не є фізичною величиною, проте, її можна легко оцінити на відміну від інших параметрів, таких, як площа, ступінь зміни умов на поверхні чи кількість тепла, що виробляється. Крім того, чим більшою є кількість населення, тим більшими є лінійні розміри міста та інтенсивність господарської діяльності [7,11].

6) Рельєф міста. Інтенсивність міських островів тепла перебуває в значній залежності від особливостей рельєфу місцевості, проте більшість дослідників намагається уникнути складностей, пов'язаних з наявністю улоговин та височин, шляхом введення поправок до заданого градієнта температури.

7) Наявність великих водних об'єктів. Вода як рідина має унікальні фізичні властивості. По-перше, альbedo води становить всього 3–5 %, в той час як альbedo асфальту та бетону – двох найпоширеніших у містах будівельних матеріалів – 12 та 55 % відповідно. Отже, вода поглинає більше сонячної радіації. По-друге, вода має найбільшу питому теплоємність серед усіх існуючих у природі рідин – 4,183 кДж/кг·к, в той час як відповідні значення для асфальту та бетону становлять всього 0,92 та 1,0 відповідно. Тому вода прогрівається дуже повільно і в один і той же час її температура буде меншою, ніж температура поверхні міста. З іншого боку, у воді теплова енергія утримується набагато довше, її охолодження відбувається повільніше. Як результат вода є найхолоднішою поверхнею на міській території вдень та найтеплішою – вночі, особливо в передсвітанкові години. У випадку, коли місто розташоване на березі великої водойми (озера чи моря),

циркуляція повітря на зразок бризової, яка виникає між водоймою та берегом, вдень сприяє винесенню на суходіл морського повітря, що спричинює деяке зниження температури. Специфічний вплив на структуру острова тепла здійснюють ріки: за достатньо великих лінійних розмірів річки в межах міста, денний острів тепла, що над ним сформувався, може розпадатись на кілька частин, залежно від конфігурації водного потоку [8].

У зв'язку з цим, розрізняють пряме і непряме теплове забруднення міських територій, що призводять до утворення островів тепла. Пряме теплове забруднення пов'язане із безпосереднім надходженням теплової енергії внаслідок викидів автотранспорту, промислових підприємств, котелень, підігрітими скидами стічних вод, витокami на теплотрасах тощо. Для приміських зон приватної забудови також характерні розосереджені викиди від індивідуальних опалювальних установок [7,9,11].

Непряме теплове забруднення пов'язане з антропогенними трансформаціями радіаційного, теплового режиму та процесів випаровування води в межах міської території. Місто – це, насамперед, зона активного перетворення людиною діляної поверхні, яка, як відомо, є одним з кліматоутворюючих факторів, разом з сонячною радіацією та атмосферною циркуляцією. У містах значні площі займають заасфальтовані дороги та майданчики, забетоновані ділянки, будівлі, в тому числі висотні, поверхня стін та дахів яких багаторазово збільшує навіть саму площу діляного шару. Більшість штучних поверхонь (бетон, камінь, асфальт, пластик тощо) вдень активно поглинають та накопичують тепло, від них нагрівається і приземний шар повітря [3].

До наслідків виникнення у містах температурних аномалій в першу чергу варто віднести формування своєрідної міської циркуляції, що може виникати за слабких вітрів (1–3 м/с) і проявлятися в русі повітря від холодних окраїн до відносно теплої центральної частини міста. Біля поверхні землі потоки спрямовані до центру, де розташований острів тепла, а зверху спостерігається відтік повітря до околиць міста. Швидкість повітряного потоку до центру міста становить 1–2 м/с. Звісно, така місцева циркуляція може бути помітною лише в ті дні, коли загальне перенесення несуттєве. Деякі автори називають цей ефект сільським бризом (за аналогією з морським бризом) (рис. 1).

Досить часто за такої циркуляції у центр міста підтягуються забруднені повітряні потоки з околиць, що призводить до формування своєрідного забрудненого купола над ним.

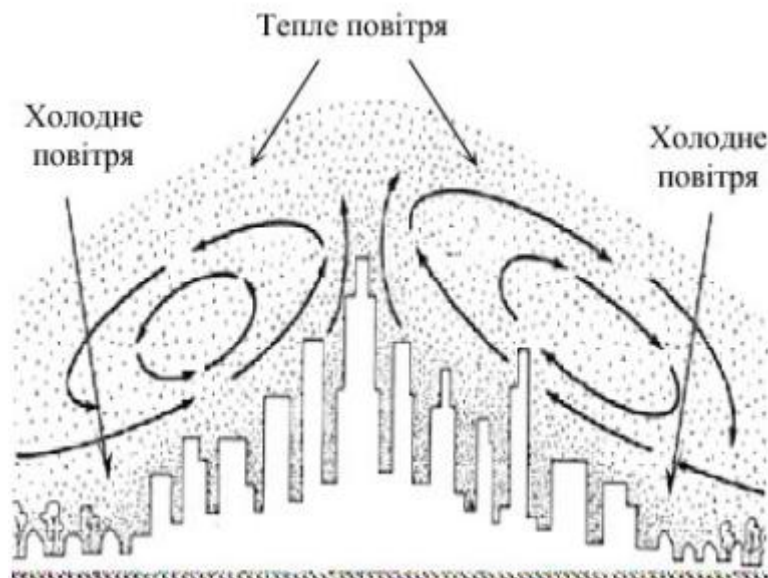


Рис. 1. Місцева циркуляція, що створюється у великому місті під впливом острова тепла [8].

Крім утворення сільського бризу, острів тепла призводить до збільшення тривалості безморозного та вегетаційного періодів, періоду без заморозків, скорочення тривалості залягання снігового покриву і частоти випадання твердих опадів, що є позитивним чинником для вегетації рослин. До негативних наслідків виникнення острову тепла варто віднести те, що підвищені температури в містах влітку призводять до збільшення споживання води населенням та сприяють формуванню фотохімічного смогу [8,11].

Наявність островів тепла в містах має ряд наслідків також і соціально-економічного характеру. Деякі з них відіграють позитивну роль, інші – негативну. Так, в холодному кліматі, а також в багатьох кліматичних зонах зимою, існування островів тепла призводить до зниження витрат палива на обігрів помешкань. Звичайно, таке зменшення в холодні сезони без сумніву можна віднести до благотворних ефектів. Однак, літом цей же ефект призводить до необхідності додатково витратити енергію на кондиціонування і охолодження повітря, при чому, в багатьох відношеннях ця додаткова витрата не тільки перевищує заощаджену енергію за час опалювального сезону, а і є вище абсолютною величиною.

Взимку цього року ми провели ряд вимірювань температурних показників на вулицях та в окремих мікрорайонах м. Луцька для того, щоб експериментально визначити різницю температур між окремими видами діяльних поверхонь та повітряними шарами при різних видах антропогенного впливу.

Вимірювання проводилися в дні з різними метеорологічними умовами, погоднокліматичними характеристиками. Даний вид досліджень проводився за допомогою спеціальних приладів і устаткування: електронного термометра для вимірювання повітря (DT 904) та пірометра (безконтактного інфрачервоного термометра GM300-50-380°CIRINFRARED THERMOMETER, що призначені для вимірювання температури різноманітних поверхонь – землі, стін і вікон приміщень тощо. У ході досліджень виміри проводились декілька разів, щоб мати змогу отримати мінімальні, максимальні та середні значення температур, на різних фіксованих відстанях від автотранспортної магістралі та котельні – найпоширеніших джерел утворення тепла у місті; а також, для порівняння, замірялися температури поверхонь стін і вікон житлових і нежитлових приміщень.

Отримані дані одразу записувались у спеціальну підготовлену таблицю, що стало базою для подальшого аналізу.

Процес здійснення вимірювань можна побачити на рис. 2.

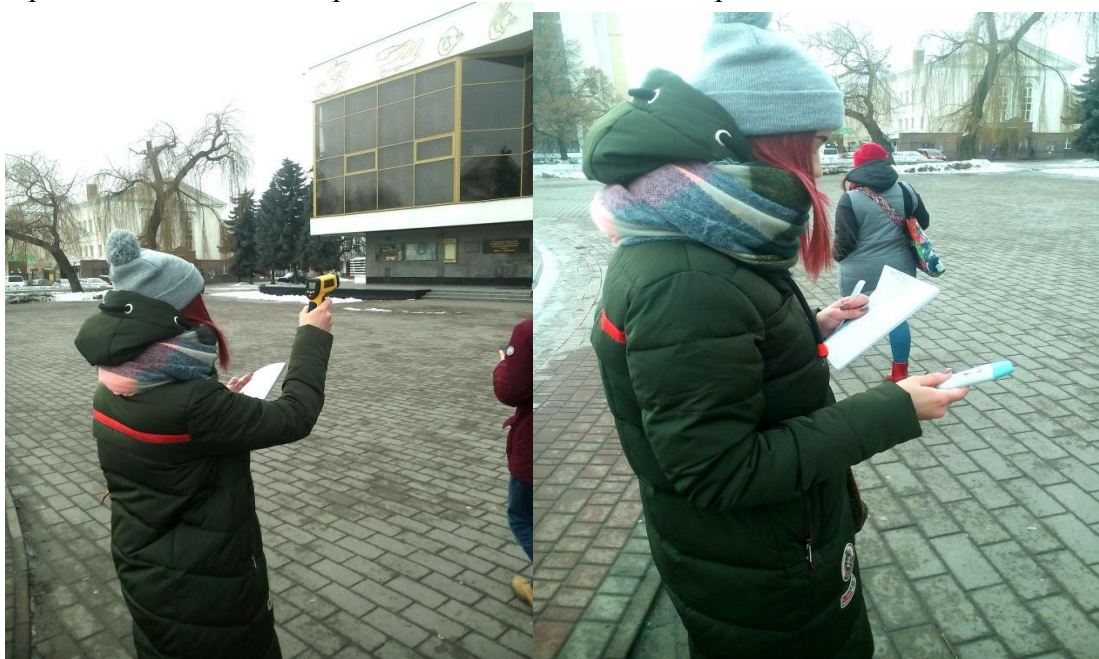


Рис. 2. Проведення вимірювань температури на вулицях міста Луцька.



Для оцінки та порівняння теплових характеристик і температурних відмінностей по м. Луцьк і з околицями було використано матеріали сайту LandViewer. Це зручний інтернет-ресурс, в якому у вільному, але обмеженому кількісно, доступі зберігаються космічні знімки із різних супутників за різні періоди часу. Перевагою цих знімків є те, що можна обрати різні характеристики територій, в залежності від цілей і питань, що цікавлять. Приклад інтерфейсу даного сайту на початку роботи із ним представлено на рис.3.

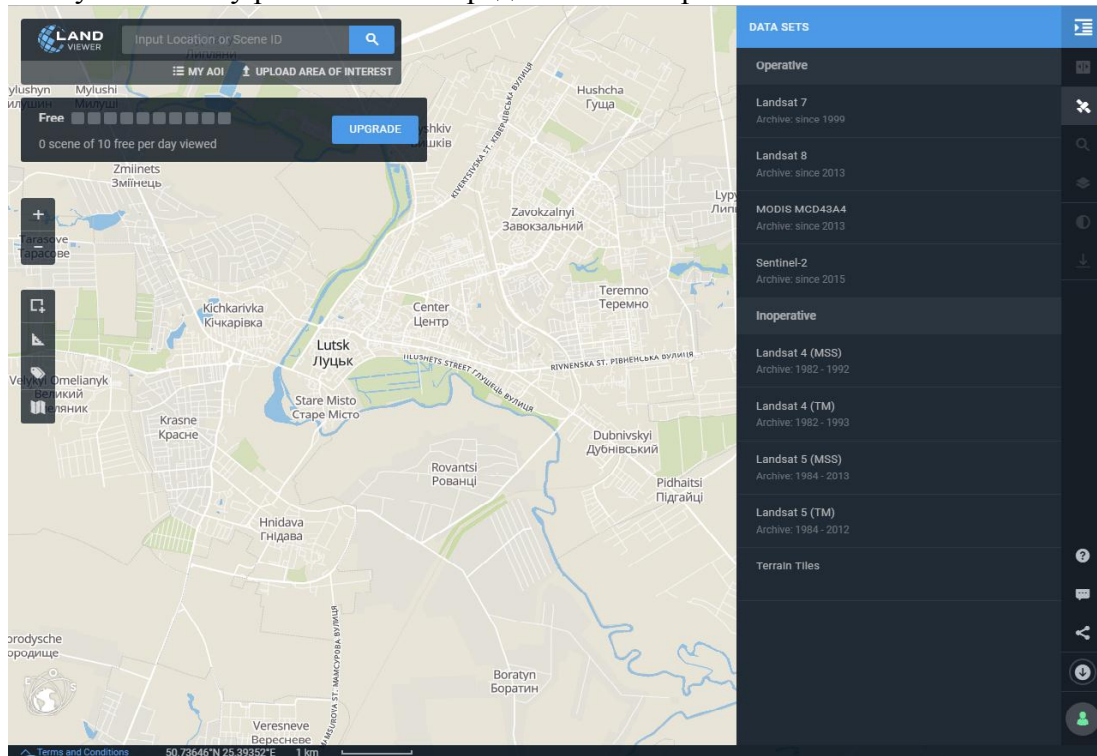


Рис.3. Приклад інтерфейсу сайту LandViewer.

Для даного виду досліджень взяли дані інфрачервоного теплового каналу ThermalInfrared супутника Landsat-8.

Щоб мати достатню вибірку і базу для подальшого аналізу, на опрацювання ми взяли достатню кількість космічних знімків, серед яких обрали ті, що чітко показують і дають можливість прослідкувати динаміку теплових характеристик міста і прилеглих територій у часовому і просторовому масштабі.

У ході роботи було зроблено ряд вимірювань температурних показників поверхонь землі та повітря, що прилягають до дороги на певних відстанях по м. Луцьку. Також визначалася температура поверхонь і температура повітря навколо типового міського джерела викиду тепла в атмосферу (котельня).

Ці вимірювання проводились на таких вулицях, як Львівська, Ковельська, Лесі Українки, Волі, Потапова, а також (для порівняння) в Центральному парку культури і відпочинку імені Лесі Українки.

Польові дослідження проходили у зимовий період 2017 – 2018 рр. На цей період метеорологічні умови, які спостерігалися, були наступними: переважно хмарна погода, швидкість вітру становила 3,0 м/с у південному напрямку, атмосферний тиск складав 746 мм. рт. ст., а вологість повітря в середньому – 61%.

Для наочного представлення і подальшого аналізу побудовано графік (рис.4). на прикладі точки спостережень №1 на перехресті вул. Червоного Хреста та вул. Ковельській. На даному графіку зображено динаміку температури поверхні землі і температури повітря залежно від відстані до дороги.

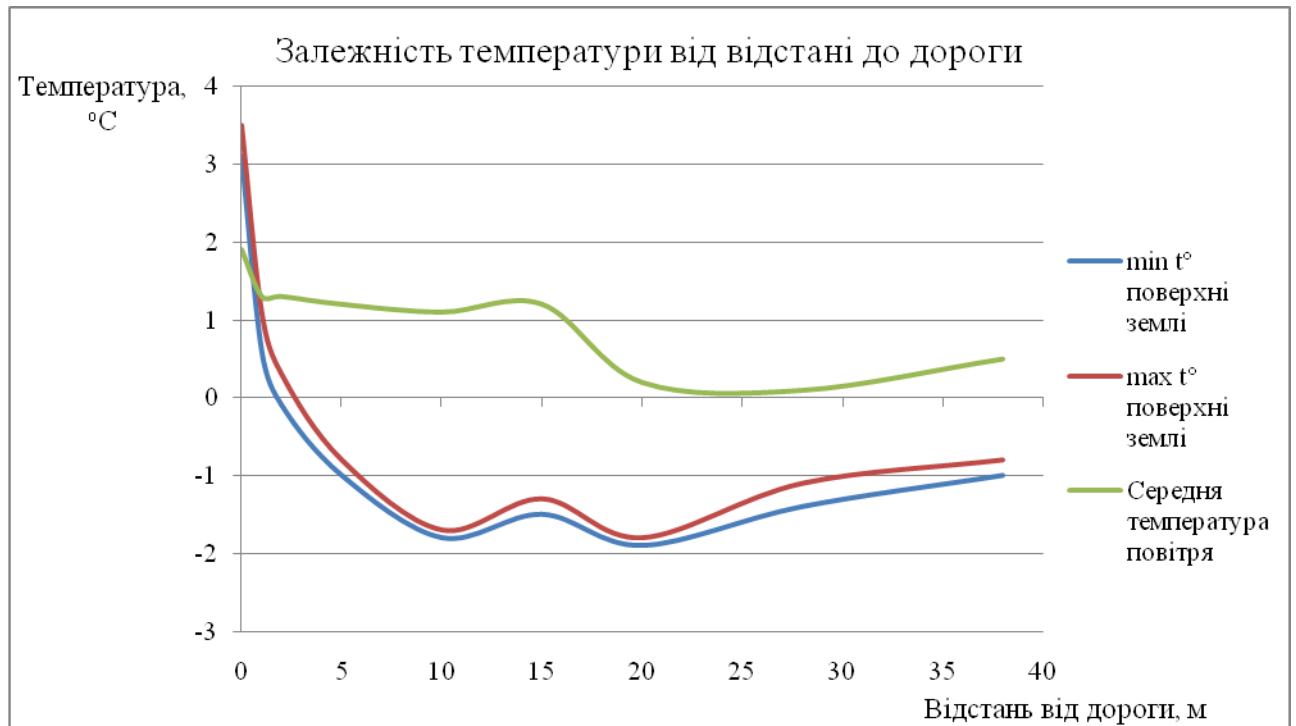


Рис. 4. Графік залежності температури від відстані до дороги (точка № 1, перехрестя вул. Ковельської та Червоного Хреста).

З графіка видно, що температура поверхні землі і повітря біля дороги і безпосередньо на дорозі є дещо вищою, ніж на певній відстані від неї. Проте більш різко цю різницю помітно лише на поверхні землі. А температура самого повітря не піддається таким різким коливанням.

Можна зробити висновок, що дороги у Луцьку, зважаючи на деяку різницю температур між точками біля траси та точками на певній відстані від траси (ця різниця була визначена як 1 – 2°C), хоч і не несуть значного теплового навантаження, проте є джерелом формування міського острова тепла. Відхилення температур в зоні, що прилягає до окремої автомагістралі, не є великим. Проте, якщо врахувати кількість, довжину та напруженість автотранспортних потоків на магістралях міста то теплове забруднення виявиться досить суттєвим, навіть для такого середнього за розмірами міста, як Луцьк. Це пов'язано також і з тим, що дороги є досить невеликими і неширокими (найширші дороги у Луцьку мають всього 5 – 6 смуг для руху, проте, переважна більшість доріг мають лише 3 – 4 смуги). Також рух автотранспорту на луцьких дорогах є відносно, помірним, не таким жвавим, як, наприклад, у великих мегаполісах, за виключенням деяких транспортних розв'язок міжміського значення.

Для виявлення виражених осередків тепла і порівняння температурних відмінностей по м. Луцька і з околицями було використано матеріали сайту LandViewer [9]. Зокрема, нами було проаналізовано дані космічних знімків у тепловому інфрачервоному діапазоні, що надані супутником Landsat-8, за різні роки, пори року (літо, осінь, зима, весна) та за різних метеорологічних умов.

Територія Луцька, як і більшості міст, має досить складну ландшафтно-просторову структуру. Тому острови тепла тут, як правило, розбиті на сектори та сегменти, які можемо спостерігати, на даному знімку (рис. 5).



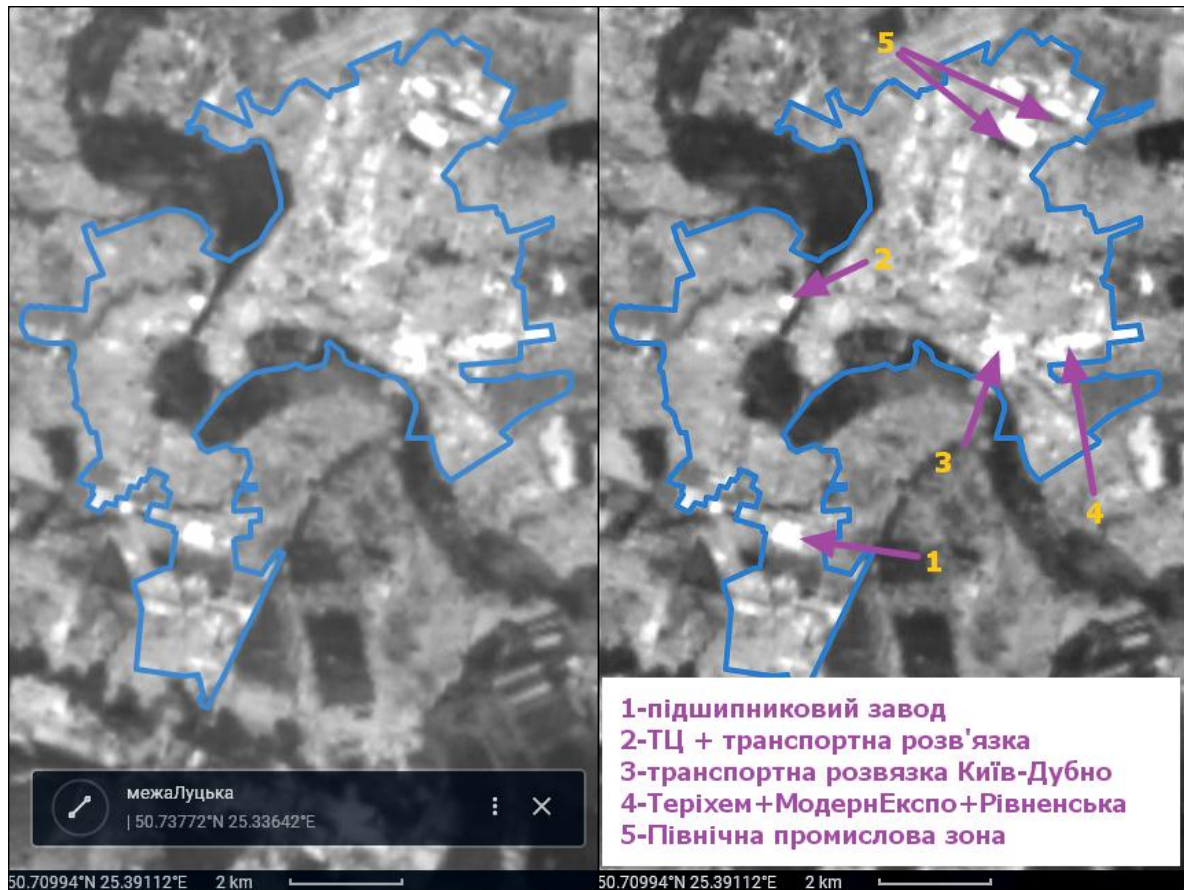


Рис. 5. Острови тепла над Луцьком і околицями. Знімок (тепловий інфрачервоний канал) супутника Landsat-8, 5 червня 2015р.

Як бачимо з наведеного рисунка, просторовий розподіл островів тепла має неоднорідний характер. А самі ці «острівці» проявляються у формі певних плям з вираженими, не надто розсіяними краями. Тобто, це показує їх локальний характер.

Аналізуючи місця, де утворюються найбільші острови тепла у Луцьку, можна чітко прослідкувати, що такими є промислові зони (Луцький підшипниковий завод, підприємство-виробник пакувальних плівок «Terichem», підприємство-виробник і постачальник торгового обладнання «ModernExpo», а також уся північна промислова зона міста), райони крупних транспортних розв'язок (наприклад, Київ – Дубно, і біля великих торгових центрів) і доріг з інтенсивним потоком автомобільного транспорту (вул. Рівненська).

Також, порівнюючи між собою теплові знімки міста у різні пори року, можна помітити, що на зимових знімках міський острів тепла прослідковується чітко, захоплюючи значну територію, а на літніх – локально.

Аналіз наведених знімків показує, що в холодну морозну погоду температурний контраст між містом та околицями є значним. Чітко виділяються основні житлові райони (найяскравіші плями), і навіть дороги [3]. Помітно також, що в зимовий період формується чіткий острів тепла над очисними спорудами стічних вод Луцька, що знаходяться у північно-західній частині міста (район Вишкова). Це свідчить про те, що температура відпрацьованих вод є досить високою, що змінює і тепловий баланс річки Стир, адже нижче по течії прослідковується підвищення температури води річки, що видно по тепловому знімку.

*Висновки:* отже, в процесі проведеного дослідження було детально розглянуто поняття «островів тепла» над містами, їх характеристики, причини та наслідки їх утворень. А також було проведено ряд досліджень як теоретичного, так і емпіричного характеру, за

якими ми встановили характер, основні чинники і фактори утворення острова тепла над м. Луцьком.

У ході теоретичних та практичних досліджень було зроблено наступні висновки:

– так звані «острови тепла» над населеними пунктами мають чітко виражену добову, сезонну та річну динаміку, яка визначається комплексом чинників антропогенного і природного характеру. Річний максимум їх прояву припадає на холодний період року, в добовій динаміці мінімуми та максимуми чітко пов'язані з ритмом життя великого міста, інтенсивністю транспортних потоків і виробничою діяльністю містян;

– утворення «островів тепла» над містами має як негативні, так і позитивні соціально-економічні та екологічні наслідки. Проте з точки зору формування екологічно безпечного та антропокомфортного середовища доцільним є пошук засобів зменшення температурних контрастів між селітебними зонами і територіями з природним ландшафтами [3].

Завдяки дослідженням емпіричного характеру (проведенням власних вимірювань, спостережень, порівнянню космічних знімків у тепловому інфрачервоному діапазоні для м. Луцька і прилеглих територій) можемо зробити наступні висновки:

– основними зонами теплового забруднення у м. Луцьку є об'єкти промисловості, виробничі зони, район розміщення міських очисних споруд, а також дороги з інтенсивним потоком автомобільного транспорту і транспортні розв'язки;

– за тепловими космічними знімками, зробленими в різний час, можна прослідкувати, що як локальні осередки острова тепла чітко виділяються житлові райони міста (саме там розташовані крупні торгові центри, потужні транспортні розв'язки і дороги, а також значна кількість виробничих підприємств);

– більша вираженість острова тепла над Луцьком спостерігається за ясної погоди, а також за умови, що швидкість вітру буде меншою за граничну (4 м/с), тому що за наявності хмар в денні години надходить менше прямої сонячної радіації і відбувається менш інтенсивне нагрівання асфальту, бетону тощо; вночі – зростання кількості хмар знижує радіаційне охолодження і також зменшує прояви острова тепла;

– наявність водних об'єктів у місті Луцьку (р. Стир, р. Сапалаївка та ін.) сприяє розділенню острова тепла на сегменти. Цей факт пояснюється тим, що вода поглинає більше сонячної радіації, вона прогрівається дуже повільно і в один і той же час її температура буде меншою, ніж температура поверхні міста. З іншого боку, у воді тепла енергія утримується набагато довше, її охолодження відбувається повільніше.

Подальші дослідження умов формування, коливань та поширення міського острова тепла дозволять зробити більш широкі узагальнення щодо еволюції даного екологічного явища та його наслідків для людини у нашому місті.

### Список використаних джерел

1. Міський острів тепла [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://meteo.ua/ua/vocabulary/gorodskoi-ostrov-tepla-426>.
2. Маринин И.Л., Драничер О.Р. Некоторые оценки характеристик острова тепла г. Одесса – Одесский государственный экологический университет/ И.Л. Маринин, О.Р. Драничер. – Одесса, 2013. – С. 54 – 61.
3. Федонюк М.А., Федонюк В.В. Проблемы теплового забруднення селітебних територій: дослідження та моніторинг // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування: науково-тех. журнал / Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (ІФНТУНГ). – Івано-Франківськ, ІФНТУНГ, № 1 (15). – 2017. – С.231-239.
4. Станкевич С.А., Филиппович В.Е., Лубский Н.С., Крылова А.Б., Крицук С.Г., Бровкина О.В., Горный В.И., Тронин А.А. Интеркалибрация методов

восстановления термодинамической температуры поверхности урбанизированной территории по материалам тепловой космической съёмки // Український журнал дистанційного зондування Землі, № 7, 215. С.12–21.

5. Філіпович В.Є., Крилова Г.Б. Дослідження теплового поля м. Києва за данимикосмічного зондування в ІЧ-діапазоні як складової аналізу екологічного стану урбанізованої території. Збірник наукових праць 13 Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях», Київ, 2014. С.16–28.[http://itgip.org/wp-content/uploads/2013/11/Book\\_small.pdf](http://itgip.org/wp-content/uploads/2013/11/Book_small.pdf)
6. Landsberg, H.E. TheUrbanClimate / AcademicPress, 28.08.1981. – P 275.
7. Шевченко О.Г., Сніжко С.І., Самчук Є.В. Температурні аномалії великого міста – КНУ ім. Тараса Шевченка/ О.Г. Шевченко, С.І. Сніжко, Є.В. Самчук. – Київ, С. 67 – 73.
8. LandViever [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://eos.com/landviewer/>.
9. Попов О.О. Математичне моделювання розповсюдження техногенного забруднення від підприємств паливної енергетики / О.О. Попов. // Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім.Г.Є.Пухова НАН України. — К.: ПІМЕ ім. Г.Є.Пухова НАН України, 2009. — Вип. 51. — С. 73-84.)
10. Иванов С.В., Драничер О.Р. «Роль альбедо в формированиигородского острова тепла»; Вісник Одеського державного екологічного університету 15 (2013): 79-88.
11. Кондратьев К.Я. Основные факторы формирования острова тепла в большомгороде / К.Я. Кондратьев, Л.Т. Матвеев// Доклады РАН. – 1999. – Т. 367, № 2. – С. 253-256.
12. Матвеев Ю.Л. Особенности формирования температурно-влажностного режима в большом городе/ Ю.Л. Матвеев, Н.А. Меркурьева// Оптика атмосферы и океана. – 1997. – Т. 10, №10. – С.1181-1187.
13. Оке Т.Р. Климаты пограничного слоя/ Т.Р. Оке: [пер. с англ. А.С. Дубова]. Ленинград: Гидрометеиздат, 1982. – 360с.
14. Матвеев Л.Т. Особенности метеорологического режима большого города/ Л.Т. Матвеев // Метеорология и гидрология. – 1979. – № 5. – С. 22-27.
15. Климат Луцка //Под.ред. Бабиченко В.М., Зузука Ф.В. – Л.: Гидрометеиздат, 1988 – 180 с.