

ВПЛИВ БУДІВЕЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНІ ЗВ'ЯЗКИ МІЖ КОМПОНЕНТАМИ ЛАНДШАФТУ

Зеленчук І.Д., Сонько С.П.

Уманський національний університет

вул. Інститутська, 1, 20300, м. Умань

zelenchuk.id@gmail.com

Розглянуто будівельну діяльність як один із головних чинників антропогенної деструкції ландшафтних систем та порушення структурно-функціональних зв'язків між їхніми компонентами. У ході дослідження доведено, що зведення будівель і споруд зумовлює трансформацію мезорельєфу, механічне ущільнення й запечаткування ґрунтового покриву, зміну гідрологічного режиму та формування техногенних ґрунтів. Такі зміни призводять до зниження фільтраційних властивостей ґрунтів, погіршення умов функціонування біоти та зменшення екологічної стійкості природно-територіальних комплексів (ПТК).

Об'єктом дослідження виступають структурно-функціональні зв'язки ландшафтних систем, а предметом – вплив будівництва, зокрема модульних і швидкокомпонованих будівель, інертні, мобільні та живі компоненти ландшафту. Найбільш уразливими визначено інертні компоненти – ґрунти, рельєф і геологічну основу. Проведені розрахунки навантажень від роботи важкої будівельної техніки показали, що чорноземи та інші ґрунти з низькими механічними властивостями зазнають інтенсивнішого ущільнення й деградації. Встановлено, що мобільні компоненти також зазнають певного впливу через викиди від роботи будівельної техніки та трансформацію інфільтраційних процесів у ґрунтах. Живі компоненти ландшафту реагують пригніченням рослинного покриву, зменшенням доступності вологи, дестабілізацією трофічних зв'язків і скороченням чисельності видів чутливих до шумового та вібраційного навантаження.

Окремо проаналізовано сучасні технології модульного та швидкокомпонованого будівництва. Встановлено, що їх застосування зменшує масштаб і тривалість негативних впливів на ландшафтні системи завдяки скороченню будівельного циклу, зменшенню обсягів земляних робіт, скороченню етапу бетонування та відсутності зварювальних процесів. Разом із тим, навіть за умов впровадження іновативних будівельних технологій, повне усунення порушень структурно-функціональних зв'язків між компонентами ландшафту є неможливим.

Практична цінність дослідження полягає у можливості використання його результатів для вдосконалення екологічного моніторингу, процедур оцінки впливу на довкілля (ОВД) і стратегічної екологічної оцінки (СЕО). Отримані результати можуть бути інтегровані у практику просторового планування для післявоєнного відновлення територій України з урахуванням вимог Європейської екологічної стратегії. робота формує наукове підґрунтя для міждисциплінарних досліджень у галузях ландшафтно-ї екології, гео-екології, ґрунтознавства та конструктивної географії, а також може бути використана у навчальному процесі для підготовки фахівців з наук про Землю, екології містобудування. *Ключові слова:* інертні компоненти ландшафту, взаємодія між компонентами, літогенна основа, запечаткування ґрунтів, екраноземи, біота, швидкокомпоновані будівлі.

The impact of construction activity on the structural and functional relationships between landscape components. Zelenchuk I., Sonko S.

Construction activity is considered one of the key drivers of anthropogenic destruction of landscape systems and disruption of structural and functional linkages between their components. The study demonstrates that the erection of buildings and structures leads to the transformation of mesorelief, mechanical compaction and sealing of soil cover, alteration of the hydrological regime, and the formation of technogenic soils. These processes, in turn, reduce the filtration capacity of soils, deteriorate conditions for biotic functioning, and diminish the ecological stability of natural territorial complexes (NTCs).

The object of the study is the structural and functional linkages of landscape systems, while the subject is the impact of construction activities – particularly modular and prefabricated buildings – on the inert, mobile, and biotic components of landscapes. Inert components, such as soils, relief, and the geological substrate, have been identified as the most vulnerable. Calculations of load parameters from heavy construction machinery demonstrated that chernozems and other soils with low mechanical resistance undergo more intensive compaction and degradation. It was also established that mobile components are affected through emissions from construction machinery and modifications of infiltration and drainage processes in soils. Biotic components respond with suppression of vegetation cover, reduced water availability, destabilization of trophic chains, and a decline in populations of species sensitive to noise and vibration stress.

Modern modular and prefabricated construction technologies are examined separately. Their application is shown to reduce the scale and duration of adverse impacts on landscape systems due to shorter construction cycles, reduced earthworks, shorter concreting stages, and the absence of welding processes. Nevertheless, even under conditions of innovative technological implementation, the complete elimination of disruptions to structural and functional linkages between landscape components remains unattainable.

The practical significance of the study lies in the potential use of its results for improving environmental monitoring systems, environmental impact assessment (EIA) procedures, and strategic environmental assessment (SEA). The findings can be integrated into

spatial planning practices for Ukraine's post-war recovery, with due consideration of the requirements of the European environmental strategy. Furthermore, the study provides a scientific basis for interdisciplinary research in landscape ecology, geoeology, soil science, and constructive geography, and it may also be employed in academic curricula for the training of specialists in Earth sciences, ecology, and urban planning. *Key words:* inert landscape components, intercomponent interactions, lithogenic base, soil sealing, ekranosols, biota, prefabricated buildings.

Постановка проблеми. Будівельна діяльність у сучасному розумінні охоплює не лише міську урбозабудову, а й позаміські промислові, виробничі будівлі та інші інженерні об'єкти, зокрема логістичні комплекси, індустріальні кластери, переробні майданчики, енергетичну інфраструктуру, магістральні трубопроводи, інженерно-транспортні коридори та інші. Власне, зазначені об'єкти входять до таких типів ноосферних екосистем, як урбоекосистеми та інфраекосистеми [1].

Вищезгадані проекти реалізуються шляхом відведення нових територій і супроводжуються масштабними земляними роботами, що зумовлює трансформацію ландшафтних комплексів, зокрема зняття родючого шару, ущільнення та запечаткування ґрунтів (soil sealing). Ці процеси порушують матеріально-енергетичні потоки та структурно-функціональні зв'язки між компонентами ландшафту (рельєфом, ґрунтами, поверхневими та підземними водами, біотою й атмосферою) [2].

Наслідком будівельної діяльності є зміна гідрологічного режиму, зростання поверхневого стоку, скорочення інфільтрації та трансформація часової структури паводкових процесів; відбувається фрагментація оселищ, деградація ґрунтових функцій і зниження рівня екосистемних послуг. Специфічний вплив справляють лінійні споруди (автомобільні дороги й залізниці, надземні трубопроводи тощо), які формують «зони ефекту дороги» (road-effect zones), де накопичуються бар'єрні, крайові, шумові та світлові ефекти, а також зростає смертність фауни на шляхах міграції [3]. Будівництво лінійних об'єктів посилює структурну й функціональну фрагментацію ландшафту та знижує зв'язність біотичних популяцій [4]. Довготривалі дослідження європейських екологів і ландшафтознавців засвідчують широкий спектр «ефектів дороги» та підтверджують, що у глобальному масштабі фрагментація ландшафтів знижує біорізноманіття на 13–75 % і порушує ключові екосистемні функції через руйнування функціональних зв'язків між компонентами геосистем, зокрема зміни біомаси та кругообігу речовин [5].

Нагальна потреба у відновленні та післявоєнній відбудові України надає темі дослідження особливої наукової й практичної ваги. Згідно з четвертою оцінкою збитків і потреб України, Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA4), підготовленою Урядом України спільно зі Світовим банком, Єврокомісією та ООН, за період з лютого 2022 р. по грудень 2024 р. визначено потреби на відновлення в обсязі 524 млрд дол. США на наступне десятиріччя, при цьому найбільші інвестиції спрямовуватимуться у житловий,

транспортний та енергетичний сектори економіки [6]. Реалізація таких проєктів стане одним із ключових чинників зайняття нових земель та ущільнення ґрунтового покриття внаслідок відведення нових територій під забудову, спорудження допоміжної інфраструктури та лінійних об'єктів.

Незалежні оцінки Київської школи економіки (KSE) станом на листопад 2024 р. підтверджують масштаб руйнувань, засвідчуючи орієнтовно 170 млрд дол. США прямих пошкоджень інфраструктури та домінування втрат у житловому й транспортному секторах, що корелює з майбутнім профілем будівельного навантаження на ландшафти [7].

У цих умовах науково обґрунтоване планування відбудови потребує врахування положень Європейської екологічної стратегії «No Net Land Take» (NNLT) та програм Європейського агентства з довкілля (European Environment Agency, EEA) [8] у поєднанні з методами просторово-ландшафтного аналізу. Виникає необхідність у кількісному оцінюванні та просторово узгодженому описі впливів будівельної діяльності на структурно-функціональні зв'язки між компонентами ландшафту з подальшим використанням результатів для екологічно орієнтованого планування й управління процесами відновлення.

Актуальність дослідження. З метою забезпечення сталого відновлення та релокування промислових, виробничих і складських потужностей у більш безпечні регіони України проблема впливу будівельної діяльності на структурно-функціональні зв'язки ландшафтів набуває комплексного значення, адже виходить за межі опису окремих компонентів і потребує системних оцінок, що враховують морфологічні, гідрологічні та біотичні процеси [9].

З ландшафтно-географічної точки зору актуальність теми визначається сукупністю взаємопов'язаних чинників зокрема, прискореним зростанням площ штучних поверхонь унаслідок масштабних будівельних проєктів, що призводить до ущільнення ґрунтів і пригнічення їх екосистемних функцій. Це створює потребу у впровадженні індикаторного моніторингу землекористування в тому числі врахування вимог Європейського законодавства з охорони довкілля та показника Net land take (NLT), що дозволяє визначати чистий баланс конверсії земель [8]. Ось чому актуальність дослідження зумовлена необхідністю науково обґрунтованої кількісної оцінки змін у системі структурно-функціональних зв'язків між рельєфом, ґрунтами, поверхневими й підземними водами, рослинним і тваринним світом, а також атмосферою приземного шару.

Складність проблеми полягає у багаторівневому характері процесів – від локальних модифікацій мікрорельєфу до регіональної фрагментації оселищ, наявності порогових станів і накопичувальних ефектів. А також необхідності поєднання морфологічних показників, гідрологічних характеристик та біотичних індикаторів [10]. Саме така інтегрована постановка проблеми дозволяє перейти від констатації локальних змін до відтворюваної оцінки наслідків будівництва для функціонування ландшафтних систем і збереження їх екосистемних послуг.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Головними завданнями, які стоять перед дослідниками, є вивчення трансформаційних процесів у ландшафтах та розуміння ноосферної парадигми у галузі ландшафтно-екології й геоекології, зокрема в частині оцінки взаємодії морфологічних, гідрологічних і біотичних компонентів ландшафтних комплексів під впливом будівельного навантаження.

У практичному аспекті дослідження відповідає завданням післявоєнного відновлення України, що передбачає сталий розвиток виробничо-промислових, логістичних та інших інфраструктурних об'єктів. Запропоновані методичні підходи до кількісної оцінки змін у структурно-функціональних зв'язках ландшафтів можуть бути використані для наукового обґрунтування просторового планування, створення систем моніторингу впливу будівельної діяльності на природне середовище та формування програм екологічного управління в умовах інтенсивного відновлення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З огляду на актуальність дослідження та наявність відкритого доступу до значного масиву даних щодо впливу будівельної діяльності на ландшафтні комплекси та їхні компоненти, в останні роки посилюється інтерес українських і зарубіжних ландшафтознавців до вивчення порушень взаємодії між живими та інертними компонентами ландшафту, а також до проблеми втрати екосистемних послуг унаслідок будівельних процесів. В цьому контексті досить інформативним є дослідження учених ЕЕА, які дослідили, що у період з 2012 по 2018 рік чисте захоплення земель для будівельних цілей у країнах ЄС становило 450 км² щорічно [8].

Ученні ЕЕА ввели так званий індикатор, який системно описує перетворення природних земель на штучні поверхні та запропонували узгоджену методику для відстеження чистого балансу конверсії земель у часових зрізах. Для теми нашого дослідження це слугувало базовим інструментом кількісної оцінки землезайняття та запечатування ґрунтів в результаті будівельної діяльності. Американський учений, дослідник у галузі ландшафтно-екології А. Т. Keeley разом із колегами у своїй праці [10] систематизував понад тридцять метрик оцінки порушень просторової та функціональної зв'язності

ландшафтних систем. Автори довели, що коректний вибір метрики є визначальним для оцінки порушень екологічних коридорів під впливом будівництва.

Результати цього дослідження становлять важливу методологічну основу для нашої теми, оскільки будівельна діяльність спричиняє фрагментацію ландшафтів та порушує структурно-функціональні зв'язки між їх біотичними й інертними компонентами. Запропоновані А. Т. Keeley підходи забезпечують можливість кількісної оцінки таких змін і визначення оптимальних методик. Значну увагу вивченню впливу ущільнення ґрунтів на взаємодію між інертними та живими компонентами ландшафту приділяють не лише європейські, а й східноазійські дослідники. Так, японський дослідник структури популяцій та екологічних процесів Т. Niura у своєму дослідженні [11] довів, що механічне ущільнення під час будівельних робіт знижує пористість і водопроникність ґрунту, що призводить до деградації біорізноманіття. Подібні результати отримав дослідник рослинно-ґрунтових взаємодій М. Asif у роботі [12], підкресливши негативний вплив ущільнення на мікробіоту ґрунтів і життєздатність рослинних угруповань.

Зазначені праці підтверджують, що будівництво порушує не лише морфологічний шар, а й функціональні взаємозв'язки між такими компонентами, як ґрунти ↔ біота ↔ гідрологічні умови.

Основним чинником механічного ущільнення ґрунтів є наслідки залучення будівельної техніки та механізмів до виконання будівельно-монтажних робіт (БМР), що зумовлює тривалі кумулятивні ефекти та потребує відновлювальних і рекультиваційних заходів [13]. Розширення забудови збільшує непроникні ділянки ландшафтів, що сприяє негативним гідрологічним наслідкам на рівні територій або урочищ. Навіть часткове збільшення непроникних поверхонь веде до значних змін у режимі стоку, особливо під час зливово-дощових періодів [14].

На основі виконаних досліджень у [2] можна зробити висновок, що еволюція ландшафтів України відбувалася в умовах постійного зростання антропогенного навантаження, серед якого будівельна діяльність відіграє особливу роль. М. Гродзинський детально описав історико-географічні етапи розвитку геосистем, показавши, що структурно-функціональні зв'язки між рельєфом, гідрологічними системами та біотою найбільш чутливі саме до інтенсивного освоєння територій. У сучасному контексті це означає, що промислове, житлове та інфраструктурне будівництво є одним із головних факторів порушення вертикальної та горизонтальної взаємодії компонентів ландшафтних комплексів. Подальший аналіз засвідчує, що масштабне зростання забудови спричиняє трансформацію структурно-функціональних зв'язків, зокрема через фрагментацію територій і втрату екологічної стійкості, що потребує інтегральних методів оцінки у межах ландшафтознавчих досліджень [9].

Український географ, дослідник ландшафтів Денисик Г. І. разом із колегами, сформував системну класифікацію антропогенних ландшафтів України та визначив методологічні підходи до їх реконструкції [15]. Ґрунти-екраноземи, які формуються в умовах інтенсивної забудови, поступово втрачають свої природні фізико-хімічні властивості та здатність забезпечувати ключові екосистемні функції. Порушення структури й режиму таких ґрунтів руйнує взаємозв'язки між ґрунтовим покривом і біотою, зменшуючи стійкість екосистем [16]. Проблема збереження просторової та функціональної зв'язності ландшафтів ґрунтовно проаналізована в праці [17], присвяченій екологічним мережам. У роботі доведено, що формування локальних екомереж у районах інтенсивної забудови дозволяє частково компенсувати фрагментацію середовища та зберегти біотичну функціональність й взаємопов'язаність. У цьому контексті підходи, орієнтовані на створення та підтримку екомереж, виступають одним із ключових механізмів мінімізації негативних наслідків будівельної діяльності для ландшафтних систем.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. У даній статті продовжується пошук розв'язків задачі комплексної інтегральної оцінки впливу будівельної діяльності на взаємодію між компонентами ландшафту. Попередні дослідження вітчизняних і зарубіжних учених дозволили окреслити основні напрями впливів: механічне руйнування й ущільнення ґрунтів, трансформацію рельєфу, зміну гідрологічних режимів та фрагментацію природних екосистем. Водночас системне поєднання цих процесів у єдиному аналітичному полі залишається недостатньо розробленим.

Зокрема, виявлено, що більшість досліджень зосереджується на окремих аспектах проблеми – геоморфологічних наслідках будівництва, деградації ґрунтового покриву чи втраті біорізноманіття. Значно менше уваги приділено інтегральному аналізу того, як ці зміни взаємодіють між собою і формують кумулятивний ефект на рівні природно-територіальних комплексів. Залишається відкритим питання про кількісне співвідношення між окремими видами впливів і їхній сукупний внесок у порушення вертикальних і горизонтальних зв'язків у геосистемах.

Окремою проблемою є нестача методичних підходів до врахування часових і просторових масштабів будівельних впливів. Дотепер переважали дослідження, які аналізують локальні зміни, тоді як регіональні та міжрегіональні наслідки індустріальної забудови оцінені фрагментарно.

Не менш важливим є виявлене у попередніх роботах протиріччя між потребами економічного розвитку та завданнями збереження екологічної стійкості територій. Важливість продовження досліджень зумовлена також недостатнім висвітленням проблеми у контексті зміни клімату, що значно підси-

лює впливи будівництва на водний баланс, стійкість ґрунтів та функціонування біотичних угруповань. Таким чином, у статті робиться спроба поєднати результати попередніх досліджень і спрямувати аналіз на ті аспекти, які залишаються найменш розробленими.

Новизна. У статті уточнено роль будівельної діяльності як чинника порушення структурно-функціональних зв'язків живих та інертних компонентів ландшафтів, що проявляється через взаємопов'язаний вплив на морфологію, ґрунти, гідрологію та біоту. Вперше здійснено інтегральний підхід до аналізу цих змін, який інтегрує оцінку вертикальних і горизонтальних взаємозв'язків у межах природно-територіальних комплексів.

Наукова новизна полягає в обґрунтуванні необхідності комплексного кількісного аналізу, що базується на інтеграції геоінформаційних методів, дистанційного зондування та індикаторів екологічної зв'язності. Це дозволяє оцінювати не лише локальні, а й системні ефекти впливу будівельної діяльності. Запропоновані положення формують методологічне підґрунтя для інтеграції принципів збереження екомереж у практику просторового планування та управління розвитком територій у процесі сталого відновлення України.

Методологічне або загальнонаукове значення. Це дослідження виконано з урахуванням Європейської екологічної стратегії NNLT, відповідно до програми Європейського агентства з довкілля ЕЕА [8], а також Державної екологічної політики України на період до 2030 року [18], у якій одним із ключових завдань визначено інтеграцію екосистемного підходу до галузевих політик, включно з будівельною сферою. Робота відповідає положенням Державної стратегії регіонального розвитку на 2021–2027 роки [19], де встановлено пріоритет щодо збереження екологічної стійкості територій у процесі їхнього відновлення. Дослідження також базується на положеннях Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» [20] та Закону України «Про стратегічну екологічну оцінку» [21], які регламентують процедури аналізу екологічних наслідків будівництва та реконструкції інфраструктурних об'єктів. Методологія дослідження корелює з вимогами Європейської ландшафтної конвенції [22], що визначає охорону, управління та планування ландшафтів як ключову складову просторового розвитку.

Найголовніше – структурний алгоритм дослідження інтегровано з планами державних та міжнародних програм післявоєнного відновлення України, зокрема з положеннями «Плану відновлення України» (Ukraine Recovery Plan) [23] та Національною програмою відновлення України, презентованою Урядом у 2023 р., де акцентовано необхідність екологічно збалансованої реконструкції промислової, житлової та транспортної інфраструктури у постраждалих регіонах.

Виклад основного матеріалу. Будівельна діяльність у сучасному суспільстві є одним із провідних чинників антропогенної трансформації ландшафтів. Просторовий вплив будівельних процесів поширюється за межі урбанізованих територій і охоплює промислові зони, транспортну інфраструктуру, логістичні комплекси, іноді й рекреаційні ділянки. Таке освоєння безумовно спричиняє вилучення земель, трансформацію рельєфу, зміну гідрологічного режиму, ущільнення ґрунтів і зменшення біотичного різноманіття. З розвитком світової промисловості антропогенне навантаження на навколишнє середовище постійно зростало, промисловість трансформувалась до великих промислових підприємств (гігантів), котрі були географічно розкиданими за принципом сировинної бази чи споживчого потенціалу певної території.

Будівельна діяльність – це складний процес, зумовлений соціально-економічними факторами, що відбувається з широким діапазоном темпів та просторових масштабів. В результаті будівництва, як правило назавжди вилучаються землі з інших галузей користування, землі сільського та лісового господарства зазнають найбільшого перетворення в результаті будівельної діяльності [24]. У наукових працях Європейських дослідників з довілля наголошується, що будівництво й урбанізація формують стійкі негативні тенденції, пов'язані із втратою водорегуляційних функцій, зменшенням потенціалу ґрунтів і водних систем в зв'язку з секвестрацією вуглецю та погіршенням здатності геосистем підтримувати екосистемні послуги [8].

Вплив будівництва на компоненти ландшафту та порушення їхньої взаємодії наразі досліджується обмеженим колом українських і європейських географів та ландшафтознавців. Ученими доведено, що будівельні роботи негативно впливають не тільки на ґрунт та рослинність, але й на всю систему екологічних зв'язків в ландшафтних комплексах.

Проблематика дослідження впливу будівельної діяльності на структурно-функціональні зв'язки між компонентами ландшафту безпосередньо пов'язана з уточненням базового поняття «ландшафт» у сучасній науковій традиції. У науковій літературі існує низка підходів до його визначення, що відображають різні школи та методологічні орієнтири у географії та екології.

В українській ландшафтознавчій школі М.Д.Гродзинський розглядає ландшафт як генетично цілісний природно-територіальний комплекс, сформований у процесі тривалої взаємодії літогенних, біотичних та антропогенних чинників, що характеризується внутрішньою системністю та ієрархічною організацією [2]. Німецький географ С. Troll один із основоположників ландшафтно́ї теорії у класичному термінологічному дослідженні визначає ландшафт як просторово виражену єдність біотичних та абіотичних процесів, що підлягає інтегрованому гео-

графічному опису. Саме цей підхід поклав початок ландшафтній екології (Landschaftsökologie) як цілісній дослідницькій галузі [25].

Американські географи визначили ландшафт як морфологічну форму, що виникає унаслідок взаємодії природних і людських сил [26]. В подальшому цю ідею було розвинуто та запропоновано трактувати ландшафт як мозаїку екосистем, що функціонують у межах просторової структури, перебувають у динамічній взаємодії та змінюються під впливом природних і антропогенних факторів [27]. Цікаве визначення запропонував британський археолог і географ G. Bailey, який вважав, що *ландшафт* – це просторове середовище, яке відображає історію взаємодії природних та антропогенних процесів і може бути прочитане як історичний запис [28].

Таким чином, у сучасній географії поняття «ландшафт» має багатовимірне трактування: від класичного системного до антропоцентричного та прикладного. Це дозволяє всебічно аналізувати трансформаційні процеси, зокрема ті, що зумовлені будівельною діяльністю.

Сутність структурно-функціональних зв'язків ландшафту полягає у взаємодії між його компонентами – літогенною основою, рельєфом, ґрунтовим покривом, водними системами, біотою та антропогенними елементами, які забезпечують цілісність і стійкість природно-територіального комплексу [29]. Структурний аспект відображає просторову організацію ландшафту, тобто взаємне розташування його компонентів, морфологічних одиниць і меж. Функціональний аспект охоплює обмін енергією, речовиною та інформацією між компонентами, що визначає здатність геосистеми до саморегуляції й підтримання екологічної рівноваги. Ще у 1970-х роках, французький географ-ландшафтознавець G. Bertrand підкреслював, що структурно-функціональні зв'язки забезпечують стійкість геосистем до зовнішніх впливів, а їх порушення призводить до каскадних змін – від деградації ґрунтів і зменшення водоутримуючої здатності до втрати біорізноманіття та зниження продуктивності екосистем [30].

У контексті цього дослідження особливого значення набуває проблема класифікації компонентів ландшафту. У географічній науці ландшафт розглядається як цілісна система, що складається з елементів, кожен з яких «репрезентує» певну геосферу географічної оболонки. Такі елементи прийнято визначати як природні географічні компоненти, до яких слід відносити – атмосферні маси, ґрунти, земну кору, гідросферу та біоту. Однак, класифікація компонентів ландшафту є складною й досі недостатньо опрацьованою проблемою, оскільки принципи її побудови можуть різнитися залежно від обраних критеріїв, на яких ґрунтується об'єднання або структурування компонентів у певні групи.

В українській географічній традиції природні компоненти ландшафту класифікують як основні, але компонентний склад ландшафту включає й специфічні складові – це насамперед клімат і рельєф. Базова схема поділу ландшафтних компонентів на основні та специфічні була запропонована доктором географічних наук А. В. П'ятковою та проілюстрована на рис. 1. У європейській ландшафтознавчій практиці застосовується також класифікація компонентів за їхніми динамічними властивостями. Вперше такий підхід був запропонований латвійським географом А. А. Крауклісом, який здійснив ієрархічно-структурний поділ компонентів ландшафту на мобільні, активні, а також інертні відповідно до їхніх функцій у структурі й динаміці геосистем.

У даному дослідженні також дотримано ідеї ієрархічно-функціонального поділу компонентів ландшафту. Ієрархічна класифікація компонентів ландшафту з урахуванням їхніх функцій у геосистемі уточнена у структурній схемі на рис. 2. Такий підхід не лише систематизує характеристики складових ландшафту, а й формує методологічне підґрунтя з метою подальших ландшафтознавчих досліджень у географії та геоекології.

Аналізуючи представлену на рис. 2 ієрархічну класифікацію компонентів ландшафту, очевидним є те, що серед їхнього переліку недостатньо дослідженими й надалі залишаються інертні компоненти. Сучасна географічна галузь володіє достатньою кількістю матеріалів стосовно мобільних та активних компонентів ландшафту, але в частині впливу будівельної діяльності на ґрунти, земну кору та рельєф, все ще потребують значних системних досліджень.

Потрібно врахувати те, що в місцях промислової забудови поступово утворюються техногенні ланд-

шафти, котрі успадковують лише геологічну (літогенну) основу і частково окремі риси рельєфу.

У сучасній будівельній практиці спостерігається тенденція до активного впровадження інноваційних технологій, що забезпечують не лише прискорення темпів зведення об'єктів, а й оптимізацію використання ресурсів та сировини. Подібна динаміка зумовлена потребою у швидкому розв'язанні критично важливих завдань, зокрема оперативної відбудови та реконструкції інфраструктури й житлового фонду, пошкоджених унаслідок воєнних дій на території України. Значний науковий інтерес спрямований на удосконалення будівельних матеріалів та розробку новітніх методів будівництва, серед яких – модульні споруди, швидкокомтовані будівлі (ШМБ) та prefab-рішення, що довели свою ефективність у практиці швидкого відновлення. Дослідники у сфері будівництва також акцентують увагу на застосуванні цифрових технологій (BIM-моделювання, GIS-аналіз, автоматизовані системи моніторингу) у процесі реконструкції, які дозволяють підвищити точність проєктних рішень та скоротити часові витрати [32].

Саме тому в межах даного дослідження проведено оцінку можливого впливу будівництва модульних і швидкокомтованих будівель на живі, інертні і частково на мобільні компоненти ландшафту. Проведено структурний, порівняльний аналіз наслідків зведення таких об'єктів за умов використання різних типів фундаментів. Модульні споруди та ШМБ розглядаються як сучасні збірні будівлі високого ступеня заводської готовності, що опираються на полегшені фундаменти. Основним конструктивним елементом таких будівель є несучий каркас, який заповнюється огорожуючими конструкціями високої енергоефек-

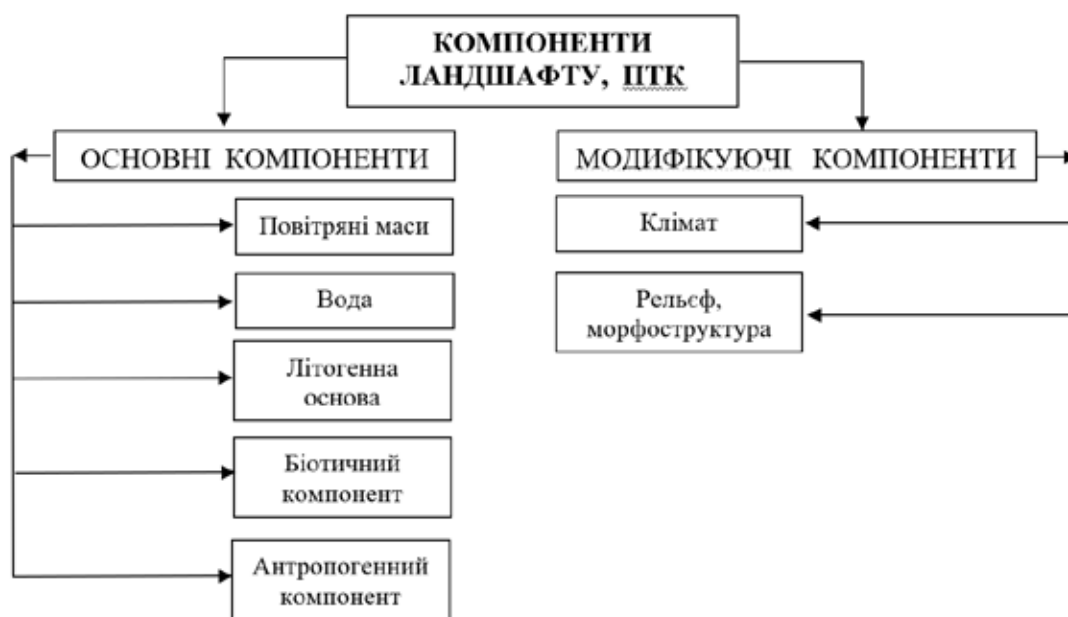


Рис. 1. Компонентний склад ландшафту [31]

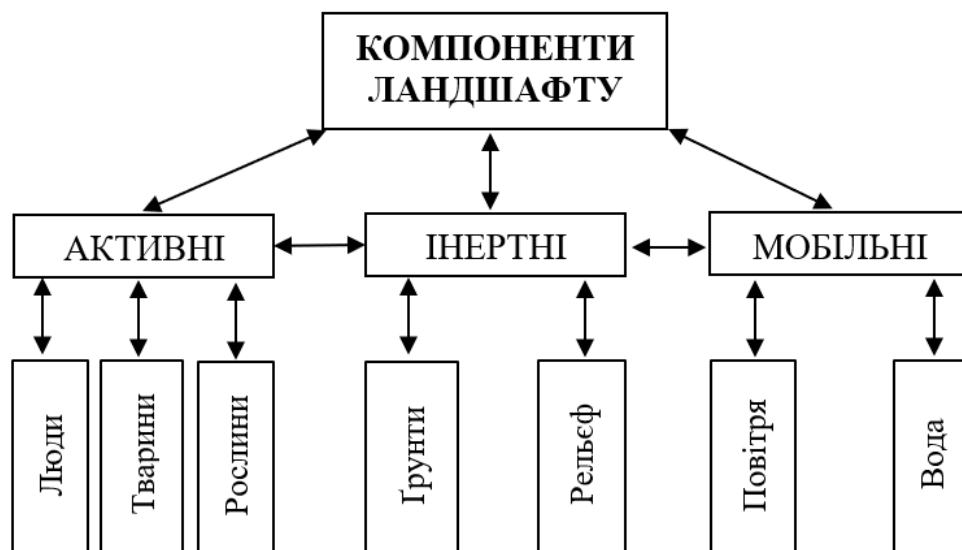


Рис. 2. Ієрархічна класифікація компонентів ландшафту [29]

тивності (сендвіч-панелі, мінераловатні набірні утеплювачі). Несучий каркас ШМБ, як правило, складається з уніфікованих полегшених металевих або бетонних самонесучих елементів, а у деяких випадках – з їх комбінованих варіантів.

Однак, масове застосування нових технологій можливе лише після ґрунтовної оцінки їхньої ефективності та екологічної безпечності, зокрема у контексті системи «людина – довкілля» [33]. Такий підхід відповідає принципам сталого просторового розвитку та екологічно орієнтованого планування, що інтегрує вимоги як національних стратегій, так і міжнародних екологічних стандартів.

Оцінка впливу на інертні компоненти ландшафту. У процесі будівельної діяльності, в зоні будівництва, зазвичай відбувається поступова трансформація мезорельєфу, зумовлена вирівнюванням будівельних майданчиків та прокладанням під'їзних шляхів шляхом зрізування підвищень або засипання ерозійних форм рельєфу.

Робота спеціалізованої будівельної та автомобільної техніки на майданчику, включаючи її маневрування та повторні переміщення, супроводжується значними механічними навантаженнями на ґрунтовий покрив. Це спричиняє порушення природної структури ґрунту, його ущільнення та зменшення пористості, що істотно змінює водно-повітряний режим і біологічну активність ґрунтів. Такі процеси призводять до зміни окисно-відновних умов у ландшафті, яка проявляється у просторовому та часовому вимірах, погіршуючи екологічних функцій інертних компонентів та зниження стійкості природно-територіальних комплексів.

В даній роботі дослідження виконувались на ґрунтах з різними механічними властивостями. Як модельний приклад було прийнято можливі навантаження від автосамоскида марки MAN із спорядже-

ною масою 62 т, шириною шин 385 мм і швидкістю руху 20 км/год. Отримані результати засвідчили, що ґрунти з нижчими механічними властивостями зазнають більш інтенсивного ущільнення під дією навантажень, ніж ґрунти з відносно вищими механічними показниками. Особливо негативний ефект зафіксовано на чорноземах, де виявляється швидка втрата пористості та зниження фільтраційної здатності верхніх горизонтів. Це, у свою чергу, призводить до погіршення екологічних функцій ґрунтового покриву та порушення структурно-функціональних взаємозв'язків у межах ПТК.

Оцінка впливу на мобільні компоненти ландшафту. Процес будівництва модульних споруд та сучасних ШМБ максимальної заводської готовності не передбачає зварювальних та фарбувальних робіт, оскільки металеві елементи каркасу, як правило, мають оцинковане покриття і монтуються за допомогою болтових з'єднань в готові отвори, що виконані заводі виробнику. Таким чином, утворення викидів шкідливих речовин, характерних для зварювальних і фарбувальних процесів, що наведені у табл. 1, за умови дотримання регламентованого будівельного процесу можна уникнути, що істотно знижує рівень техногенного навантаження на повітряне середовище.

Єдиним площинним джерелом негативного впливу на повітряне середовище в період виконання БМР є викиди від експлуатації автомобільної будівельної техніки та механізмів. У результаті їх роботи, в атмосферу викидаються характерні для вихлопних газів речовини, зокрема: діоксид азоту, оксид вуглецю, сірчистий ангідрид, тверді частинки (сажа) та леткі вуглеводні.

Вплив на водний режим в період зведення вищевказаних будівель та споруд зумовлений певною потребою у воді для господарсько-побутового забез-

Таблиця 1

Забруднюючі речовини, що утворюються в процесі виконання зварювальних і фарбувальних робіт

Забруднююча речовина	Хімічна формула	ГДК, мг/м ³	Клас небезпеки
Оксиди заліза	FeO, Fe ₂ O ₃	0,04	2
Марганець та його оксиди	MnO, MnO ₂	0,01	2
Бутилацетат	C ₆ H ₁₂ O ₂	0,1	4
Толуол	C ₆ H ₅ CH ₃	0,6	3
Етанол	C ₂ H ₅ OH	1,0	4
Ацетон	(CH ₃) ₂ CO	0,35	4
Бутанол	C ₄ H ₉ OH	1,0	4

печення будівельників. Такі витрати водних ресурсів забезпечуються за рахунок привозної питної та технічної води і належать до безповоротних страт тому в об'єми водовідведення не включаються. Організація виконання будівельно-монтажних робіт передбачає облаштування на будівельних майданчиках біотуалетів, що виключає потрапляння фекальних стоків у водне середовище та ґрунтовий покрив. Подальше знешкодження зазначених стоків здійснюється спеціалізованими підприємствами відповідно до чинних угод і нормативних вимог [34]. Однак, в результаті будівництва спостерігається вплив на гідрологічний режим спричинений механічним ущільненнями ґрунтів.

Оцінка впливу на активні компоненти ландшафту. Будівництво модульних споруд та швидко-монтажних будівель відзначається нижчим рівнем деструктивного впливу на біотичні компоненти ландшафту порівняно з традиційними технологіями. Скорочений цикл робіт зменшує тривалість антропогенного тиску на екосистеми.

Біота зазнає переважно непрямих змін: рослинність пригнічується через пошкодження ґрунту та порушення водного режиму, фауна – внаслідок розриву трофічних ланцюгів, дезорієнтації міграцій і зниження чисельності деяких чутливих видів.

Менші обсяги земляних робіт і бетонування та відсутність етапу зварювання знижують масштаби негативного впливу. Вплив не усувається повністю, проте залишається менш інтенсивним і короткотривалим порівняно з класичними методами будівництва.

Особливо вразливими до таких втручань є ландшафти, сформовані на високогумусних чорноземах. У межах таких територіальних комплексів трансформація водного режиму та підвищена схильність ґрунтів до ущільнення, зумовлена їхніми низькими механічними властивостями, що в свою чергу сприяє розвитку ерозійних процесів, утворенню обвалів і деградації схилів. На ділянках із надмірним ущільненням ґрунтів можливе формування заболочених ділянок, за умови інтенсивного дощового режиму

та недостатнього дренажування у верхніх ґрунтових шарах. Подібні трансформації не лише порушують природну рівновагу, але й спричиняють тривале порушення зв'язків між інертними та живими компонентами ландшафтів.

Головні висновки. Проведене дослідження засвідчило, що будівельна діяльність виступає одним із провідних антропогенних чинників трансформації природно-територіальних комплексів, що зумовлює деструкцію їхніх інертних, мобільних та компонентів. Встановлено, що ґрунти, геологічна основа та рельєф залишаються найбільш уразливими елементами ландшафтно-структури, оскільки саме вони першими реагують на механічний вплив будівельної техніки, ущільнення та запечаткування поверхні, що призводить до зниження фільтраційної здатності, погіршення водно-повітряного режиму та активізації ерозійних процесів. Окрему роль відіграють мобільні компоненти, зокрема атмосфера та гідросфера, на які впливають викиди будівельної техніки та трансформація інфільтраційно-дренажних властивостей ґрунтів. Біотичні компоненти реагують пригніченням рослинного покриву, зменшенням доступності вологи, дестабілізацією трофічних зв'язків і скороченням чисельності видів, чутливих до шумового та вібраційного навантаження.

Доведено, що застосування модульних і швидко-монтажних металокаркасних будівель з високим ступенем заводської готовності дає змогу суттєво знизити інтенсивність і тривалість впливу на природні системи, оскільки скорочується період будівельних робіт, зменшуються обсяги земляних робіт, відсутня потреба у тривалому бетонуванні та зварювальних процесах, що значно зменшує рівень техногенного навантаження. Проте, навіть за таких умов вплив на ландшафтні комплекси не усувається повністю, що зумовлює необхідність подальших комплексних досліджень та розроблення системи моніторингу й адаптивних природоохоронних заходів, спрямованих на збереження екологічної стійкості територій у процесі відновлення та розвитку.

Перспективи використання результатів дослідження. Отримані дані становлять основу для вдосконалення процедур оцінки впливу на навколишнє середовище та стратегічної екологічної оцінки у будівельній галузі, що відповідає вимогам Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» та положенням Європейської ландшафтно-ї конвенції. Результати дослідження можуть бути застосовані для формування науково обґрунтованих критеріїв при виборі технологій будівництва модульних та швидкокомонтованих споруд з урахуванням їх впливу на структурно-функціональні зв'язки компонентів ПТК.

Практичне значення дослідження полягає у можливості використання його результатів у процесі ре-

лізації програм післявоєнного відновлення, зокрема «Плану відновлення України» (Ukraine Recovery Plan), де передбачено необхідність екологічно збалансованої реконструкції промислової, житлової та транспортної інфраструктури. Результати можуть бути інтегровані з діяльністю Європейського агентства з довкілля ЕЕА в частині досягнення цілей політики «No Net Land Take» до 2050 року.

Крім того, результати дослідження створюють перспективу для подальших міждисциплінарних наукових пошуків у сферах ландшафтно-ї екології, гео-екології, ґрунтознавства та конструктивної географії, а також можуть бути використані у навчальному процесі для підготовки фахівців з екології, наук про Землю та містобудування.

Література

1. Sonko S. Man in Noosphere: Evolution and Further Development. *Philosophy and Cosmology. The Academic Journal*. 2019. Vol. 22. P.51–75. Kyiv, DOI: <https://doi.org/10.29202/phil-cosm/22/5>
2. Гродзинський, М. Д. Еволюція ландшафтів України: ландшафтознавчо-географічний вимір проблеми: монографія. Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2023, 432 с.
3. R. T. T. Forman, R. D. Deblinger. The Ecological Road-Effect Zone of a Massachusetts (U.S.A.) Suburban Highway. *Conservation Biology*. 2000; Vol. 14, No. 1, P. 36–46. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.99088.x>
4. R. T. T. Forman, L. E. Alexander. Roads and Their Major Ecological Effects. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 1998; Vol. 29, P. 207–231. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.29.1.207>
5. N. M. Haddad, L. A. Brudvig, J. Clobert, et al. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems // *Science Advances*. 2015; Vol. 1, e1500052. DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500052>
6. Уряд України; World Bank Group; Європейська комісія; Організація Об'єднаних Націй. Ukraine – Fourth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA4): February 2022 – December 2024. URL: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099022025114040022/pdf/P180174-ca39eccd-ea67-4bd8-b537-ff73a675a0a8.pdf> (дата звернення: 03.10.2025).
7. Andrienko D.; Goriunov D.; Grudova V.; Markuts J.; Marshalok T.; Neyter R.; Piddubnyi I.; Studennikova I.; Topolskov D. Report on Damages to Infrastructure from the Destruction Caused by Russia's Military Aggression Against Ukraine as of November 2024. – Kyiv: KSE Institute. URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2025/02/KSE_Damages_Report-November-2024---ENG.pdf (дата звернення: 03.10.2025).
8. European Environment Agency. Net land take in cities and commuting zones in Europe. 8th EAP Indicator. 2023. URL: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/net-land-take-in-cities> (дата звернення: 03.10.2025p).
9. Grodzynski, Mykhailo. Landscape science in Ukraine: The current state and trends. *Czasopismo Geograficzne*, 2022; Vol. 93, No. 3. P. 399–416. DOI: <https://doi.org/10.12657/czageo-93-15>
10. A. T. H. Keeley, P. Beier, J. S. Jenness, Connectivity metrics for conservation planning and monitoring. *Biological Conservation*. 2021; Vol. 255, (109008). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109008>
11. T. Hiura, H. Okada, C. Terada, et al. Effects of soil compaction on above- and belowground interactions during the early stage of forest development. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2024; Vol. 102, (128565). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128565>
12. M. Asif, M. F. Nawaz, I. Ahmad, et al. Detrimental effects of induced soil compaction on morphological adaptation and physiological plasticity of selected multipurpose tree species. *Plants (Basel)*. 2023; Vol. 12, No. 13. Article 2468. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12132468>.
13. B. Zhang, Y. Li, J. Wang, X. Chen, et al. Soil compaction due to machinery impact: a review. *Land Degradation & Development*. 2024; Vol. 35, No. 10. DOI: <https://doi.org/10.1002/ldr.5144>.
14. M. Navarro-Leblond, D. Moreno-Mateos, P. Pérez-Cutillas, et al. Soil sealing and hydrological changes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021; Vol. 18, Article. 9511. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18189511>.
15. Denysyk, H, et al. Anthropogenic landscapes of Ukraine and their reconstruction. *Czasopismo Geograficzne*. 2022, Vol. 93, No. 3. P. 417–433. DOI: <https://doi.org/10.12657/czageo-93-16>
16. Борис Я., Телегуз О. Властивості екраноземів міста Львова. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. 2023. Вип. 1. С. 116–127. DOI: <https://doi.org/10.30970/gpc.2023.1.3950>
17. Максименко Н. В., Клещ А. А., Квартенко Р. О. Територіальна організація регіональної екологічної мережі Харківської області на ландшафтній основі: монографія. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2022. 200 с.
18. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року : Закон України від 28 лютого 2019 р. № 2697-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2697-19> (дата звернення: 03.10.2025).
19. Про затвердження Державної стратегії регіонального розвитку на 2021–2027 роки : Постанова від 05 серпня 2020 № 695. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/695-2020-%D0%BF> (дата звернення: 03.10.2025).
20. Про оцінку впливу на довкілля : Закон України від 23 квітня 2017 № 2059-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2059-19> (дата звернення: 03.10.2025).

21. Про стратегічну екологічну оцінку : Закон України від 20 березня 2018 № 2354-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2354-19> (дата звернення: 03.10.2025).
22. Council of Europe. European Landscape Convention. *Florence, 2000*: веб-сайт. URL: <https://www.coe.int/en/web/landscape/the-european-landscape-convention> (дата звернення: 03.10.2025).
23. Ukraine Recovery Conference. Ukraine Recovery Plan. *Lugano, 2022*: веб-сайт. URL: <https://recovery.gov.ua> (дата звернення: 03.10.2025).
24. FAO. Urbanisation and soil sealing. Rome: *Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022*, No. 5. URL: <https://openknowledge.fao.org/bitstreams/8f842c13-0473-4ec6-b4a9-0fb7a6c89906/download> (дата звернення: 03.10.2025).
25. C. Troll. Landscape ecology (geoecology) and biogeocenology – A terminological study. *Geoforum*. 1971; Vol. 8, No. 1, P. 43–46. DOI: [https://doi.org/10.1016/0016-7185\(71\)90029-7](https://doi.org/10.1016/0016-7185(71)90029-7)
26. C. O. Sauer. The morphology of landscape. *University of California Publications in Geography*, 1925; Vol. 2, No. 2, P. 296–315. URL: <https://www.scribd.com/doc/256866389/Sauer-1925-Morphology-of-Landscape> (дата звернення: 03.10.2025).
27. R. T. T. Forman, M. Godron. Landscape Ecology. New York: Wiley, 1986; P. 619 URL: <https://www.wiley.com/en-us/Landscape+Ecology-p-9780471870371> (дата звернення: 03.10.2025).
28. Bailey G. Time perspectives, palimpsests and the archaeology of time. *Journal of Anthropological Archaeology*. 2007; Vol. 26, No. 2, P. 198–223. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2006.08.002>
29. Сонько С. П., Зеленчук І. Д. Вплив будівництва на ландшафти лісостепової зони України. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2024. Вип. 42. С. 24–34. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2024-42-02>
30. G. Bertrand. Le paysage entre la Nature et la Société. *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*. 1978; Vol. 49, No. 2, P. 239–258. DOI: <https://doi.org/10.3406/rggpso.1978.3552>
31. П'яткова А., Роскос Н., Ландшафтознавство: прикладні аспекти. Навчально-методичний посібник. Одеса: ОНУ імені І. І. Мечникова, 2020. С. 122.
32. Як prefab-рішення допоможуть швидко відбудувати Україну. *Metinvest Media*. веб-сайт. URL: <https://metinvest.media/ua/page/yak-prefab-rshennya-dopomozhut-shvidko-vdbuduvati-ukranu> (дата звернення: 03.10.2025).
33. Сонько С.П., Максименко Н. В. Про «природність» та «антропогенність» ландшафтотворення. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології. Сучасні географічні та екологічні дослідження довкілля*. 2016. Вип. 25. С. 9–13. Режим доступу: URL: https://journals.urau.ua/ludina_dov/article/view/76759 (дата звернення: 03.10.2025).
34. Сонько С. П., Зеленчук І. Д. Використання новітніх технологій у будівництві для зменшення шкідливого впливу на інертні компоненти ландшафту. *Проблеми безперервної географічної освіти і картографії*. 2022. Вип. 35. С. 32–38. DOI: <https://doi.org/10.26565/2075-1893-2022-35-04>

Дата першого надходження рукопису до видання: 06.10.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 21.11.2025

Дата публікації: 15.12.2025