

УДК 504.4

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.4-49.7>

## ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ДОЩОВИХ СТІЧНИХ ВОД НА ДИТЯЧИХ ІГРОВИХ МАЙДАНЧИКАХ М. ХАРКІВ

Шестопапов О.В., Тихомирова Т.С., Стаднік В.Ю.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

вул. Кирпичова, 2, 61002, м. Харків

niki.stadnik2610@gmail.com

У роботі представлено результати дослідження впливу дощових стічних вод на забруднення території та ріст й розвиток рослинності на дитячих ігрових майданчиках на прикладі м. Харків. Встановлено, що через відсутність комунікацій для відведення зливових вод, відсутність бордюрів і нерівність поверхонь тротуарів та автомобільних доріг дощові стоки потрапляють і накопичуються на територіях дитячих ігрових майданчиків. За результатами обстеження дана проблема характерна для понад 26% усіх наявних у місті майданчиків. Ускладнює ситуацію те, що найбільш розповсюдженим типом покриття є ґрунтове покриття, яке в процесі експлуатації ущільнюється, що впливає на водопроникність ґрунту, і як наслідок, вода застоюється на майданчику, навколо обладнання утворюються калюжі, забруднена вода потрапляє у пісочниці. В роботі використовувались наступні методи досліджень: колориметричний, гравіметричний, флуориметричний, титриметричний, потенціометричний, біоіндикації та натурний. Вибір проб проводився після інтенсивного короткочасного дощу на дитячих майданчиках, які розташовано в межах багатоповислової забудови, у приватному секторі, на території парку, на території установи та на майданчику при облаштуванні якого дотримані всі вимоги згідно нормативних документів. Показники зразку дощового стоку з майданчика, що відповідає вимогам близькі за значеннями до зразку стоку з майданчика розташованого у міському парку. За концентрацією азоту амонійного та нітратного і фосфору переважає майданчик, який розташовано у приватному секторі, що може бути пов'язаним з використанням добрив. Найвищі показники концентрації нафтопродуктів характерні для майданчиків, які розташовано вздовж автодоріг з інтенсивним рухом транспорту – майданчик на території організації та багатоквартирної забудови. За показниками рН дощовий стік з майданчиків багатоквартирної забудови та установи характеризується як слаболужний. Методами біоіндикації та натурних спостережень доведено, що забруднені зливної води мають негативний вплив на розвиток рослин, що, як наслідок, впливає на захисні функції зелених насаджень. *Ключові слова:* поверхневий стік, дощові стічні води, урбанізована територія, дитячий майданчик, хімічний аналіз, екологічна безпека, озеленення, біоіндикація.

**Ecological assessment of stormwater chemical composition runoff from playgrounds in Kharkiv. Shestopalov O., Tykomyrova T., Stadnik V.**

The rainwater impact on territory pollution, growth and development of vegetation on children's playgrounds in Kharkiv are given in this paper. It has been established that due to the lack of stormwater drainage communications, the curbs absence and sidewalks and roads uneven surfaces, rainwater runoff enters and accumulates on children's playgrounds. According to the survey, this problem is typical for more than 26% of all playgrounds in the city. The situation is complicated by the fact that the most common surface type is soil, which is compacted during operation, affecting the permeability of the soil, and as a result, water stagnates on the playground, puddles form around the equipment, and contaminated water gets into the sandboxes. The following research methods were used in the study: colorimetric, gravimetric, fluorimetric, titrimetric, potentiometric, bioindication, and field research. Sampling was carried out after intense short-term rain on playgrounds located within multi-storey buildings, in the private sector, in a park, on the territory of an institution, and on a playground that met all the requirements of regulatory documents. Contaminations in rainwater runoff from the playground that meets the requirements are similar to the contaminations in rainwater runoff from the playground located in a city park. The concentration of ammonium nitrogen, nitrate nitrogen, and phosphorus is dominated by the playground located in the private sector, which may be due to the use of fertilizers. The highest concentrations of petroleum products are typical for playground located along roads with heavy traffic – the playground on the territory of an institution and apartment buildings. pH level in the stormwater runoff from the sites of apartment buildings and the institution is characterized as slightly alkaline. The methods of bioindication and field observations have proven that polluted stormwater has a negative impact on plant development, which, as a result, affects the protective functions of green spaces. *Key words:* surface runoff, stormwater runoff, urbanized area, playground, chemical analysis, environmental safety, greening, bioindication.

**Постановка проблеми.** Процес розвитку сучасних міст збільшує рівень антропогенного навантаження на урбоєкосистеми, в тому числі має вплив на стан поверхневих та підземних вод. Хімічний склад талої води та дощового стоку в умовах міського середовища в певній мірі характеризує екологічний стан міста в цілому, а також окремих його об'єктів. Значна кількість дитячих майданчиків (ДМ) великих міст України розташована поблизу автодоріг з інтен-

сивним рухом транспорту, поблизу автостоянок, підприємств та інших об'єктів, які є джерелом забруднення навколишнього середовища [1]. З обстежених 3095 дитячих ігрових майданчиків м. Харків понад чверть (26,07 %) розташовано та облаштовано так, що зливовий стік потрапляє на їх території. Серед основних причин можна виділити: відсутність комунікацій для відведення води, відсутність бордюрів на дорогах та тротуарах, наявність куту нахилу

або перепадів між дорогою (або тротуаром) та ДМ. Мінеральні та органічні суміші природного та техногенного походжень разом із дощовим стоком, або в результаті танення снігу накопичуються на території ДМ, в тому числі у пісочниці.

Метою роботи є екологічна оцінка хімічного складу зливових вод на дитячих ігрових майданчиках м. Харків та дослідження реакції рослин на дощову воду з різним хімічним складом.

**Актуальність дослідження.** Дослідження екологічного стану дитячих майданчиків, як об'єктів урбоєкосистем, включає комплекс показників: забруднення атмосферного повітря [2, 3], забруднення ґрунтового покриву [4], рівень шумового забруднення [5], стан зелених насаджень [6, 7], не виключенням є й показник забруднення дощового стоку та талої води. Дослідження хімічного складу дощового стоку на дитячих ігрових майданчиках дозволяють оцінити поточний стан екологічної безпеки дитячих майданчиків та виявити потенційну небезпеку та ризики для здоров'я дітей, проаналізувати вплив зливових вод на рослинність, яка виконує захисну функцію на майданчиках.

**Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями.** Робота пов'язана з вирішенням завдань, що наведені у Водній стратегії України на період до 2050 року, а саме у пункті 24, де одним із критеріїв є впровадження до 2027 року моніторингу зливових (дощових) вод у містах з населенням понад 200 тисяч осіб [8].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** До джерел дощового стоку відносяться всі атмосферні опади (дощ, сніг, град та ін.). За хімічним складом опади відповідають нормативам поверхневих вод, але в умовах міського середовища, хімічний склад дощового стоку змінюється [9–11]. Основними забруднюючими речовинами дощового стоку є продукти ерозії ґрунту, які змиваються з газонів та відкритих ґрунтових поверхонь; пил; сміття; компоненти дорожніх покриттів; компоненти будівельних матеріалів, що зберігаються на відкритих складських майданчиках; нафтопродукти; синтетичні поверхнево-активні речовини; бактерійні забруднення, що поступають у поверхневий стік при поганому санітарно-технічному стані території і каналізаційних мереж та ін. [12].

Аналіз хімічного складу дощового стоку проводився для окремих міст України з метою визначення рівня навантаження на водні джерела [13–15], проте дослідження впливу зливових стоків на екологічну ситуацію окремих об'єктів раніше не проводилося.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Стаття присвячується вирішенню питань забруднення дитячих ігрових майданчиків хімічними речовинами, що потрапляють на їх територію із дощовим стоком під час опадів.

**Новизна.** Вперше проведено оцінку хімічного складу дощового стоку на дитячих ігрових майданчиках урбанізованих територій з метою дослідження поточного екологічного стану об'єктів.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Дослідження дощового стоку на дитячих майданчиках урбанізованої території дозволяє оцінити вплив стоку води на навколишнє середовище, у тому числі на ґрунти та водні системи. Визначення рівня забруднення та кількості хімічних речовин у дощовій воді дозволить розробити заходи для запобігання забруднення та захисту навколишнього середовища.

**Виклад основного матеріалу.** Відбір проб дощового стоку проводився в квітні 2021 року після випадіння короткочасних, але дуже інтенсивних опадів на дитячих ігрових майданчиках м. Харків які розташовано:

- 1) в спальному районі міста (багатоквартирна забудова) поблизу автодороги з інтенсивним рухом транспортних засобів;
- 2) у межах приватного сектору;
- 3) на території міського парку;
- 4) на території установи з вільним доступом для мешканців;
- 5) в межах групи багатоквартирних будинків із дотриманням всіх вимог згідно [16, 17] (табл. 1).

Території обраних ДМ мають подібні характеристики складу і властивостей ґрунтів, природних вод і рослинного покриву. Проте якщо порівнювати особливості накопичення та відведення дощового стоку у районах багатоквартирної забудови та у приватному секторі можна виділити наступні відмінності:

- 1) у приватному секторі переважна більшість ділянок землі з природним ґрунтом, який має більш високу проникність, ніж штучні покриття в межах багатоповерхової забудови, що дозволяє дощовій воді проникати крізь ґрунт.
- 2) у приватному секторі менш розвинена система стічної інфраструктури порівняно з районами багатоквартирної забудови. Відсутність зливових стоків, каналізаційних систем та дренажних колекторів може призводити до того, що дощова вода збирається на ділянках або стікає у невідповідні місця, в тому числі і на території ДМ, які у приватному секторі розташовано хаотично із порушенням вимог.

Ще однією причиною накопичення дощового стоку на території ДМ, яка властива для як приватної, так і багатоквартирної забудови – ґрунтове покриття з дикорослими травами, яке є найбільш розповсюдженим. В процесі гри та експлуатації обладнання ущільнюється ґрунт та утворюються нерівності у яких накопичується вода як з самого майданчика, так і з тротуарів, доріг та автостоянок (за відсутності бордюрів) [18].

Хімічний аналіз пріоритетних забруднюючих речовин у пробах дощового стоку проводився із застосуванням наступних методів: колориметричного, гравіметричного, флуориметричного, титриметричного та потенціометричного.

Таблиця 1

## Характеристика місць відбору проб дощового стоку

№	Місце відбору	Характеристика місця розташування	Адреса
1	Багатоквартирна забудова	На відстані < 20 м від дороги з інтенсивним рухом автотранспорту, < 10 м від внутрішньоквартального проїзду, < 30 м від колій трамваю	просп. Перемоги, 64
2	Приватний сектор	На перехресті змішаного типу. Відстань до автодоріг < 5 м	1-й Омський пров, 446
3	Міський парк	На території парку відстань до автодоріг понад 50 м	Центральний парк культури і відпочинку
4	Територія установи	На відстані ~10 м від автодороги з інтенсивним рухом транспорту та < 10 м до стихійної парковки	просп. Ювілейний, 456
5	Багатоквартирна забудова (з дотриманням вимог)	На відстані > 20 м до внутрішньоквартальних проїздів, стоянки автомобілів та місць накопичення ТПВ	вул. Архітекторів, 32

Таблиця 2

## Середня концентрація забруднюючих речовин в дощовому стоці на досліджуваних майданчиках, мг/л

Показники	Місця відбору проб				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Азот амонійний	1,7	1,8	0,35	1,55	0,37
Азот нітратний	0,51	0,64	0,1	0,47	0,14
Азот нітритний	0,32	0,24	0,16	0,31	0,13
Фосфор	0,31	0,6	0,11	0,4	0,18
Зважені речовини	587	913	213	629	287
Нафтопродукти	3,7	1,6	0,5	4,1	0,6
БСК <sub>5</sub> мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	71	26	24	64	26

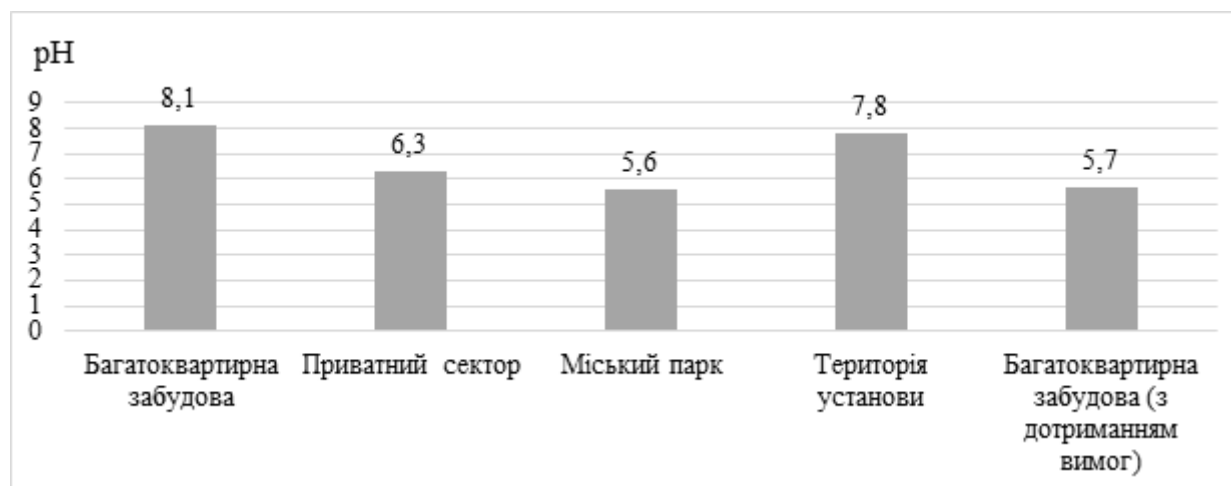


Рис. 1. Показник рН на досліджуваних дитячих майданчиках

Колориметричний метод використовувався для визначення концентрації амонійного азоту у зразках дощового стоку з дитячих ігрових майданчиків. Гравіметричним методом визначалася концентрація зважених речовин, флуориметричним – концентрація нафтопродуктів у досліджуваних зразках. Титриметричний метод використовувався для визна-

чення БСК<sub>5</sub> (біохімічне споживання кисню), цей показник характеризує вміст розчинної органічної речовини в стоці. Результати досліджень представлено у табл. 2.

Показник рН визначався потенціометричним методом, результати представлено на рис. 1.

Лабораторні дослідження проводились на кафедрі хімічної техніки та промислової еко-

логії Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (ХТІПЕ НТУ «ХПІ»).

Показники зразку дощового стоку з ДМ, що відповідає вимогам близькі за значеннями до зразку стоку з ДМ розташованого у міському парку.

У досліджуваних зразках стоку з трьох досліджуваних форм азоту переважав амонійний азот, що свідчить про слабо протікаючі процеси окиснення.

Вміст фосфору у дощових водах ДМ приватного сектору помітно вищий, в порівнянні з об'єктами щільної забудови, що може свідчити про використання фосфатних добрив, які з часом вимиваються з ґрунту. На території багатопверхової забудови на вміст фосфору в дощовому стоці впливає щільність населення та інтенсивність руху транспортних засобів.

Основним джерелом надходження нафтопродуктів у дощовий стік є автомобільні дороги з та стоянки автомобілів, що підтверджується результатами проведених досліджень.

Велика кількість зважених речовин на майданчиках пояснюється зливом піску з негерметичних пісочниць, на яких відсутні кришки, а також пиловими частинками з автодоріг та з покриття самого майданчика.

Показник рН дощового стоку ДМ міського парку, приватного сектору та майданчика, що відповідає вимогам характеризується як нейтральний, а для територій багатоквартирної забудови та установи – слаболужний.

Оцінка впливу дощового стоку рослини проводилась методом біоіндикації з використанням досліджуваних зразків зливових вод. Для проведення досліджень використовувалося насіння тест-рослини, чашки Петрі та ґрунт універсальний. Використання квіткових трав'янистих рослин є перспективним для озеленення ДМ [19], тому в якості тест-рослини використовувалося насіння квіткової трав'янистої рослини *Rudbeckia laciniata* 'Goldquelle' ТМ «Садиба центр».

Перед дослідженням насіння тестувалося на схожість: чашки Петрі на половину наповнювались

універсальним ґрунтом, який зволожували відстоюною водопровідною водою, після чого укладали 30 насінин тест-рослини та покривали ґрунтом, спостереження та догляд проводили протягом 21 дня. Зволоження ґрунту проводили через кожні 3 дні, з 30 насінин зійшло 29 шт. (97%), що дозволило проводити подальший експеримент. Проведення експерименту з дощовою водою проводили аналогічно до тестування на схожість, результати представлено у табл. 3.

Найнижчий показник схожості у насіння тест-рослини для поливу якої використовували воду дощового стоку з ДМ, який розташовано в зоні багатоквартирної забудови, вздовж дороги з інтенсивним рухом транспорту.

Натурним методом на дитячих майданчиках які розташовано в зонах багатоквартирної забудови та у приватному секторі було досліджено вплив дощового стоку з різним хімічним складом на розвиток трав'янистих рослин *Rudbeckia laciniata* 'Goldquelle', які використовуються для озеленення ДМ.

В березні 2021 року насіння висаджували в ящики для розсади, полив проводили кожні 3 дні відстоюною водопровідною водою, температуру у приміщенні підтримували на рівні +19...+21 °С (рекомендована в діапазоні +18...+25 °С). Висадку у відкритий ґрунт проводили в квітні, на ДМ висаджували по 10 рослин однаковими довжинами стебла на відстані 25 см одна від одної. Оцінка проводилась в липні місяці за такими показниками як: середня довжина стебла та середня площа листя, адже саме ці показники мають значний вплив на захисні функції зелених насаджень [20]. Середня довжина стебла визначалася як середнє арифметичне показників 10-ти рослин на кожному майданчику. Для визначення середньої площі листя з кожної рослини відбиралось по 5 неушкоджених листків з кожної рослини, площа кожного листка вимірювалась за допомогою мобільного додатку Petiole PRO, після отримання 50-ти показників для кожного майданчика, розраховувалось середнє арифметичне (табл. 4).

Найкращі показники характерні для ДМ, який розташовано згідно вимог, найгірші – для ДМ,

Таблиця 3

## Результати дослідження методом біоіндикації

	Місце відбору проб				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Кількість схожих насінин, шт. (%)	19 (63)	22 (73)	28 (93)	20 (67)	28 (93)

Таблиця 4

Результати вимірювання параметрів рослин *Rudbeckia laciniata* 'Goldquelle'

Показник	Місце проведення дослідження		
	№ 1	№ 2	№ 5
Середня довжина стебла, см	58,4	66,21	76,88
Середня площа листя, см <sup>2</sup>	3,87	4,05	4,21

який розташовано поблизу автодороги з інтенсивним рухом транспорту (аналогічно до попередніх досліджень).

**Головні висновки.** Через неякісну систему відведення дощового стоку забруднена вода стікає з автодоріг та тротуарів, накопичується та затримується на ДМ урбанізованих територій, що має негативний вплив на стан екологічної безпеки. Вода з забруднюючими хімічними речовинами, потрапляє у пісочниці, переважна більшість яких не герметична.

Результати хімічного аналізу свідчать про високий рівень забруднення дощового стоку на дитячих ігрових майданчиках м. Харків, які розташовано поблизу автодоріг та стоянок для автомобілів, в порівнянні із досліджуваним майданчиком, який розташовано у міському парку.

Показник рН дощового стоку міського парку дорівнює 5,6, а ДМ розташованого згідно вимог –

5,7, показники рН зливових стічних вод відібраних з ДМ які розташовано в межах багатоквартирної забудови та на території установ дорівнюють 8,1 та 7,8 відповідно, що дозволяє віднести зразки до слаболужних.

Доведено, що хімічний склад зливових вод впливає на проростання, ріст та розвиток рослин які використовуються для озеленення ДМ, що, як наслідок, має вплив на захисні функції зелених насаджень.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Перспективним напрямком використання отриманих результатів є дослідження впливу окремих забруднюючих речовин та їх комплексу на здоров'я дітей та розвиток рослин, які використовуються для озеленення майданчиків. Перспективною також є розробка відповідних запобіжних заходів щодо потрапляння та накопичення забруднюючих речовин з дощовим стоком на територію ДМ.

### Література

1. Стадник В.Ю. Оцінка екологічної безпеки дитячих майданчиків як елементів урбанізованих територій. *Суспільство, довкілля і зміна клімату*: матеріали 3-ої молодіжної наукової конференції, Київ, 22–23 березня 2019 р. Київ: Логос, 2019. С. 129–131.
2. Stadnik V. Analysis of Environmental Hazards in the System 'Children's Playground – Urbanized Area'. *Technology transfer: fundamental principles and innovative technical solutions*. 2021. P. 28–30.
3. Стадник В. Ю., Тихомирова Т. С. Оцінка стану атмосферного повітря на дитячих майданчиках міста Харків методом ліхеноіндикації. *Topical issues of the development of modern science: abstracts of the 6th International scientific and practical conference*. Publishing House "ACCENT". Sofia, Bulgaria. 2020. P. 841–846.
4. Стадник В.Ю. Аналіз хімічного складу продуктів зносу автомобільних шин та дорожнього покриття на поверхні ґрунтового покриву дитячих ігрових майданчиків м. Харків. *Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування*: збірник матеріалів 6-го молодіжного конгресу. Львів: Західно-Український Консалтинг Центр (ЗУКЦ), ТзОВ, 2021. С. 106.
5. Стадник В. Ю., Тихомирова Т. С. Шумове навантаження на дитячих майданчиках міста Харків. *Молодий вчений*. 2017. № 10. С. 24–27.
6. Стадник В. Оцінка якісної і кількісної характеристики зелених насаджень на території дитячих майданчиків м. Харків. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2021. Вип. 6 (131). С. 48–53.
7. Shestopalov, O., Tykhumyova, T., Lebedev, V., Stadnik, V. Green areas state assessment within the urban territories. *EUREKA: Life Sciences*. 2022. № 4. P. 10–20.
8. Про схвалення Водної стратегії України на період до 2050 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 09.12.2022 № 1134-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1134-2022-%D1%80#Text> (дата звернення: 14.03.2023)
9. Хільчевський В. К., Курило С. М. Хімічний склад атмосферних опадів на території України та його антропогенна складова. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2016. № 4. С. 63–74.
10. Хільчевський В. К., Курило С. М., Забокрицька М. Р. Антропогенна складова хімічного складу атмосферних опадів та їх вплив на геосистеми. *Географічна наука і освіта: від констатації до конструктивізму*: матеріали Міжнарод. наук. конференції. Київ, 2018. С. 86–88.
11. Heretsun H. M., Masikevich Y. H., Holiyonko R. A. Аналіз забруднення атмосферних опадів домішками на вулицях міста. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019. Т. 29. № 1. С. 66–69.
12. Піциль А. О., Буднік І. П. Поверхневий стік як складова в міграції поллютантів з ландшафтних комплексів. *Проблеми екології та еволюції екосистем в умовах трансформованого середовища*. К. : ДУ «ІЕЕ НАН України». – 2017. – С. 125.
13. Піциль А. О. Дифузне забруднення водних екосистем міста поверхневим дощовим стоком. *Наукові читання – 2013* : наук.-теорет. зб. Житомир : ЖНАЕУ, 2013. Т. 1. С. 131–134.
14. Скок С. В. Вплив зливових та каналізаційних стічних вод на якість річки Дніпро в зоні дії Херсонської урбосистеми. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. № 2. С. 122–129.
15. Ричак Н. Л., Гричаний О. М. Оцінка навантаження поверхневого стоку на водний об'єкт в умовах урболандшафтної геосистеми. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2019. № 31. С. 104–116.
16. Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 19.06.1996 року № 173. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96> (дата звернення: 16.02.2023).
17. ДБН Б.2.2-12:2019 Планування та забудова території. ДП Український державний науково-дослідний інститут проектування міст «Діпромiсто» ім. Ю.М. Білокопя. Київ: Мінрегіон, 2019. 177 с.

18. Стаднік В. Ю., Тихомирова Т. С. Вплив різних типів покриття на екологічну безпеку дитячих майданчиків. *«Наукова весна» 2023* : матеріали XIII Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, Дніпро, 1-3 березня 2023 року. Дніпро : НТУ «ДП», 2023. С. 100–102.
19. Стаднік В. Ефективність використання квіткових трав'янистих рослин для озеленення дитячих майданчиків урбанізованих територій. *Проблеми хімії та сталого розвитку*. 2021. №. 3. С. 57–62.
20. Стаднік В. Ю., Тихомирова Т. С., Грекова А. В. Механізми захисту навколишнього середовища зеленими насадженнями від зважених частинок (РМ). *Теоретичні та практичні дослідження молодих вчених*: матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції магістрантів та аспірантів. Харків : НТУ «ХП», 2022. С. 364–365.