

**PECULIARITIES OF THE TERRITORY  
OF THE CITY OF LVIV (UKRAINE)  
AND THEIR INFLUENCE ON THE HYDROLOGICAL  
REGIME AND EROSION PROCESSES**

**ОСОБЛИВОСТІ ТЕРИТОРІЇ МІСТА ЛЬВОВА (УКРАЇНА)  
ТА ЇХ ВПЛИВ НА ГІДРОЛОГІЧНИЙ РЕЖИМ  
І ЕРОЗІЙНІ ПРОЦЕСИ**

**Viktor Skrobala<sup>1</sup>**  
**Sofiya Marutyak<sup>2</sup>**

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-077-3-28>

**Abstract.** *The object* of research is the territory of the city of Lviv (Ukraine). Lviv (geographical coordinates: 49N50, 24E00) is the largest city in Western Ukraine, with a population of over 720,000 inhabitants. The city is located in the western part of the Volyn-Podilska Upland, on the line of the Main European Ridge of the Baltic and Black Sea basins. Subject of research is relief parameters (maximum, average and minimum heights, vertical dismemberment and steepness of the surface) and land use characteristics (building intensity, phytocenotic cover). The purpose of research is to study the features of the territory of Lviv from the standpoint of influence on the hydrological regime and erosion processes. Methodology. Peculiarities of the territory of Lviv were studied by processing topographic maps using aerial photography materials and route surveys. Morphometric analysis of the relief was performed on topographic maps of scale 1: 10000 by dividing the map into elementary squares with an area of 0.25 km<sup>2</sup>. The research covers an area of 100.25 km<sup>2</sup> (401 elementary squares). Within the elementary

---

<sup>1</sup> Candidate of Agricultural Sciences,  
Associate Professor at the Department of Landscape Architecture,  
Garden and Park Management and Urban Ecology,  
Ukrainian National Forestry University, Ukraine

<sup>2</sup> Candidate of Agricultural Sciences,  
Associate Professor at the Department of Landscape Architecture,  
Garden and Park Management and Urban Ecology,  
Ukrainian National Forestry University, Ukraine

squares, the maximum, average and minimum heights of the territory, the depth of local erosion bases, the average surface steepness, the intensity and nature of construction, and the features of vegetation were determined. Results. The territory of Lviv is characterized by a variety of relief conditions and related nature of surface use. On the basis of morphometric maps of maximum and minimum heights, vertical dismemberment and steepness of the surface, we can distinguish the flat peripheral part of the city and the middle band of elevations. The asymmetry of the territory of Lviv in relation to the watershed causes various potential dangers of erosion processes and related unproductive moisture losses. The intensity of construction increases from the periphery to the center, with the exception of modern multi-storey buildings of the Sykhiv massif and industrial areas in the western part of the city. Low specific weight of waterproof coatings is characterized by the eastern and northern parts of the city with a complex relief. The largest amount of greenery is concentrated in the eastern part of the city (Vysokyi Zamok Park, Shevchenkivskiyi grove, Pohulyanka Forest Park, Lychakiv), where surfaces with maximum relative heights predominate. The great variety of the underlying surface on the territory of Lviv causes different conditions for the formation of surface runoff and associated unproductive moisture consumption. The high potential danger of erosion processes is primarily noted by the structural-denudation level of Roztochia, which is characterized by the highest values of surface steepness. Complex relief conditions, intensive anthropogenic impact determine the need for anti-erosion organization of the city and measures aimed at optimizing hydrological processes. *Scientific novelty.* One of the criteria that characterizes the degree of landscape transformation within the city is the intensity of construction, which is determined by the proportion of watertight areas in the overall balance of the territory. Peculiarities of spatial arrangement of elementary plots with different intensity of construction in combination with relief parameters and land use scheme are determined. *Practical significance.* Knowing the parameters of the terrain and the peculiarities of land use, it is possible to determine the potential intensity of erosion processes in the territory of Lviv, to assess the level of anthropogenic changes in the hydrological regime.

## 1. Вступ

Характерні ознаки міських ландшафтів визначаються специфікою їх використання і високою долею техногенних елементів [23, с. 7]. Зокрема, це стосується кругообігу води в природі. Специфічні гідрологічні умови міст (слабка водопроникність поверхонь, висока питома вага асфальтових і бетонних покриттів) сприяють збільшенню інтенсивності природного стоку з їх територій [2, с. 9]. Надлишок вологи вже не може вільно стікати природними руслами на поверхні землі. Замість цього опади попадають на дахи будинків, асфальтовані і бетонні покриття, змиваючи з них забруднення, створені людиною. Поверхневі стоки з територій міст і промислових підприємств потрібно розглядати як поширене джерело забруднення водних об'єктів, що представляє небезпеку для здоров'я населення і погіршує умови водокористування [15, с. 12].

У міських умовах дренажна мережа замінює ріки [8, с. 107]. Викликане цим підсилення стоку порушує рівновагу в природі. Результати спостережень за зливовим стоком на територіях міста показують, що максимальні витрати при урбанізації невеликих водозборів можуть зростати в десятки разів [11, с. 25]. Основною причиною такого різкого збільшення максимальних витрат є ущільнення ґрунту на територіях промислових об'єктів і внутрішньоквартальної забудови та створення водонепроникних ділянок, таких як асфальтові і бетонні покриття, дахи будинків і ін., на яких коефіцієнт стоку може доходити до величин 0.90-0.95 [9, с. 10].

Під час злив та сильних дощів штучні русла на території міст швидко переповнюються, внаслідок чого відбувається затоплення водозборів, наноситься шкода будинкам та спорудам [10, с. 333]. Відбувається ерозія ґрунтів і перевідкладення наносів, порушуються процеси природного самоочищення вод у зв'язку із змінами умов аерації [13, с. 487]. Встановлено, що при випаданні дощів 80% загального поступлення забруднень в ріки складає скид із загальносплавної каналізації. Середня концентрація зважених частинок при зливах коливається від 100 мг/л до 600 мг/л, досягаючи в окремих випадках величин 1700 мг/л [12, с. 239]. Ерозійні процеси на території міста зумовлюють необхідність збільшення частоти прибирання і поліпшення якості очищення вулиць, оскільки при звичайних зливах змивається близько

80% забруднень [24, с. 19]. Дослідженнями встановлено, що щорічні відклади пилу в середньому складають  $1 \text{ м}^3$  на 5-30 пог. км бордюру. У водостічних колодязях щорічно накопичується близько  $1 \text{ м}^3$  на 2.5 пог. км бордюру [20, с. 14], які містять пестициди, діоксини, важкі метали і нафтопродукти.

Вплив міста на гідрологічні процеси визначається також тим, що у вологобізні на урбанізованій території додатково беруть участь великі маси води, які часто перекидаються із-за меж місцевого водозбору [5, с. 79]. Швидкий ріст водоспоживання у містах, зумовлений не тільки розвитком промисловості, але й неухильним зростанням чисельності міського населення та поліпшенням його санітарно-побутових умов, до цих пір часто супроводжується таким же швидким наростанням маси виробничих і побутових відходів, що забруднюють всі компоненти природного середовища: атмосферу, водні об'єкти, ґрунти [25, с. 635].

Для більшості міст України намітився гострий дефіцит резервів територіального розвитку. Розвиток міст західного регіону відбувається, головним чином, за рахунок освоєння периферійних вільних малоцінних земель, територія яких потребує проведення складних заходів, направлених на інженерну підготовку і благоустрій. Це в свою чергу призводить до подальшої деградації біогеоценотичного покриву, зростання інтенсивності забудови [3, с. 171], порушення екологічної рівноваги. Тому важливим фактором в оптимізації біогеоценотичного покриву великих міст є озеленення, а точніше – створення системи зелених насаджень, яка в Україні одержала назву «комплексна зелена зона міста» [4, с. 127].

Питання гідрології міст та урбанізованих територій в цілому є винятково складними, тому що зміни, які вносяться в гідрологічний цикл, не є однозначними і залежать як від природних умов, типу забудови і розмірів забудованих ділянок, так і від цілого ряду проявів людської діяльності. Нові підходи у вирішенні проблем оптимізації гідрологічних процесів широко використовуються у Великобританії, США, Канаді, Скандинавії, Японії, Австралії [16, с. 571; 19, с. 268; 21, с. 305]. Вони полягають у раціональному розміщенні забудови, влаштуванні водопроникних пористих покриттів доріг, регулюванні зливого стоку. У США розроблені відповідне законодавство та правові акти, які сто-

суються охорони ґрунтів та боротьби з ерозією в міських умовах на всіх адміністративних рівнях, та система стягнень за їх порушення [17, с. 553]. У країнах Східної Європи, в тому числі в Україні, проблеми міської гідрології стоять дуже гостро [18, с. 5].

Урбанізовані території повинні підтримуватися на певному рівні екологічної рівноваги [14, с. 12; 22, с. 144]. Все це вказує на необхідність детального вивчення природного середовища, яке має проводитися паралельно з плануванням міст і проектуванням інфраструктури. Вказана проблема є надзвичайно актуальною для Львова, де складні умови рельєфу сприяють підтопленню його території після сильних злив, що неодноразово призводило до транспортного колапсу та руйнування будинків. Мета досліджень – аналіз особливостей території Львова з позицій їх впливу на гідрологічний режим та розвиток ерозійних процесів.

## **2. Об'єкти і методи досліджень**

Об'єкт досліджень – територія міста Львова. Предмет досліджень – показники рельєфу (максимальна, середня і мінімальна висоти, вертикальне розчленування і крутизна поверхні) та характеристика землекористування (інтенсивність забудови, фітоценотичний покрив).

Львів – найбільше місто Західної України, чисельність населення якого становить понад 720 тис. жителів. Місто розташоване у західній частині Волино-Подільської височини, у лісостеповій області Розточчя і Опілля на лінії Головного Європейського вододілу Балтійського і Чорноморського басейнів, поблизу витоків невеликих рік басейнів Вісли і Дністра [1, с. 57]. Його географічні координати: 49N50, 24E00.

Особливості території Львова вивчали шляхом опрацювання топографічних карт із використанням матеріалів аерофотозйомки та маршрутних обстежень. Морфометричний аналіз рельєфу проводили за топокартами масштабу 1:10000 шляхом поділу карти на елементарні квадрати площею 0.25 км<sup>2</sup> [6, с. 29]. Дослідженнями охоплена площа 100.25 км<sup>2</sup> (401 квадрат). У межах елементарних квадратів визначали максимальні, середні і мінімальні висоти території, глибину місцевих базисів ерозії, середню крутизна поверхні, інтенсивність і характер забудови, особливості рослинного покриву.

### 3. Результати досліджень

Територія Львова характеризується рядом особливостей. Львів – це перш за все місто-фортеця. Розбудова міста близько 1250 р. обумовлена в першу чергу військово-стратегічними потребами для оборони галицьких володінь від татарських набігів [7, с. 29]. Природні умови та численні фортифікації сприяли утворенню Львова як одного із найнадійніших форпостів на заході древньоруських земель. Географічне положення Львова має ще й ту особливість, що через його територію простягається Головний Європейський вододіл, який поділяє ріки Балтійського і Чорноморського басейнів. Географічне положення території Львова у смузі Головного Європейського вододілу визначає ряд істотних рис фізіографії міста: відсутність великих річок та значну піднятність поверхні над рівнем моря.

#### 3.1. Морфометричний аналіз рельєфу

У межах конкретної території наявність височин, схилів та понижень вносить помітні зміни в кількісний перерозподіл факторів середовища, характерних для даної місцевості. Зокрема, це стосується перебігу гідрологічних процесів. Під впливом рельєфу частина опадів перетворюється у поверхневий стік, який зумовлює розвиток ерозійних процесів та більше зволоження нижніх частин схилів у порівнянні з верхніми.

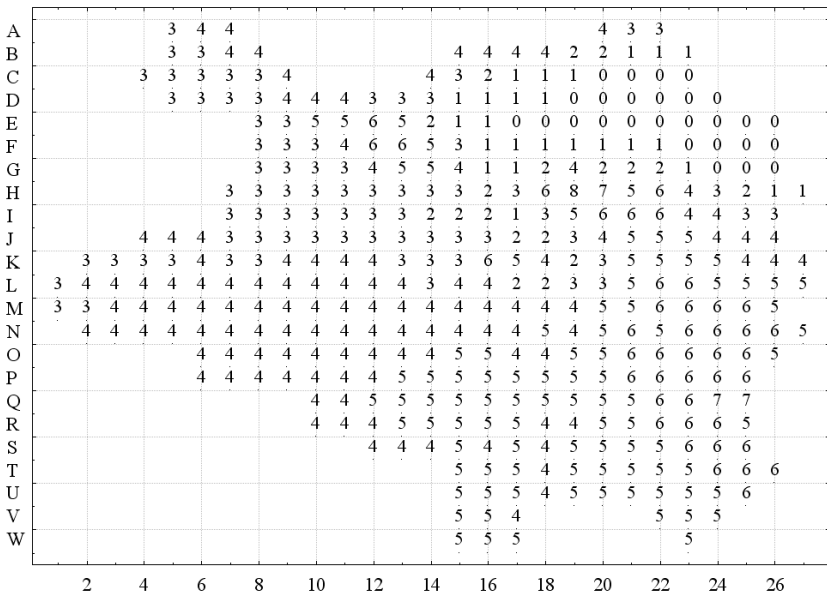
Морфометричний аналіз рельєфу належить до найбільш опрацьованих теоретично й практично прийомів аналізу карт, який широко застосовують як один з найдоступніших і результативних способів оцінки рельєфу в камеральних умовах [6, с. 28]. Цей метод дає змогу не тільки кількісно оцінити показники рельєфу, а й якісно класифікувати територію, її морфологічну регіоналізацію, а у поєднанні з геологічними даними сприяє визначенню просторово-динамічних показників геологічних та інженерно-геологічних процесів, зокрема на території міст.

##### 3.1.1. Максимальні, мінімальні і середні висоти

Як показують наші дослідження, наявність підвищень на території Львова має значний вплив на розвиток ерозійних процесів. Випадаючи на поверхню підвищень і схилів, маса води атмосферних опадів характеризується високою потенціальною енергією, яка під впливом

конкретних форм рельєфу має здатність перетворюватися у кінетичну енергію руху води.

Максимальні висоти рельєфу міста коливаються в межах від 240 до 410 м, за площею переважають поверхні з максимальними висотами 310-360 м. Просторове розташування денудаційних і ерозійних поверхонь дають змогу виділити два основні напрямки в орієнтації форм рельєфу: північно-західний → південно-східний, західно-східний (рис. 1). Перший з них (С-9 → І-25) репрезентує серединна смуга підвищень, що на півночі досліджуваного району становить 330-380 м, на півдні – 350-390 м. Західно-східний напрям представляють кульмінації Лисогірського пасма в південній частині смуги підвищень (360-400 м), виступи північної частини цього ж пасма (310-340 м), поверхня Малехівської гряди (270-300 м), Ряснянської гряди (320-330 м), Полтвинська котловина (240-300 м), Білогорська і Ряснянська котловини (300-320 м).



**Рис. 1. Максимальні висоти території м. Львова, м:  
0 ≤ 260; 1 – 261-280; 2 – 281-300; 3 – 301-320; 4 – 321-340;  
5 – 341-360; 6 – 361-380; 7 – 381-400; 8 – > 400**

Статистики для ряду розподілу максимальних висот наступні: середня арифметична  $M=325.1\pm 1.6$  м, середнє квадратичне відхилення  $\sigma=32.49\pm 1.15$  м, коефіцієнт варіації  $V=9.9\pm 0.4\%$ , показники косості  $A=-0.700\pm 0.122$  і крутості  $E=0.200\pm 0.245$ , точності досліду  $P=0.50\%$ . Ряд розподілу максимальних висот апроксимується узагальненим нормальним розподілом. Співпадіння частот емпіричного ряду з теоретичними частотами задовільне, що підтверджує також і величина критерію узгодженості Колмогорова ( $K(\lambda)=1.057$ ), значення якого менше, ніж 1.36 при рівні ймовірності  $p=0.95$ .

На основі аналізу емпіричного ряду розподілу максимальних висот можна зробити припущення про неоднорідність вибіркової сукупності. Максимальні висоти 240-270 м характерні тільки для північно-західної частини Львова (рівень дна Полтвинської котловини, урізаного в крейдові відклади). Значна ерозійна сила системи річок і струмків Балтійського басейну стала одним із істотних чинників, який вплинув на формування морфологічних рис цього району. Найбільшу активність проявила Полтва, яка за допомогою регресивної ерозії прорвалася крізь головний вал Розточчя на лінії Кортумова гора → Високий Замок та своїми потічками розмиває схили Львівської котловини [4, с. 89]. Унаслідок діяння джерельних потоків Полтви на крихкі і м'які материнські породи утворились багаточисельні яри та балки, розвиток яких у більшості випадків призупинений заходами озеленення та будівництвом інженерних споруд.

Львівське плато характеризується пологою східчастістю від ізоритми 360 до 330 м, нижче від якої до рівня Білогорської котловини – поверхня Сквилово-Щирецької рівнини (320-330 м). І. М. Сіренко [6, с. 30] виділяє наступні рівні: 390-410 м – рівень кульмінацій Розточчя; 360-380 м – структурно-денудаційний рівень Розточчя; 330-350 м – рівень Львівського плато; 320-330 м – рівень Сквилово-Щирецької рівнини; 270-300 м – рівень Малехівської гряди; 240-270 м – рівень дна Полтвинської котловини. Відрог плато на території м. Львова включає декілька ерозійних останців, які характеризуються високою потенційною небезпекою інтенсифікації ерозійних процесів (рис. 1). Серед них двома яскраво вираженими структурними терасами виділяється гора Високий Замок (Н-19). На схід від неї розташована гостровершинна Піскова гора, а трохи далі – Вовча гора, за якою на схід простягається плосковерха



ділянка Лисої гори. Посередині Львівської улоговини височить плоско-верхий ерозійний останець Цитадель (К-16), у північно-західній частині міста – Кортумова гора (F-12).

Значення середніх висот рельєфу Львова лежать в межах від 240 до 380 м, більша частина території міста характеризується середніми висотами 310-340 м. Як і на попередній карті максимальних висот, виразно читаються напрями північно-західний – південно-східний та західно-східний. Полтвинська долина ділить серединне пасмо підвищень на два блоки, які обмежені ізоритмами 320-340 м. Кульмінаційні висоти Білогорської, Полтвинської котловин та Львівського плато відповідають усередненим показникам, що свідчить про їх рівнинний характер. Істотна відмінність максимальних та середніх висот Розточанського пасма пояснюється значною розчленованістю цієї території, яка створює передумови для виникнення та інтенсифікації ерозійних процесів.

Статистичні показники для ряду розподілу середніх висот наступні:  $M=315.3\pm 1.5$  м,  $\sigma=29.80\pm 1.05$  м,  $V=9.5\pm 0.3\%$ ,  $A=-0.757\pm 0.122$ ,  $E=-0.023\pm 0.245$ ,  $P=0.47\%$ . Показники асиметрії та ексцесу характеризуються відносно невисокими значеннями, що дозволяє використати як модель розподіл Грама-Шарльє. Порівняння емпіричних та теоретичних частот свідчить про добру відповідність прийнятої моделі ряду розподілу. Величина критерію узгодженості Колмогорова  $K(\lambda)=1.193$  менша першого критичного рівня 1.36.

Наявність стоку дощової і талої води із значної території у пониження рельєфу перетворює ці ділянки в потенційну арену розвитку сучасної ерозії. Під впливом мезорельєфу території відбувається перерозподіл мас води та утворення концентрованих водних потоків, які характеризуються високою руйнівною здатністю. Для території Львова найбільш характерними є значення мінімальних висот від 300 до 340 м (65.1%). Ряд розподілу мінімальних висот характеризується такими статистичними показниками:  $M=305.1\pm 1.5$  м,  $\sigma=30.81\pm 1.09$  м,  $V=10.1\pm 0.4\%$ ,  $A=-0.534\pm 0.122$ ,  $E=-0.582\pm 0.245$ ,  $P=0.50\%$ . Обчислення теоретичних частот проводилося за допомогою кривої Грама-Шарльє (типу А). Величина критерію Колмогорова  $K(\lambda)=1.505 < 1.63$ .

На карті мінімальних висот (рис. 2) чітко прослідковується затоковий характер Полтвинської долини, яка характеризується найменшими значеннями мінімальних висот. За картою можна встановити і при-

близне положення вододілу, який в межах території Львова відзначається слабкою виразністю. Він проходить у найбільш високих точках між сусідніми зниженнями однакового рангу: D-10 → I-11 (Левандівка) → O-12 (район вулиці Кульпарківської) → P-16 (вул. Стрийська – Парсенківка) → T-21 (вул. Криворізька). Асиметрія території м. Львова відносно вододілу зумовлює різну потенційну небезпеку розвитку ерозійних процесів та пов'язаних з ними непродуктивних втрат ґрунтової вологи. Нижчий рівень північно-східної частини території міста пояснюється високою ерозійною силою потоків і струмків басейну р.Полтви. Між величинами максимальних та мінімальних висот існує тісний кореляційний зв'язок ( $r=0.98$ ), який описується рівнянням прямої:

$$H_{\max} = 49.70 + 0.787 \cdot H_{\min};$$

$H_{\min} = 240...380$  м; коефіцієнт детермінації  $R^2 = 0.966$ ; помилка рівняння  $m_y = 0.3$  м, де  $H_{\max}$  – максимальна висота, м;  $H_{\min}$  – мінімальна висота.

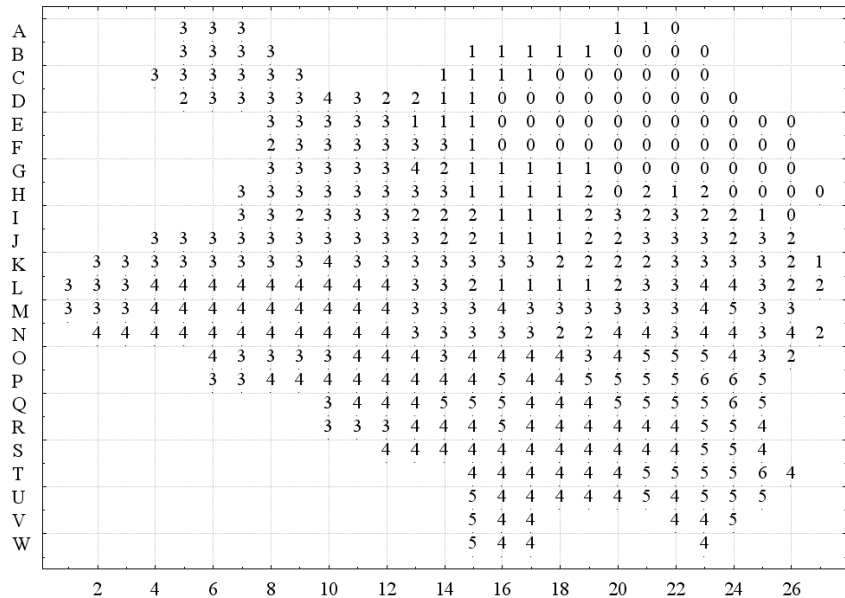


Рис. 2. Мінімальні висоти території м. Львова, м:  
 $0 \leq 260$ ; 1 – 261-280; 2 – 281-300; 3 – 301-320; 4 – 321-340;  
 5 – 341-360; 6 – 361-380

### 3.1.2. Вертикальне розчленування території Львова

Показник вертикального розчленування території дає можливість судити про потенційну інтенсивність ерозійних процесів, ерозійну стійкість материнських порід, дозволяє оцінювати ступінь ерозійної небезпеки того чи іншого району міста. Як показують наші дослідження, величини показника вертикального розчленування для ділянок площею  $0.25 \text{ км}^2$  коливаються в межах від 0 до 150 м, за площею переважають поверхні з місцевими базисами ерозії, що не перевищують 45 м (89.0%). Значення показника більше 90 м характеризується низькою ймовірністю, відхиляючись від середнього більше, ніж на величину  $5\sigma$ , і в розрахунках статистик не бралися до уваги.

Ряд розподілу показника вертикального розчленування території м. Львова характеризується такими статистичними показниками:  $M=17.5\pm 0.9$  м,  $\sigma=17.58\pm 0.62$  м,  $V=100.4\pm 6.2\%$ ,  $A=1.115\pm 0.123$ ,  $E=0.411\pm 0.246$ ,  $P=5.0\%$ . Емпіричний ряд розподілу апроксимується кривою Джонсона типу SL. Порівняння емпіричних та теоретичних частот свідчить про добру відповідність прийнятої моделі. Величина критерію узгодженості Колмогорова характеризується значенням  $K(\lambda)=0.750$ , яке менше першого критичного рівня.

На підставі карти вертикального розчленування території Львова (рис. 3) можна виділити рівнинну периферійну частину міста з перевищенням 0-30 м та серединну смугу підвищень (40-150 м).

Полтвинська та Білогірська котловини характеризуються найменшими значеннями відносних висот (0-10 м), що свідчить про їхній низинний, слабо розчленований характер. Максимальні амплітуди спостерігаються в місцях ерозійних останців (Н-19 – гора Високий Замок; Н-20 – Піскова гора; Е-13 – Кортумова гора; К-16 – гора Цитадель) та в північно-західній частині Лисогірської височини (Н-22, І-21 – Шевченківський гай). Львівське плато порівняно слабо розчленоване ( $dH=0-30$  м), враховуючи значну потужність лесового покриву. Найбільш розчленованими є ділянки із максимальними висотами  $H=360-410$  м – структурно-денудаційний рівень Розточчя. Ці ділянки території Львова характеризуються найвищою потенційною небезпекою інтенсифікації ерозійних процесів. Середні значення показника вертикального розчленування території для цього рівня коливаються в межах від 30 до 150 м, значно перевищуючи середню арифметичну

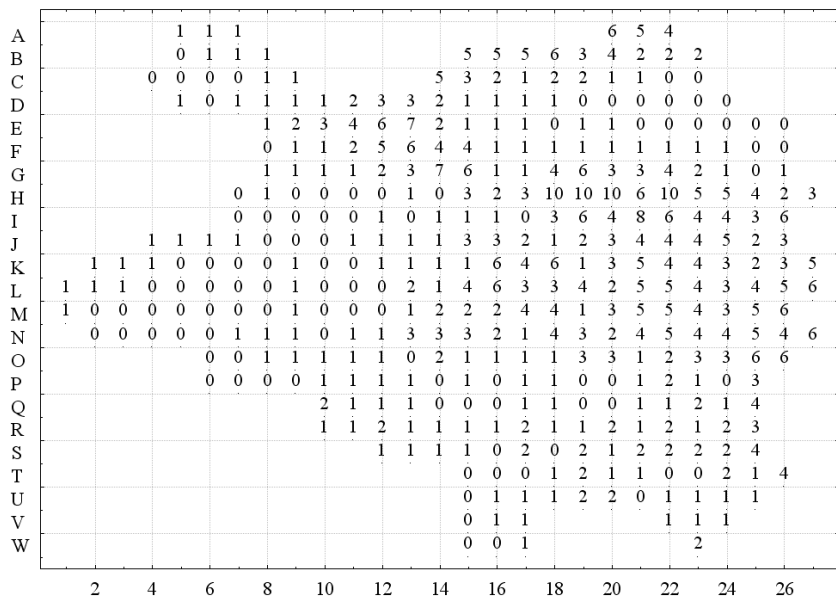


Рис. 3. Вертикальне розчленування території м. Львова, м:  
 $0 \leq 5$ ; 1 – 6-15; 2 – 16-25; 3 – 26-35; 4 – 36-45; 5 – 46-55; 6 – 56-65;  
 7 – 66-75; 8 – 76-85; 9 – 86-95; 6 – > 95

величину. Коефіцієнт кореляції між величинами максимальних висот та показником вертикального розчленування території становить  $r=0.38 \pm 0.04$ , кореляційне відношення  $\eta=0.63 \pm 0.03$ .

### 3.1.3. Середня крутизна поверхні м. Львова

Характер та інтенсивність ерозійних процесів значною мірою залежать від крутизни схилу. Чим крутіший схил, тим більша швидкість водного потоку і його кінетична енергія. На рівних ділянках процес стікання опадів з поверхні може бути взагалі відсутнім, у зв'язку з чим настає заболочування, погіршення умов аерації ґрунту.

Середня крутизна поверхні міста для ділянок площею  $0.25 \text{ km}^2$  характеризується величинами  $0-16^\circ$ . За площею переважають поверхні із крутизою  $0-2^\circ$ , на долю яких припадає 69.6% території міста в межах компактної житлової забудови. Близько 91% площі характеризується

середньою крутизною поверхні, що не перевищує 5°. Ділянки із крутизною понад 10° представлені кульмінаціями Лисогірського пасма в серединній смузі підвищень міста (рис. 4).

Ряд розподілу величини середньої крутизни поверхні для переважної частини міста (99% площі,  $\alpha=0-10^\circ$ ) характеризується наступними статистичними показниками:  $M=2.1\pm 0.1^\circ$ ,  $\sigma=1.99\pm 0.07^\circ$ ,  $V=95.4\pm 5.7\%$ ,  $A=1.201\pm 0.123$ ,  $E=0.765\pm 0.246$ ,  $P=4.79\%$ . Емпіричний ряд розподілу апроксимується розподілом Джонсона типу SL. Співпадіння частот емпіричного ряду з теоретичними частотами задовільне, величина критерію Колмогорова складає  $K(\lambda)=0.832$ .

Просторове розташування ділянок з різними величинами середньої крутизни поверхні підкреслює ті ж особливості рельєфу міста, що й попередні морфометричні карти. Високою середньою крутизною характеризуються пасмо Розточчя і північні схили Лисогірської

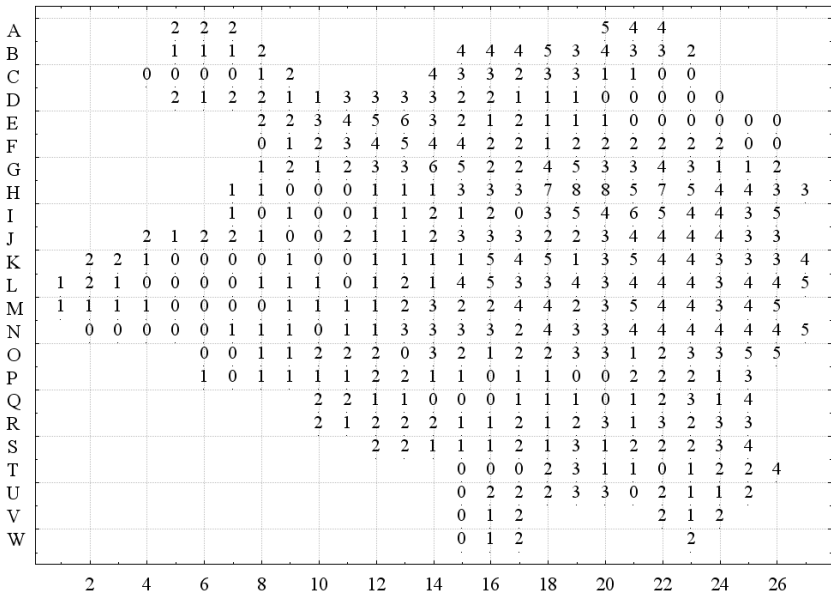


Рис. 4. Середня крутизна поверхні м. Львова, градус :  
 $0 \leq 0.5$ ; 1 – 0.6-1.0; 2 – 1.1-2.0; 3 – 2.1-4.0; 4 – 4.1-6.0; 5 – 6.1-8.0;  
 6 – 8.1-10.0; 7 – 10.1-12.0; 8 –> 12.0

височини, низькою – поверхні Полтвинської і Білогорської котловини. Коефіцієнт кореляції між величинами максимальних висот і показником середньої крутизни поверхні складає  $r=0.39\pm 0.04$ , кореляційне відношення  $\eta=0.62\pm 0.03$ . Враховуючи гіпотезу, що стійкіші породи утворюють крутіші схили, можна пояснити ряд особливостей рельєфу території Львова. Оскільки ділянки із максимальними висотами характеризуються високими середніми значеннями крутизни поверхні, рельєф міста формувався під впливом літології як фактору рельєфотворення. Якщо структурно-денудаційний рівень Розточчя утворений літотамнієвими вапняками або піщаниками тортону, відносно стійкими до руйнування, то рівень дна Полтвинської котловини урізається в крейдові відклади [6, с. 30]. Діяння джерельних потоків Полтви зумовило утворення багаточисельних ярів. І хоча їх розвиток у більшості випадків призупинений, небезпека прояву ерозійних процесів внаслідок антропогенного впливу залишається реальною.

### 3.2. Інтенсивність забудови території Львова

У процесі урбанізації створюється нове антропогенне середовище, яке призводить до змін умов формування водного балансу територій. Штучне переривання стоку в межах басейнів, яке спостерігається в місті, викликає порушення рівноваги кожного із типів ландшафтів, ослаблення вертикальних взаємозв'язків, що в першу чергу проявляється в енергії ерозійних процесів [3, с. 232]. Одним із критеріїв, який характеризує ступінь ландшафтних перетворень в межах міста, є показник інтенсивності забудови, який визначається питомою вагою водонепроникних ділянок в загальному балансі території.

Інтенсивність забудови території міста Львова в межах ділянок площею  $0.25 \text{ км}^2$  варіює від 1 до 98%. За площею переважають ділянки із інтенсивністю забудови 50-80% (61.8% території). Статистики для ряду розподілу показника інтенсивності забудови території м. Львова наступні:  $M=56.9\pm 1.1\%$ ,  $\sigma=22.77\pm 0.80\%$ ,  $V=40.0\pm 1.6\%$ ,  $A=-0.561\pm 0.122$ ,  $E=-0.396\pm 0.245$ ,  $P=2.00\%$ . Згідно окремих джерел [4, с. 203], питома вага замощених і забудованих територій у Львові складає близько 60%. Емпіричний ряд розподілу показника інтенсивності забудови території міста Львова апроксимується узагальненим нормальним розподілом. Величина критерію узгодженості Колмогорова складає  $K(\lambda)=0.789$ .

Високою питомою вагою водонепроникних поверхонь (близько 95%) відзначається історичний центр міста, території промислових підприємств, залізничного вокзалу (рис. 5), низькою – садово-городні ділянки (2-10%) і малоповерхова забудова (25-35%). Інтенсивність забудови збільшується від периферії до центру, виняток складає сучасна багатоповерхова забудова Сихівського масиву та промислові території в західній частині міста. Низькою питомою вагою водонепроникних покриттів характеризується східна і північна частини території міста (Майорівка, Голоско), які відзначаються складним рельєфом. Коефіцієнт кореляції між величинами середньої крутизни поверхні і інтенсивності забудови складає  $r=-0.37\pm 0.04$ , кореляційне відношення  $\eta=0.43\pm 0.04$ .

Вплив інтенсивності забудови на гідрологічні процеси є складним і надзвичайно багатогарним. Збільшення стоку на ділянках з високою

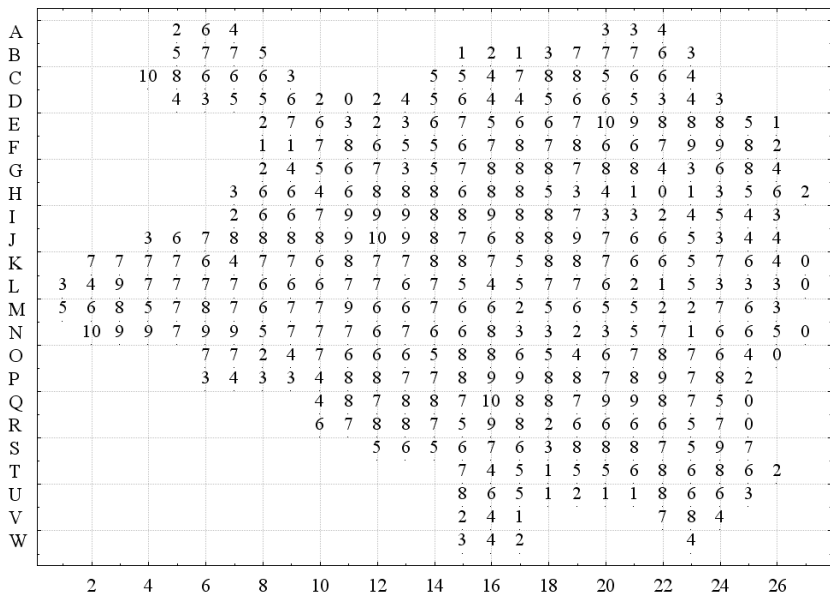


Рис. 5. Інтенсивність забудови території м. Львова, %:  
 $0 \leq 0.5$ ; 1 – 6-15; 2 – 16-25; 3 – 26-35; 4 – 36-45; 5 – 46-55;  
 6 – 56-65; 7 – 66-75; 8 – 76-85; 9 – 86-95; 10 > 95

питомою вагою водонепроникних покриттів (історичний центр міста, територія промислових підприємств) зумовлює зменшення просочування води, погіршення режиму вологозабезпеченості ґрунту, зменшення продуктивності рослинного покриву та його фітомеліоративної ефективності [3, с. 232]. З іншої сторони, урбанізація може призводити до зменшення крутизни поверхонь водозборів, тобто можуть створюватися умови, які сприяють зменшенню непродуктивних втрат вологи.

У складних умовах рельєфу замощення території, штучне переривання стоку і його відведення в каналізаційні колектори створює необхідні передумови для призупинення ерозійних процесів, зокрема при невисокій інтенсивності опадів. Однак перерозподіл опадів у більшості випадків сприяє утворенню концентрованих водних потоків, які володіють високою кінетичною енергією (вулиці М. Кривоноса, Дж. Вашингтона, Личаківська та ін.). У процесі надходження продуктів ерозії ґрунту поверхневими стоками спостерігається замулення вулиць, яке зумовлює необхідність їх частішого прибирання (вулиці Городоцька, Б. Хмельницького, Вітовського, Володимира Великого, Широка та ін.). Висока інтенсивність забудови території м. Львова у більшості випадків зумовлює різке погіршення режиму зволоження ґрунту, а у складних умовах рельєфу – інтенсифікацію ерозійних процесів.

### 3.3. Міська «лісистість» території Львова

Процес урбанізації супроводжується руйнуванням природного фітоценотичного покриву, заміною високої деревної рослинності низькою трав'яною (культурною, сегетальною, рудеральною) з невисоким фітомеліоративним ефектом [3, с. 273]. У той же час механізм гідрологічного впливу рослинного покриву на поверхневий стік та гальмування ерозійних процесів свідчить про те, що цей вплив буде тим більший, чим більше дерев і чагарників розташовано на одиниці площі, чим потужніша лісова підстилка і чим старший вік насадження.

Міський «ліс» – це територія міста, зайнята зеленими насадженнями, де основний масив дерев займає в середньому не менше  $5.5 \text{ м}^2/\text{га}$  [3, с. 276]. «Лісистість» території Львова коливається в межах від 0.08 до 98%, за площею переважають поверхні з «лісистістю» менше 15%. Статистики для ряду розподілу величин міської «лісистості» території Львова наступні:  $M=21.2\pm 1.2\%$ ,  $\sigma=23.37\pm 0.83\%$ ,  $V=110.3\pm 7.2\%$ ,

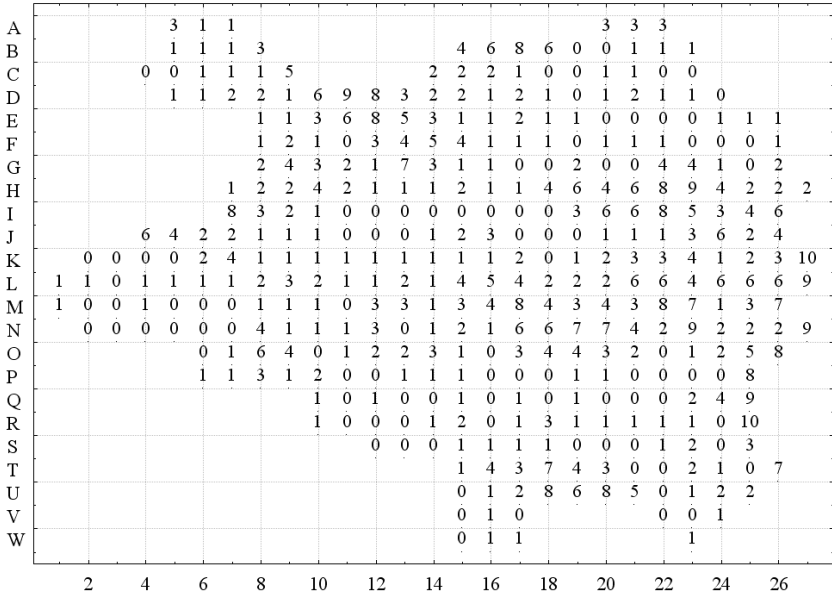


$A=1.430\pm 0.122$ ,  $E=1.356\pm 0.245$ . Коефіцієнт варіації характеризується аномально високим значенням ( $>105\%$ ), тому для підвищення точності досліджень перспективним є використання матеріалів аерофотозйомки більшого масштабу. Ряд розподілу величин «лісистості» території Львова апроксимується гама-розподілом. Співпадіння частот емпіричного ряду з теоретичними частотами задовільне, що підтверджує також і величина критерію Колмогорова  $K(\lambda)=0.924$ , значення якого менше, ніж 1.36 для першого критичного рівня. Розподіл величин показника близький також до логнормального.

Просторове розташування ділянок з різними величинами «лісистості» характеризується високою неоднорідністю (рис. 6). Найбільша кількість зелені зосереджена в східній частині міста (парк Високий Замок, Шевченківський гай, лісопарк Погулянка, Личаків), де переважають поверхні з максимальними відносними висотами. Низькими показниками міської «лісистості» характеризуються слабозчленовані ділянки поверхонь Полтвинської і Білогорської котловин та Львівського плато. Коефіцієнт кореляції між показниками вертикального розчленування території та міської «лісистості» становить  $r=0.55\pm 0.03$ . Більшість рекреаційних територій в межах комплексної зеленої зони міста Львова характеризуються складним типом рельєфу, в умовах якого насадження відіграють важливу гідрологічну і протиерозійну роль.

Низькою питомою вагою зелених насаджень (2-7%) відзначаються історичний центр міста та промислові території, високою – парки, садово-городні ділянки, малоповерхова забудова. Сучасна багатоповерхова забудова (Сихівський масив, вул. Топольна, район Стрийського автовокзалу та ін.) також має невелику площу зелених насаджень. Коефіцієнт кореляції між показниками інтенсивності забудови та міської «лісистості» складає  $r=-0.74\pm 0.02$ . Такий сильний кореляційний зв'язок між вказаними показниками пояснюється тим, що в умовах високої інтенсивності забудови, яка супроводжується потужним рекреаційним навантаженням, необхідні значно більші кошти на створення насаджень і догляд за ними.

У щільно забудованих районах міста (історичний центр, забудова 18-19 ст.) озеленення часто є неможливим у зв'язку із специфічними умовами мікроклімату, освітленості та браком вільних поверхонь.



**Рис. 6. Міська «лісистість» території м. Львова, %:**  
**0 ≤ 0.5; 1 – 6-15; 2 – 16-25; 3 – 26-35; 4 – 36-45; 5 – 46-55;**  
**6 – 56-65; 7 – 66-75; 8 – 76-85; 9 – 86-95; 10 > 95**

Зростання інтенсивності забудови на ділянках малоповерхової забудови (житлові райони Голоско, Майорівки та ін.), розташовані в складних умовах рельєфу, зумовлює необхідність проведення заходів, направлених на протиерозійну організацію та благоустрій території.

Гідрологічний та протиерозійний вплив насаджень залежить часто не тільки від їх розташування в системі міської забудови, але й від їх структури, зокрема зімкнутості. Як з рекреаційної точки зору, так і з позицій впливу на гідрологічні процеси найбільшою цінністю відзначаються насадження середньої повноти, конструкція яких сприяє розвитку дугорядних синузій. Величину зімкнутості деревних насаджень Львова визначали через відношення площі крон до площі водопроникних поверхонь. Ряд розподілу величини зімкнутості насаджень характеризується такими статистичними показниками:  $M=37.5\pm 1.3\%$ ,  $\sigma=26.92\pm 0.95\%$ ,  $V=71.8\pm 3.6\%$ ,  $A=0.573\pm 0.112$ ,  $E=-0.895\pm 0.245$ ,  $P=3.59\%$ . Ряд розподілу

показника апроксимується бета-розподілом. Співпадіння частот емпіричного ряду з теоретичними частотами задовільне, величина критерію Колмогорова становить  $K(\lambda)=1.42 < 1.62$  ( $p^2 = 0.99$ ). Розподіл показника зімкнутості насаджень близький також до логнормального, що підтверджується вибірковими значеннями моментів.

У структурі фітоценотичного покриву міста найбільшою питомою участю характеризуються ділянки із низькими показниками зімкнутості насаджень (0-30%), на долю яких припадає близько 60% території міста. Значну площу займає низька рослинність: пратоценози (організовані газони і різнотравні галявини), агроценози (овочеві, квітникові) і рудероценози (бур'янові угруповання), які недостатньою мірою забезпечують ефективність гідрологічного впливу. Висока рослинність, яка представлена головним чином сільваценозами, зосереджується в основному в паркових та інших масивах, і тільки незначна її кількість трапляється в районах сучасної багатоповерхової забудови.

#### 4. Висновки

Територія Львова характеризується різноманітністю умов рельєфу та пов'язаними із ними характером використання поверхні. На основі морфометричних карт висот, вертикального розчленування та крутизни поверхні можна виділити рівнинну периферійну частину міста та серединну смугу підвищень. Асиметрія території м. Львова відносно вододілу зумовлює різну потенційну небезпеку розвитку ерозійних процесів та пов'язаних з ними непродуктивних втрат вологи. Інтенсивність забудови збільшується від периферії до центру, виняток складає сучасна багатоповерхова забудова Сихівського масиву та промислові території в західній частині міста. Низькою питомою вагою водонепроникних покриттів характеризується східна і північна частини території міста із складним рельєфом. Найбільша кількість зелені зосереджена в східній частині міста (парк Високий Замок, Шевченківський гай, лісопарк Погулянка, Личаків), де переважають поверхні з максимальними відносними висотами.

Аналіз матеріалів досліджень свідчить про недостатню ефективність рослинності Львова в оптимізації гідрологічного режиму та попередженні розвитку ерозійних процесів. Висока щільність забудови, дефіцит відкритих просторів обумовлюють необхідність структурної перебудови існуючих зелених насаджень: а) збільшення пито-

мої ваги площ з деревною та чагарниковою рослинністю; б) освоєння малофункціональних територій; в) використання деревних порід з високим індексом листової поверхні; г) інтенсивний агротехнічний догляд; д) ускладнення структури існуючих зелених насаджень та ін.

Велика різноманітність підстилаючої поверхні на території м. Львова зумовлює різні умови формування поверхневого стоку та пов'язаних з ним непродуктивних витрат вологи. Високою потенційною небезпекою розвитку ерозійних процесів відзначається насамперед структурно-денудаційний рівень Розточчя, для якого характерні найбільші значення крутизни поверхні. Складні умови рельєфу, інтенсивний антропогенний вплив зумовлюють необхідність протиерозійної організації території міста та заходів, направлених на оптимізацію гідрологічних процесів.

### Список літератури:

1. Койнов М.М. Орографический очерк города Львова. *Геогр.сб.* Львов : Изд-во Львов. ун-та, 1963. Вип. 7. С. 54–64.
2. Куприянов В.В. Урбанизация и проблемы гидрологии. *Гидрологические аспекты урбанизации.* Москва : МФГО СССР, 1978. С. 5–15.
3. Кучерявый В.П. Урбоекология. Львів : Світ, 2001. 440 с.
4. Кучерявый В.А. Зеленая зона города. Киев : Наукова думка, 1981. 248 с.
5. Львович М.И. Вода и жизнь (водные ресурсы, их преобразование и охрана). Москва : Мысль, 1986. 253 с.
6. Сіренко І.М. Спроба морфометричного аналізу рельєфу м. Львова. *Вісник Львів. ун-ту. Серія географічна.* Вип. 18. Львів: Світ, 1992. С. 27–32.
7. Степанів О. Путівник Львова. Львів : Фенікс, 1992. 144 с.
8. Стефенсон Д. Гидрология и дренаж ливневых вод. Л. : Гидрометеоиздат, 1986. 263 с.
9. Bannister O.A. (1988) Stormwater management becoming complex. *Water and Pollut. Contr.* 126, № 2, pp. 9–10.
10. Bewsher A., Chua C.S., Wong M.H. (1992) An innovative approach to stormwater management in a local government area of Sydney. *Nat. Conf. Publ., Inst. Eng., Austral.* № 92/1, pp. 330–336.
11. Buttle J.M., Xu F. (1988) Runoff in suburban environments. *Nord. Hydrol.* 19, № 1, pp. 19–40.
12. Ellis J.B. (1985) Structural control of urban stormflow quality. *Hydraul., Floods and Flood Control.* Pap. 2nd Inf. conf., Cambridge, 24-26 Sept., 1985. Cranfield. pp. 235–242.
13. Henkel G.G. (1989) Urban erosion and sediment control design manual for the A.C.T. *Austral. water and Wastewater Assoc.* 13th Fed. Conf., Canberra, 6-10 March, 1989. Barton, pp. 486–489.

14. Heymans A., Breadsell J., Morrison G.M., Byrne J.J. and Eon C. (2019) Ecological Urban Planning and Design: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 11, 3723; 20 p.
15. Hollis G.E. (1988) Rain, roads and runoff: hydrology in cities. *Geography*. 73, № 1, pp. 9–18.
16. Kayden J.S. (1992) Marketbased regulatory approaches: a comparative discussion on environmental and land use techniques in the United States. *Boston Coll. Environ. Aff. Law rev.* 19, № 3, pp. 565–580.
17. Mertes J.D. (1989) Trends in governmental control of erosion and sedimentation in urban development. *J. Soil and Water Conserv.* 44, № 6, pp. 550–554.
18. Niemczynowicz J. (1990) Urban hydrologi i ett ekologiskt perspektiv. *Vatten*. 46, № 1, pp. 3–6.
19. Pratt C.J. (1985) Storm water infiltration techniques as an aid to flow reduction in urban watercourses and sewer systems. *Hydraul. Floods and Flood Control*. Cranfield., pp. 265–276.
20. Pratt C.J. (1989) Street sweeping: public relations or national health. *Highwayr.* 57, № 19, pp. 14–15.
21. Roesner L.A., Walesh S.G. (1988) Urban water resources issues in the 21st century. *J. Prof. Issues Eng.* 114, № 3, pp. 302–309.
22. Song Yi. (1997) Ecological City and Urban Sustainable Development. *Procedia Engineering*, 21, pp. 142–146.
23. Stokes E.C., Seto K.C. (2019) Characterizing and measuring urban landscapes for sustainability. *Environmental Research Letters*. Vol. 14, № 4, 045002.
24. Urban district of Arras: study on the transfer of pollution in rainy weather. (1991) *Point sci. et techn.* 2, № 1, pp. 28.
25. Zanoni A.E. (1986) Characteristics and treatability of urban runoff residuals. *Water Res.* 20, № 5, pp. 631–639.

### References:

1. Koynov M.M. (1963) Orograficheskiy ocherk goroda Lvova. [Orographic sketch of the city of Lviv]. Heohr. sb. Lvov: Izd-vo Lvov. un-ta, vol. 7, pp. 54–64. (in Russian)
2. Kupriyanov V.V. (1978) Urbanizatsiya i problemy gidrologii [Urbanization and problems of hydrology]. *Gidrologicheskie aspekty urbanizatsii* [Hydrological aspects of urbanization]. Moscow: MFGO SSSR, pp. 5–15. (in Russian)
3. Kucheryavyy V.P. (2001) Urboekolohiya [Urban Ecology]. Lviv: Svit, 440 p. (in Ukrainian)
4. Kucheryavyy V.A. (1981) Zelenaya zona goroda [Green area of the city]. Kiev: Naukova dumka, 248 p. (in Russian)
5. Lvovich M.I. (1986) Voda i zhizn (vodnye resursy, ikh preobrazovanie i okhrana) [Water and life (water resources, their transformation and protection)]. Moscow: Mysl, 253 p. (in Russian)
6. Sirenko I.M. (1992) Sproba morfometrychnoho analizu relyefu m. Lvova [An attempt at morphometric analysis of the relief of the city of Lviv]. *Visnyk Lviv. un-tu. Seriya heohrafichna*, vol. 18. Lviv: Svit, pp. 27–32. (in Ukrainian)

7. Stepaniv O. (1992) Putivnyk Lvova [Guide to Lviv]. Lviv: Feniks, 144 p. (in Ukrainian)
8. Stefenson D. (1986) Gidrologiya i drenazh livnevnykh vod [Stormwater hydrology and drainage]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 263 p. (in Russian)
9. Bannister O.A. (1988) Stormwater management becoming complex. *Water and Pollut. Contr.*, 126, no. 2, pp. 9–10.
10. Bewsher A., Chua C.S., Wong M.H. (1992) An innovative approach to stormwater management in a local government area of Sydney. *Nat. Conf. Publ., Inst. Eng., Austral.*, no. 92/1, pp. 330–336.
11. Buttle J.M., Xu F. (1988) Runoff in suburban environments. *Nord. Hydrol.*, 19, no. 1, pp. 19–40.
12. Ellis J.B. (1985) Structural control of urban stormflow quality. *Hydraul., Floods and Flood Control*. Pap. 2nd Inf. conf., Cambridge, 24–26 Sept., 1985. Cranfield, pp. 235–242.
13. Henkel G.G. (1989) Urban erosion and sediment control design manual for the A.C.T. *Austral. water and Wastewater Assoc.* 13th Fed. Conf., Canberra, 6–10 March, 1989. Barton, pp. 486–489.
14. Heymans A., Breadsell J., Morrison G.M., Byrne J.J. and Eon C. (2019) Ecological Urban Planning and Design: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 11, 3723; 20 p.
15. Hollis G.E. (1988) Rain, roads and runoff: hydrology in cities. *Geography*, 73, no. 1, pp. 9–18.
16. Kayden J.S. (1992) Marketbased regulatory approaches: a comparative discussion on environmental and land use techniques in the United States. *Boston Coll. Environ. Aff. Law rev.*, 19, no. 3, pp. 565–580.
17. Mertes J.D. (1989) Trends in governmental control of erosion and sedimentation in urban development. *J. Soil and Water Conserv.*, 44, no. 6, pp. 550–554.
18. Niemczynowicz J. (1990) Urban hydrologi i ett ekologiskt perspektiv. *Vatten*, 46, no. 1, pp. 3–6.
19. Pratt C.J. (1985) Storm water infiltration techniques as an aid to flow reduction in urban watercourses and sewer systems. *Hydraul. Floods and Flood Control*. Cranfield., pp. 265–276.
20. Pratt C.J. (1989) Street sweeping: public relations or national health. *Highwayr*, 57, no. 19, pp. 14–15.
21. Roesner L.A., Walesh S.G. (1988) Urban water resources issues in the 21st century. *J. Prof. Issues Eng.*, 114, no. 3, pp. 302–309.
22. Song Yi. (1997) Ecological City and Urban Sustainable Development. *Procedia Engineering*, 21, pp. 142–146.
23. Stokes E.C., Seto K.C. (2019) Characterizing and measuring urban landscapes for sustainability. *Environmental Research Letters*, vol. 14, no. 4. 045002.
24. Urban district of Arras: study on the transfer of pollution in rainy weather. (1991) *Point sci. et techn.*, 2, no. 1, pp. 28.
25. Zanoni A.E. (1986) Characteristics and treatability of urban runoff residuals. *Water Res.*, 20, no. 5, pp. 631–639.