

## 2. ЕКОЛОГІЯ ТА ДОВКІЛЛЯ



Науковий вісник НЛТУ України  
Scientific Bulletin of UNFU

<https://nv.nltu.edu.ua>

<https://doi.org/10.15421/40290516>

Article received 22.05.2019 p.

Article accepted 30.05.2019 p.

УДК 502.757:581.52



ISSN 1994-7836 (print)  
ISSN 2519-2477 (online)

@ ✉ Correspondence author

N. Ya. Lopotych

lopotychn@ukr.net

*П. С. Гнатів, В. В. Бальковський, Н. Я. Лопотич, Т. М. Дацко*

*Львівський національний аграрний університет, м. Дубляни, Україна*

### ТЕХНО- Й УРБОСИСТЕМИ: МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ УРБАНІЗОВАНОГО ДОВКІЛЛЯ

Наша доба характеризується невідомим розвитком міст і виникненням проблем, пов'язаних із взаємовідносинами природи і суспільства. Одна з цих проблем – суперечність між зростанням міст, з одного боку, і прагненням зберегти живу природу та зв'язок людини з нею в міських і приміських територіях – з іншого. Сьогодні здебільшого процес урбанізації у світі відбувається екстенсивним шляхом, що властивий для аграрних у минулому країн. Його особливостями є швидкі темпи збільшення міського населення і виникнення багатьох нових міст. За екстенсивного шляху розвитку урбанізації зростання міст і формування міських структур залежить насамперед від потреб матеріального виробництва і, зокрема, екстенсивного характеру розвитку продуктивних сил суспільства. Це зумовило зростання інтенсивності та масштабів антропогенного впливу на природне довкілля і наблизило до небезпечного рубежу локальних і регіональних екокризисів, практично до повсюдності посилення загрози катастрофічного руйнування середовища життя людей. Під час вирішення проблем природокористування доводиться виходити з визнання неможливості повного запобігання сьогодні й у майбутньому антропогенного впливу на природне середовище навіть за умови вдосконалювання виробництва й інших сфер людської діяльності. Тому на перше місце варто висувати здійснення системи заходів, спрямованих на збереження і відновлення природних ресурсів і якості довкілля, що запобігають прямому чи непрямому впливу наслідків урбанізації на природу і здоров'я людини. У містах і міських індустріальних агломераціях найвиразніше зосереджені різні види діяльності людини й різні форми соціо-економічної активності, в них фокусується найсильніший антропогенний вплив на внутрішнє середовище біогеосфери. Оскільки обґрунтованої теорії техногенезу та урбогенезу досі не існує, запропоновано власне бачення суті технічних, технологічних та урбаністичних систем з позиції як екології (екоцентризму), так і антропоцентризму. Для вирішення проблеми адекватної оцінки генези проблем міського довкілля та захисту екосистем від техногенезу сформульовано засадничі визначення, що таке технічні системи, технологічні системи та екосистеми. Розуміння природи цих систем, мети їх створення та функціонування дає реальні, науково-обґрунтовані важелі керування процесами, що теоретично можуть бути засадами гармонізації зазвичай протилежних причин існування цих систем. Описано різноманітні впливи техносистем на екосистеми і, навпаки, екосистем, або їхніх окремих компонентів на техносистеми. Показано до чого може призвести втрата людиною керівної ролі у цих процесах. Доведено, що якість або параметричні особливості урбанізованого довкілля є емерджентним синергетичним результатом інтегрального впливу кожного з його технічних, технологічних, біотичних компонентів і самої людини на біогеосферу.

**Ключові слова:** урбанізація; техногенез; демуація; системний аналіз; екосистема; природне довкілля; біогеосфера.

**Вступ.** Оскільки індустріалізація та урбанізація – явища соціальні, їхні чинники й закономірності створюють суперечності між природною гармонією біосфери і запитамі людини. Міста є рукотворними результатами суспільного розвитку, проте вмонтовуються як підсистеми в глобальну екосистему – біогеосферу, змінюючи структуру і властивості елементарних нативних екосис-

тем – від консорційних до ландшафтних (Bachynskyy, 1991; Budyko, 1984; Hnativ & Khirivskyy, 2010; Kucheravuu, 1999; Medouz, 2011).

Стосовно проблем функціонування *урбоекосистем* в Україні наукових розробок і перспективних до впровадження проектів екобезпечних міст відносно мало. За В. Кучерявим (Holubec & Hnativ, 2007), *урбоекосисте-*

#### Інформація про авторів:

**Гнатів Петро Степанович**, д-р біол. наук, професор, завідувач кафедри агрохімії та ґрунтознавства.

Email: pshnativ@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0003-2519-3235>

**Бальковський Володимир Васильович**, канд. с.-г. наук, доцент, кафедра тваринництва та кормовиробництва.

Email: bvv3@ukr.net

**Лопотич Наталя Ярославівна**, канд. с.-г. наук, доцент, кафедра екології.

Email: lopotychn@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-3319-0723>

**Дацко Тетяна Миколаївна**, канд. с.-г. наук, доцент, кафедра екології. Email: tlozovytska@ukr.net

**Цитування за ДСТУ:** Гнатів П. С., Бальковський В. В., Лопотич Н. Я., Дацко Т. М. Техно- й урбосистеми: методологічні підходи до оцінювання стану урбанізованого довкілля. Науковий вісник НЛТУ України. 2019, т. 29, № 5. С. 82–87.

**Citation APA:** Hnativ, P. S., Balkovskyy, V. V., Lopotych, N. Ya., & Datsko, T. M. (2019). Technological and Urban Systems: Methodological Approaches to the Assessment of the Condition of Urbanized Environment. *Scientific Bulletin of UNFU*, 29(5), 82–87.

<https://doi.org/10.15421/40290516>

ма (міська екосистема) є мозаїкою природних і штучних біогеоценозів, які є на різних етапах флороценогенезу: зародження, розвитку й відмирання, та перебувають під постійним антропогенним тиском у стані переважно антропогенної сукцесії. За Ф. Стольбергом (Kucheryavuu, 1999) і М. Голубцем (Holubec & Hnativ, 2007), урбоекосистема – це підсистема *урбогеосоціосистем* (простіше, урбосистем – *авт.*).

За міркуваннями Ю. Одума (Holubec & Hnativ, 2007), на основі його екологічного підходу, місто – неповночленна (з деформованим автотрофним компонентом) екосистема, більше подібна до гетеротрофної. Така екосистема є реципієнтом енергії, речовин (у вигляді продуктів, матеріалів, води, живих об'єктів і людей) та інформації зі свого зовнішнього середовища. Потреба 1 м<sup>2</sup> міста в енергії становить приблизно 4000 ккал за добу. Щоби стабільно годувати місто з населенням в 1 млн осіб, необхідно приблизно 0,8 млн га угідь, а піти й умивати – 7,6 млрд л води. За такої концепції Ю. Одума, місто є "паразитом біосфери", "паразитом свого сільського оточення". Проте воно могло би стати "симбіонтом" відносно свого довкілля, оскільки продукує на зовні товари й послуги тощо, збагачуючи всіма ними сільське оточення, взамін на імпортовані товари й послуги.

Деякі вчені не вважають людину і людське суспільство (соціопідсистему) компонентом урбосистем. Інші вбачають у цьому риси біологізаторства. Але вибору тут особливого немає. Речовинно-енергетичні й інформаційні обміни між урбаністичними підсистемами потрібно науково пояснювати й вивчати для гармонізації взаємовідношень. У разі ігнорування таких проблем людство внаслідок стихійної урбанізації самознищить-ся у продуктах своєї виробничої та соціальної діяльності, як спиртові дріжджі у діжці забродженого зрілого вина. За прикладами варто звернутися до середньовічних міст, у яких лютували епідемії, і одна з них – епідемія бубонної чуми у XIV ст., що, за оцінками істориків, майже вдвічі зменшила чисельність людської популяції у Старому світі, а в Європі – на 60 %.

**Методологія й методи дослідження.** Для пошуку шляхів вирішення проблеми ми застосували порівняльно-аналітичний метод, що ґрунтується на системному аналізі конкретних складових цілісних систем – технічних та міських, з метою вироблення підходів щодо захисту навколишнього середовища (Hnativ & Khirivskyy, 2010; Hnativ & Snintynskyy, 2017; Medouz, 2011).

*Метою роботи є обґрунтування необхідності диференціації природи технічних та урбаністичних систем від природних екосистем для подальшого розроблення інтегрованих заходів захисту міського довкілля від деградації та шкідливого впливу на людину і біоту.*

**Результати дослідження та їх обговорення.** Приступаючи до системного аналізу техногенезу й урбанізації, зазначимо, що проблемним є з'ясування первинності одного із цих соціальних явищ. Зокрема, важко встановити: техногенез спричинив урбанізацію чи урбанізація спрямовувала розвиток техніки і технологій. На перший погляд, спорудження житла й поселень було властиве первісній людині, проте без найпростіших технічних засобів цей процес не відбувався. І нині найпростіше помешкання, не говорячи вже про поселення, обов'язково споруджують за допомогою техніч-

них пристроїв і технологій, а згодом обладнують їх різними функціональними технічними засобами.

Часто було так, що людина спочатку створює великий промисловий чи інший об'єкт, а згодом навколо нього споруджує поселення, як місця мешкання і у вільний від праці час. У радянський період пріоритетного розвитку військової індустрії будували житла навколо заводів і фабрик, а не навпаки.

**Техногенез, урбанізація, екосистеми.** Сучасний великий урбаністичний утвір – це зазвичай низка індустріальних чи інших підприємств і мережа поселень з єдиною інфраструктурою. Тому *урбосистема* ( $V_C$ ), за декомпозиції на першому рівні її на підсистеми, є функцією трьох основних компонентів. Формально її можна представити у вигляді залежності (Hnativ & Snintynskyy, 2017; Kucheryavuu, 1999)

$$V_C = V_C(P_C, C_C, T_C),$$

де:  $P_C$  – природна підсистема (в минулому ландшафтна екосистема, а тепер урбоекосистема);  $C_C$  – соціальна підсистема (людський соціум);  $T_C$  – технологічна підсистема (забудови, виробничі системи, комунікації тощо). На докладнішому другому рівні декомпозиції функціональна формула урбосистеми має значно складніший вигляд, адже кожна з трьох структур має дуже розгалужену будову й особливості функціонування вже на перших підрівнях їх розчленування. Головне, кожна з трьох підсистем має окрему надмету й цілі свого існування, які самочинно (тобто гармонічно, автоматично) не узгоджуються з реалізацією мети двох інших.

Урбосистеми свого часу стали об'єктом вивчення урбоекології (за В. П. Кучерявим) (Kucheryavuu, 1999), екології міста (за Ф. В. Стольбергом) (Holubec & Hnativ, 2007) й інших дисциплін. Предметом їх вивчення претендували стати надскладні закономірності формування стану навколишнього міського середовища з огляду на безпеку й комфорт проживання у ньому людини.

Для оцінювання стану навколишнього міського середовища потрібно виконати такі завдання: аналіз актуального стану (аналітичний етап); прогноз майбутнього стану (на першу чергу і розрахунковий термін – прогнозований етап); оцінку, що синтезує перші два етапи (етап синтезу). В аналізі й оцінюванні стану і якості міського довкілля став необхідним ретроспективний аналіз, що дає змогу простежити зміни кожного чинника та їхніх компонент внаслідок тривалої діяльності міста, та визначити динаміку, закономірності й вектори цих змін.

Аналіз змін у довкіллі під впливом урбанізації має за мету:

- виявити основні види, масштаб, ознаки й тенденції змін природних компонентів та антропогенних чинників якості навколишнього середовища;
- встановити зв'язки між цими змінами, спричинені їх впливами з урахуванням ланцюгових реакцій у природних підсистемах;
- виявити територіальні аспекти цих змін (визначити ареали з різним ступенем змін довкілля, зокрема з критичним його станом й аномаліями);
- визначити соціо-економічну значущість цих змін (впливи на здоров'я, психоемоційних стан людей тощо).

Урбосистеми є об'єктом вивчення й інших, не пов'язаних з екологією дисциплін, але які зазнали "екологізації" – будівельна екологія, комунальна екологія, техноекологія (екологія транспорту, будівельна еколо-

гія тощо). Кожна з них з позиції технічних можливостей виходить на вирішення проблеми збереження, прийнятної на актуальному рівні економічних ресурсів якості міського довкілля. Проте до урбоєкосистеми, як ландшафтної екосистеми, вони підходять з позиції "примирення" інтересів своїх основних галузевих завдань із наслідками для функціонування природного блоку в системі міста. "Примирення" виражається у різноманітних санітарно-гігієнічних нормах і правилах (Nechay, 2008; Nechay & Navtylyuk, 2000; Snitinsky, 2019), які ніяк не слугують інтересам природної біоти чи ґрунтів, а тільки вимогам безпечного й комфортного проживання населення у містах.

Формалізуючи символічну модель міста на початку, ми вказуємо на техносистему, як невід'ємні частини урбосистем. Вони виникли одночасно з урбосистемами й постійно ускладнювалися, удосконалювалися людиною і щораз сильніше впливали на довкілля та екосистеми. Аналогічну символічну модель можна відобразити для технологічних систем ( $T_C$ ), що існують у самому місті або за його межами. Вона має такий вигляд (Hnativ & Snintynsky, 2017):

$$T_C = T_C (J_C, K_C, B_C, OK_C, P_C, C_C, \dots),$$

де:  $J_C$  – система житлової забудови;  $K_C$  – системи різних транспортних комунікацій (дороги, громадський транспорт, водо-, енергопостачання, зв'язок, каналізація);  $B_C$  – виробничі системи (підприємства промисловості, побутового обслуговування тощо);  $OK_C$  – освітньо-культурна мережа;  $P_C$  – рекреаційна мережа;  $C_C$  – різні специфічні техносистеми, властиві для окремих міст. Подальша декомпозиція кожної складової техносистем допомагає бачити її будову та функції, виявити способи й ланки взаємовідношення їх із іншими системами, зокрема соціумом і популяційними чи іншими екосистемами конкретного ландшафту.

Зауважимо, що ця символічна модель має таку ж змістовну суть, як і попередня, якщо "урбо-" вважати житловими (селітебними) зонами. Технологічні системи у своїй структурі мають технічні підсистеми (машини, апарати та прилади, а також їхні комплекси).

*Технічна система* – це штучно сконструйована сукупність технічних елементів і відношень (зв'язків) між ними, які утворюють цілісну структуру з емерджентними властивостями, що не зводяться до властивостей елементів, і призначена для виконання якісно нових корисних функцій (Hnativ & Snintynsky, 2017). Сукупність технічних систем та їхні комплексів, сировини, матеріалів і предметів виробництва, перероблення чи транспортування, а також операторів процесів (люди, автомати чи їхнє поєднання), програмне забезпечення утворюють технологічну систему. Вона забезпечує виробництво певної продукції чи надання технічних послуг.

*Технологічна система* – це сукупність функціонально пов'язаних засобів технічного обладнання, предметів виробництва й виконавців для виконання в регламентованих умовах виробництва заданих технологічних процесів та операцій (Hnativ & Snintynsky, 2017).

В екології та охороні довкілля ключове питання: як техносистеми впливають на фізичні компоненти чи якість довкілля загалом, екосистеми і, зрештою, саму людину як живу систему? Для цього потрібна спеціальна класифікація техносистем, яка б упорядковувала наші уявлення про суть техносистеми, її безпеку чи небез-

пеку для довкілля, про динаміку функціонування, способи створення, існування, ліквідації (самоліквідації).

У літературі не знаходимо фундаментальних розробок для вирішення цієї проблеми, тому пропонуємо екоцентричний підхід до класифікації техносистем. Головними критеріями групування (класифікації) техносистем має бути (Hnativ & Snintynsky, 2017):

- 1) відношення їх до екосистем ( $a$  – перманентно толерантні;  $b$  – агресивні (небезпечні для соціуму, для довкілля чи для популяцій);  $c$  – вразливі);
- 2) локалізація у просторі міста чи природного ландшафту ( $a$  – компактні – великі чи малі, але цілісні або закриті простори;  $b$  – стаціонарні;  $c$  – пересувні;  $d$  – мережеві);
- 3) середовищевірна функція:  $a$  – детермінантна техносистема (містоутворювальний промисловий чи інший об'єкт – активна функція);  $b$  – підпорядкована (використовує простір і ландшафт для розгортання своїх елементів – пасивна функція) (рис. 1).

Отже, з позиції екології та захисту довкілля пропонуємо вважати, що *техносистеми* – це штучно створене поєднання рукотворних і природних компонентів, основою яких є інженерно-технічні утвори та їхні функції, а довкілля і живі підсистеми (на рівнях організації від окремого організму до цілісної ландшафтної екосистеми) є підпорядкованими і другорядними, з котрими ці техносистеми й у взаємовідношеннях із навколишнім середовищем проявляються як реципієнтні (паразитарні) системи, є відносно стійким і самопідтримуваним елементами довкілля виключно завдяки технологічному керуванню людиною.



Рис. 1. Техносистеми металургійного комбінату (а) і морського порту (б)

Низка вчених вважають, що природні системи і техносистеми утворюють техноекосистеми, які є цілісними, впорядкованими в просторово-часовому відношенні сукупностями природних і техногенних елементів, що функціонують як єдині системи. Іншими словами, ігноруючи біоцентризм екосистем і виставляючи на перший план системотвірну роль людини (антропоцентричний підхід), можна сприймати, що: *техноекосистеми* – це сукупність форм і станів взаємодії компонентів природного середовища з інженерними об'єктами й системами на всіх стадіях їх функціонування.



За такого підходу всю територію України чи іншої країни можна розглядати як єдину *політехноекосистему*, що збудована із множин техноекосистем як регіонального, так і місцевого рівнів. На основі такого підходу, залежно від панівного виду господарської діяльності, виокремлюють такі типи техноекосистем: лісові, сільськогосподарські, сельбищні, гірничопромислові, промислові, будівельні, транспортно-комунікаційні, водогосподарські, рекреаційні тощо (Hnativ & Snintynskyu, 2017).

Техносистеми, попри всі передбачення у фазі їх проектування, все ж мають більший чи менший, позитивний чи негативний вплив на довкілля, ландшафт, людину. Проте не менш важливим є врахування ймовірного впливу екосистем, особливо їх біотичного компонента – живих організмів, на техносистеми. Прикладами такого негативного впливу є загрози від збільшення популяцій пацюків та інших гризунів у мережі каналізаційних та інших комунікацій у містах, на великих судах, складах тощо. Пацюки навіть пошкоджують кабелі електромереж і зв'язку. Птахи загрожують авіалайнерам. Мікробіота "псує" воду в мережах водопостачання, водонагрівних бойлерах, інфікує повітря від неочищених кондиціонерів. Морські гідробіоти, прилипаючи до днища суден, зменшують їхню швидкохідність.

Не зупиняючись на специфічних взаємовідношеннях техносистем з екосистемами та природним довкіллям, різнобічні аспекти яких вивчає дисципліна – *техноекоекологія* (галузеві – будівельна, гірнична, комунальна й інші екології), перейдемо до оцінки синергетичного впливу урбосистем на займані ними ландшафти, середовище і людину.

**Міське довкілля – синергетичний ефект природних і штучних підсистем.** Екологічний підхід до міста є сьогодні поширеним (Hnativ, 2007; Holubec & Hnativ, 2007). Він полягає у трактуванні міста як складного організму із системою зв'язків між елементами, що його утворюють, і з "зовнішнім" соціальним і природним середовищем. Таке трактування помилково твердить, що екологічний підхід є міждисциплінарним, оскільки всі ці зв'язки – соціальні, економічні чи культурні, а також ресурсні, енергетичні й інформаційні – прирівнюють до екологічних. Тому екологічний аналіз міста вважають одночасно і соціальним. Проте такий методологічний підхід безплідний.

Виходячи з уявлення про місто як урбосистему із трьома штучно поєднаними історично підсистемами, зосередимо свою увагу на синергетичному ефекті від такого поєднання, який дає нам певну якість внутрішнього середовища цієї надсистеми. З позиції *загального системного аналізу* (Hnativ & Khirivskyu, 2010; Hnativ & Snintynskyu, 2017; Medouz, 2011) стану локального довкілля, а також із того факту, що не локальні (парцелярні, біогеоценозні чи навіть ландшафтні) екосистеми і не їхнє внутрішньоекосистемне середовище визначають кондицію цього довкілля, приймаємо як даність, що саме штучні техно- і соціосистеми у ньому набули визначального впливу. Тому й методологію аналізу урбосистем потрібно брати не екологічну, а комплексну, що поєднує технократичні й соціальні підходи. Такий інтегративний методологічний підхід має інвайронментологія або середовищезнавство (Hnativ, 2007).

Свого часу М. Реймерс (Holubec & Hnativ, 2007), вивчаючи взаємовідношення соціуму й екосистем, поділив структуру середовища життя людей на такі основні складові:

- 1) природне середовище, здатне до умовно нескінченної самопідтримки й саморегуляції;
- 2) неприродне, яке самодеградує без підтримки людини;
- 3) артеприродне, де велика кількість елементів створена людиною і вони не існували в доантропогенній природі (ці компоненти урбосистеми саморуйнуються навіть за підтримки людини);
- 4) соціальне середовище, яке формується зазначеними вище складовими, створюючи конкретний інформаційний клімат (природа батьківщини, її ландшафти, пам'ятки культури тощо).

Як штучні компоненти міста впливають на екосистеми і їхнє довкілля? Розпочати варто того, що інтегральним довкіллям на планеті є внутрішньобіогеосферне середовище, яке зверху захищене озоновим екраном і "підперте" непроникними для біоти твердими літосферними пластами. Усі інші середовища можна окреслити межами менших екосистем Землі. Місто зазвичай може займати максимум ландшафтну екосистему або її фацію (парцелу) і мінімум один біогеоценоз або його парцелярну складову. В ареалі займаної екосистеми місто чинить найсильніший трансформаційний тиск на неї, хоча окремі технічні підсистеми можуть впливати по-різному на екосистеми і довкілля, яке не межує з урбосистемою, або й на загальне біогеосферне середовище. Ця важлива риса міста й вирізняє його з-поміж інших природних й антропогенних чинників стосовно загрози для довкілля різних рівнів. Такий специфічний вплив урбосистеми екологічним можна назвати тільки за його всепланетної дії чи загрози, а менші впливи є локальними загрозами для локальних екосистем чи їхнього довкілля, у якому постійно живе людина. Прикладом таких різних впливів є техногенна катастрофа на Чорнобильській АЕС 1986 р. Вибух реактора спочатку зруйнував урбосистему в м. Прип'ять, згодом "убив" 30-кілометрову зону, а далі додав специфічних інгредієнтів – різноманітних радіоізотопів в екосистеми різних біомів Землі.

Загальними рисами впливу урбосистем і їхніх технічних підсистем на своє довкілля є (Kucheryavuu, 2010):

- інсуляризація популяції або витіснення біотичного компонента за межі міста і трансформація ґрунтів, їх замощення й забудова;
- більше споживання кисню, більше виділення вуглекислого газу й специфічних речовин, часто і ксенобіотиків;
- підвищена акумуляція сонячної енергії, додаткове безкорисне техногенне розсіяння тепла і світла;
- зменшена кількість природних радіальних і латеральних потоків завдяки збільшенню штучних, особливо латеральних, потоків великої кількості органічних і мінеральних забруднювальних речовин у внутрішню і зовнішню частини урбосистеми;
- формування специфічного локального ландшафту з природними елементами й чинниками, який стає каркасом морфотопів для існування залишків елементів корінної екосистеми;
- спонтанна техногенна й рекреаційна "агресивність" урбосистеми стосовно сусідніх екосистем: лісових, лучних, болотних, а також штучних агроекосистем.

Подальший розвиток урбосистем неможливий без створення надійного механізму штучної регуляції його взаємовідношення зі своїм довкіллям. Отже, *урбаніза-*

ція (лат. *urbanus* – міський) екосистем полягає у спричиненій виробничою діяльністю промисловій і селітебній трансформації їх внутрішнього і зовнішнього природного середовища, яка супроводжується поступовою частковою або повною перебудовою структурно-функціональної організації самих екосистем із метою заміни чи використання людиною корінної біоти й ґрунтів (нативних елементів) залежно від особливостей розвитку міст (Hnativ & Khirivskyy, 2010; Hnativ & Snintynskyy, 2017; Kucheryavyy, 2010). Суть урбогенної трансформації ландшафту великого міста полягає у заміщенні природних середовищевітвірних компонентів екосистем *антропогенними чинниками*, котрі переважно не можуть бути гармонійними стосовно корінних, а регуляторні функції природних екосистем, котрі частково бере на себе людина, ніколи не зрівняються у вичерпності й ефективності щодо потреби з новими, трансформованими.

За нашими спостереженнями, упродовж 1991-2002 рр. (Hnativ, 2007, 2012) *урбанізація ландшафту* і техногенний прес на екосистему міста Львів спричинили:

- істотну зміну мікроклімату за такими показниками, як: температура повітря і ґрунту, вологість та рухливість атмосфери, освітленість під насадженнями;
- поступове або спорадичне руйнування природної будови ґрунтових профілів під насадженнями;
- корекцію поживного режиму корененаселеного пласту ґрунтів через посилення мінералізації органічної речовини, підвищення вмісту доступних форм деяких макро- і мікроелементів у їхніх верхніх горизонтах і збіднення в нижніх;
- зміну властивостей ґрунтового вбирного комплексу через нейтралізацію рН та гідролітичної кислотності ґрунту, насичення його основами, що частково блокує позитивний ефект від емісії біофізичних елементів;
- втрату природних властивостей ґрунтів акумулювати й утримувати достатні запаси продуктивної вологи в ґрунтовому профілі, зумовлену замощенням, порушенням його морфологічної будови та корекцією мікроклімату;
- зростання інтенсивності забруднення екотопів техногенними інгредієнтами, зокрема ґрунтів хімічними елементами, зокрема важкими металами.

Отже, урбосистема – це триєдина еко-соціо-технічна система, де міська екосистема (урбоекосистема) зазвичай представляє фрагменти біогеоценозів із трансформованими екотопами, кліматопами, біотопами.

Отже, *урбаністична екосистема* – це ландшафтна система, що охоплює штучно створену сукупність природних і рукотворних компонентів ландшафту, з яких пріоритетними для людини є інженерно-технічні утвори (техносистеми), а жива підсистема (на рівнях організації від окремого організму до цілісної ландшафтної екосистеми) стає підпорядкованою і другорядною, з котрою ці техносистеми й у взаємовідносинах із навколишнім середовищем проявляються як реципієнтні (паразитарні) системи, але урбоекосистема залишається відносно стійким і самопідтримуваним компонентом довкілля виключно завдяки керуванню людиною речовинно-енергетичними, фінансовими, міграційними та інформаційними потоками.

Нині у Світі є приклади *деурбанізації*. Вони свідчать, що в окремих покинутих людьми і занедбаних урбосистемах або за істотного зменшення щільності населення чи знелюднення сіл і хуторів встановлюється позитивна динаміка чисельності популяцій багатьох диких видів, зокрема рідкісних, і активізується демутація рослинного покриву.

Прикладом урбаністичної екосистеми, яка перейшла у стадію деурбанізації, є територія залишених людьми 1986 р. міст Прип'ять і Чорнобиль. Особливу активність проявила місцева, панівна в корінних екосистемах Полісся дендрофлора, яка поступово утворює суцільний покрив, руйнує різні наземні замощення, будинки (рис. 2), формує притулок для зооценозів, активно корегує малий біогеохімічний кругообіг, з-поміж іншого радіоізотопів, концентруючи у харчових ланцюгах і біогеохімічних бар'єрах розсіяні вибухом радіонукліди, нейтралізатори й детоксиканти.



**Рис. 2.** Демутація рослинного покриву на морфотопах штучного походження – вторинна сукцесія, як прояв середовищевітвірної потужності ландшафтної екосистеми у вологих субтропіках (а – Абхазія, 2015 р.) і в Українському Поліссі (б – м. Прип'ять, 2014 р.)

Середовищевітвірну дію зональних ландшафтних екосистем або їх протилежну за вектором екореставраційну силу можна побачити на багатьох інших прикладах, де функціональна роль людини в керуванні урбосистемами повністю припинена або ослаблена. Стародавні міста Ангкор-Ват (Камбоджа), Санта Анна (Колумбія), Фатехпур-Сікрі (Індія), Сорренто (Італія) та сучасні: острів-місто Хашіма (Японія), міста Крако (Італія), Шперенберг (Німеччина), Кілунг (Тайвань) знаходяться на різних стадіях демутаційної сукцесії рослинного покриву і фізичного руйнування технічних утворів ландшафту, споруджених свого часу для функціонування цих міст як урбосистем.

**Висновки.** На порядку денному є актуальне питання системного керування соціо-технічними, екосистемними, демографічними й іншими процесами в урбосистемах для підтримання їх життєздатності, комфорту для мешканців, безпеки для ландшафтів біогеосфери й Світового океану.

В європейській та американській науці активно розвивається ландшафтна екологія, яка частково береться за формування основ раціоналізації урбаністичних ландшафтних екосистем разом з оптимізацією урбосистем.

На Паризькому саміті (2016) з-поміж 17-ти нових цілей сталого розвитку, ціль під № 11: "Створення міст і населених пунктів самодостатніми, безпечними, довго-

вічними та стійкими". Для досягнення цієї мети потрібно ще багато зробити в науково-методичному плані. Системний підхід до урбосистем, як надскладних штучних утворень, дає змогу підійти як до дослідження найбільш загальних властивостей закономірностей, так і до виявлення ланцюга причин і наслідків окремих явищ.

### Перелік використаних джерел

- Bachynskyy, G. (1991). *Socioecology: Theoretical and Applied Aspects*. Kyiv: Scientific thought, 153 p. [In Ukrainian].
- Budyko, M. I. (1984). *Evolutsiya biosfery*. Leningrad: Gidromizdat, 488 p. [In Russian].
- Hnativ, P. S. (2007). Pryrodne i antropogenne seredovyscha: yihnya sut i znachennya, metodologiya naukovoogo piznannya. *Zb. nauk. prats IV Mizhnar. nauk. konf. "Faltsfeynivski chytannya"*, May 24–26, 2007, (pp. 68–71). Kherson: PP Vishemirskiy. [In Ukrainian].
- Hnativ, P. S. (2012). An eutrophication of transformation ecotopes by the indexes of nitric and phosphoric feed of arboreal plants. *Forestry and landscape gardening*, 2. Retrieved from: <https://ejournal.studnubip.com/zhurnal-2>.
- Hnativ, P. S., & Khirivskyy, P. R. (2010). *Theory of systems and system analysis in ecology*. Lviv: Kamula. [In Ukrainian].
- Hnativ, P. S., & Snintynskyy, V. V. (Ed.), Nechay, O. S., Znyuk, O. D., et al. (2017). *Ecosystems and System Analysis*. Lviv: Kolir PRO, 416 p. [In Ukrainian].
- Holubec, M. A., & Hnativ, P. S. (2007). Fundamentally about ecology, environmental sciences, environmental protection, environmental protection and geosociosystemology. *Ecology and Noospherology*, 18(1–2), 7–15. [In Ukrainian].
- Kucheryavyi, V. P. (1999). *Urboekologiya*. Lviv: Svit, 320 p. [In Ukrainian].
- Kucheryavyi, V. P. (2010). *Zagalna ekologiya*. Lviv: Svit, 520 p. [In Ukrainian].
- Medouz, D. X., & Tarasova, N. P. (Ed.). (2011). *Azbuka sistemnogo myshleniya*. (2nd ed.). (Trans. from English). Moscow: BINOM. Laboratoriya znaniy, 343 p. [In Russian].
- Nechay, O. S. (2008). Kompleksna otsinka stanu dovkillya ta zdorovya naselennya u silskih rayonah Lvivschini. *Ekologichni problemi tehnogenno navantazhenih regioniv: Materials of the International scientific-practical conference*, May 14, (pp. 69–71). Dnipropetrovsk: Nats. girn. un-t. [In Ukrainian].
- Nechay, O., & Havrylyuk, J. (2000). The Study of Reproductive Losses and Placental condition in Lviv Region. *International Conference "Placentologic Monitoring Studies and Ecotoxicologic Aspects of Genetic Diseases"*. Cracow. P. L. 2.
- Snintynskyy, V. V., Khirivskyy, P. R., Hnativ, P. S., et al. (2019). *Eko-toksikologiya*. Kherson: Oldi-plyus, 396 p. [In Ukrainian].

**P. S. Hnativ, V. V. Balkovskyy, N. Ya. Lopotych, T. M. Datsko**  
Lviv National Agrarian University, Dublyany, Ukraine

## TECHNOLOGICAL AND URBAN SYSTEMS: METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF THE CONDITION OF URBANIZED ENVIRONMENT

Our days are characterized by the rapid development of cities and the aggravation of problems associated with the relationships between nature and society. One of these problems is the contradiction between the growth of cities, on the one hand, and the desire to preserve the wildlife and man's relationship with it in urban and suburban areas, on the other hand. Today, in most cases, the process of urbanization in the world takes place extensively, which is inherent to agrarian in the past countries. Its features are the rapid growth of urban population and the emergence of many new cities. During the extensive urbanization, the growth of cities and the formation of urban structures depends primarily on the needs of material production and, in particular, the extensive nature of the development of productive forces of society, which led to the growth of the intensity and scale of human impact on the natural environment and brought to the dangerous turn of local and regional ecological crisis, practically to widespread exacerbation of the threat of catastrophic destruction of the living environment of people. During the extensive urbanization, the growth of cities and the formation of urban structures depends primarily on the needs of material production and, in particular, the extensive nature of the development of productive forces of society, which led to the growth of the intensity and scale of human impact on the natural environment and brought to the dangerous turn of local and regional ecological crisis, practically to widespread exacerbation of the threat of catastrophic destruction of the living environment of people. The most diverse types of human activities and various forms of social and economic activity are concentrated in cities and urban industrial agglomerations; they focus on the strongest anthropogenic impact of the biogeospheres on the internal environment. Since there is no substantiated theory of technogenesis and urban genesis yet, we offer our own vision of the essence of technical, technological and urban systems from the point of view of both ecology (ecocentrism) and anthropocentrism. To solve the problem of an adequate assessment of the genesis of the problems of the urban environment and the protection of ecosystems from technogenesis, we formulate the basic definitions of what technical systems, technological systems and ecosystems are. Understanding the nature of these systems, the purpose of their creation and functioning gives real, scientifically-based levers of process control, which theoretically can serve as the bases of harmonization, usually the opposite reasons for the existence of these systems. Various influences of technosystems on ecosystems and, on the contrary, ecosystems, or their separate components on the technosystem are described in this work. The authors have shown what can lead to loss of a person's leading role in these processes. It is proved that the quality, or parametric features of the urbanized environment, is a synergistic result of the integrated influence of each of its technical, technological, biotic components and the person himself on the biogeosphere.

**Keywords:** urbanization; technogenesis; demutation; system analysis; ecosystem; natural environment; biog.