

БІОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ҐРУНТІВ РЕКРЕАЦІЙНИХ ЗОН М. МАРІУПОЛЯ

Кривицька І.А.

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
майд. Свободи, 6, 61022, м. Харків
ivkrivicka@gmail.com

У публікації дано оцінку екологічної оптимальності рекреаційних зон м. Маріуполя, використовуючи геометричні принципи. Проведено екоотоксикологічну оцінку ґрунту рекреаційних зон методом біотестування. Визначено, що форми вказаних парків не є оптимальними. Ґрунт у більшості рекреаційних зон виявив токсичні властивості. *Ключові слова:* рекреаційні зони, ґрунт, біотестування, тест-організми, токсичність.

Биологический мониторинг почв рекреационных зон г. Мариуполя. Кривицкая И.А. В публикации дана оценка экологической оптимальности рекреационных зон г. Мариуполя с использованием геометрических принципов. Проведена экоотоксикологическая оценка почвы рекреационных зон методом биотестирования. Определено, что формы указанных парков не являются оптимальными. Грунт в большинстве рекреационных зон выявил токсичные свойства. *Ключевые слова:* рекреационные зоны, почва, биотестирование, тест-организмы, токсичность.

Biological monitoring of the soil of recreational zones of Mariupol. Kryvytska I. The publication assesses the ecological optimality of the recreational zones of Mariupol, using geometric principles. Was made an ecotoxicological assessment of the soil of recreational zones using biotesting method. It is determined that the forms of examined parks are not optimal. In most recreational areas the soil has toxic properties. *Key words:* recreational zones, soil, biotesting, test-organisms, toxicity.

Постановка проблеми. Стійка тенденція до переселення сільських жителів у міста спричинила у світі швидке зростання їх числа. Нині у світі на урбанізованих територіях мешкає близько 47% населення, а до 2050 року, як очікується, ця частка досягне 66–75% [1]. Дуже важливо, щоб в урбоценозах підтримувалися та мали реалізацію всі екологічні функції. Адже тільки за гармонізації штучного та природного середовища можливо створити якісне середовище, тобто максимально зберегти біотичний складник, при цьому мінімізувавши антропогенне навантаження.

Рекреаційні зони на території міста здійснюють позитивний вплив на здоров'я та психоемоційний стан людини. Крім цього, рекреації виконують стабілізуючу функцію, мінімізуючи загальне навантаження на екосистему міста (знижують забрудненість повітря, зменшують шумове навантаження, утворюють зелений каркас міста) та одночасно створюють художній ансамбль.

Актуальність дослідження. Актуальною науковою проблемою є оцінка і прогнозування наслідків урбанізації та стійкості екологічних функцій ґрунтового покриву. Незважаючи на високу буферну здатність ґрунтів, в умовах міста це один із найбільш забруднених компонентів міського середовища. Наявна сьогодні необхідність дослідження екологічного стану міських ґрунтів визначається різноманітністю функцій, які вони виконують, що, у свою чергу,

вимагає диференційованого підходу до площ, різних функціональних зон міста. У цих умовах стандартний підхід до екологічної оцінки ґрунтів, що полягає в констатації змісту в них поллютантів і зіставленні його з санітарно-гігієнічними нормативами, недостатній. Саме комплексна оцінка антропогенного впливу на стан ґрунтового покриву міського ландшафту, особливо зелених зон, є вкрай необхідною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Різноманітні методики оцінки міських ґрунтів дуже далекі від досконалості. Особливу складність для моніторингу поллютантів у великих промислових містах становлять питання правильного вибору ґрунтового фону та встановлення асоціації елементів-забруднювачів [2]. Крім того, моніторинг забруднення ґрунтів забруднювачами повинен враховувати типи спеціалізованого призначення функціональних міських зон, які значно різняться за джерелами, рівнем і складом забруднення, що відповідає сучасній європейській практиці моніторингу важких металів у міському середовищі [3; 4; 5].

Ґрунти, будучи середовищем існування, містять дуже складні біоценози, що зумовлює протікання складних процесів на біофізичному, біохімічному рівнях і на рівнях внутрішньо- і міжпопуляційної взаємодії. Тому не завжди видається можливим класичними диференціальними методами оцінити фізико-хімічні процеси в абіотичному складнику ґрунтів, навіть знаючи кількісний склад забруднюючих

компонентів ґрунту, передбачити відгук біотичного складника на забруднення.

У цьому плані перспективними інтегральними методами дослідження стану навколишнього природного середовища є методи біотестування, що ґрунтуються на зворотній реакції живих організмів на негативний вплив забруднюючих речовин, саме вони здатні забезпечити достовірну інформацію про якість компонентів навколишнього середовища, зокрема ґрунтів. Біотестування дає можливість швидкого отримання інтегральної оцінки токсичності, що робить дуже привабливим його застосування під час моніторингових досліджень [6; 7; 8].

Важливим аспектом у біотестуванні є застосування найчутливіших тест-об'єктів, які б давали змогу встановити незначні зміни в навколишньому середовищі навіть на початкових, зворотних стадіях.

Мета роботи – провести екоотоксикологічну оцінку рекреаційних зон м. Маріуполя з урахуванням геометричних принципів організації ізольованих територій.

Виклад основного матеріалу. Місто Маріуполь займає площу 16,6 тис. га (з передмістями, тобто територіями, підпорядкованими Маріупольській міській раді – 24,4 тис. га). Зелені масиви займають 8,06 тис. га.

Під час роботи було розглянуто 12 паркових зон, розташування яких можна побачити на рисунку 1.

Вищезазначені паркові ділянки є найбільшими за площею та частотою відвідування. Їх загальна площа становить 98,87 га.

Центральний сквер з усіх боків оточений проїзною частиною пр. Миру. На території розташовані фонтан, дитячий майданчик; наявні декілька видів акацій і кленів, в'язи, кримські сосни, блакитні ялини, ялівець козацький, спірея, самшит вічнозелений, гледичія колюча, берези, липи, дуби, бузок, шовковиця та багато інших рослин.

Сквер поблизу кінотеатру «Лукомор'я» оточено вулицями з великим автомобільним навантаженням. Територія обладнана дитячими майданчиками. Рослинність представлена акацією та кленом.

Парк імені Гурова розташований на південній околиці сучасного Кальміуського району в заплаві річки Кальчик. Паркова зона складається з регулярної та пейзажної частини. У регулярній частині створені фонтан, квітники та прогулянкові стежки. Територія парку засаджена випадковими сортами дерев, серед яких переважають тополі та верба вавилонська. Уздовж парку пролягає важлива магістраль – пр. Металургів.

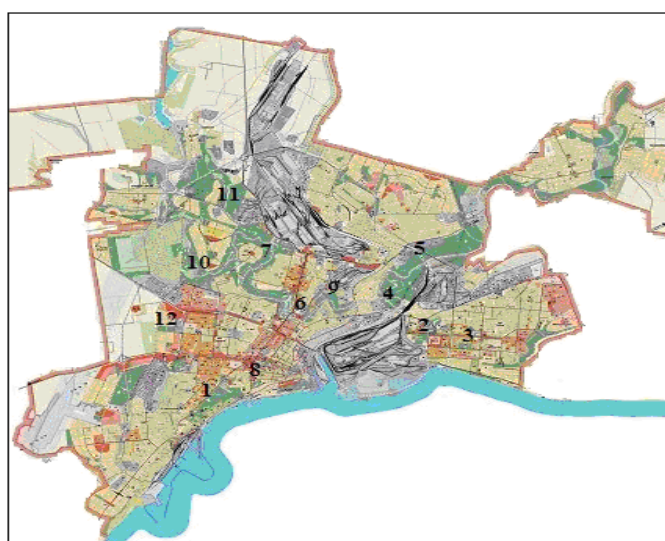
Сквер біля пам'ятника Т.Г. Шевченка розташований у Кальміуському районі. Ця територія оточена з обох боків важливими для міста автомагістралями (пр. Металургів та б-р Шевченка). Рослинність представлена клумбами та газонами.

Приморський сквер розташований у Приморському районі, неподалік Приморського парку. Територія скверу оздоблена місцями для відпочинку та оглядовим майданчиком із видом на узбережжя Азовського моря. Рослинність представлена тополями, кленом та ялиною блакитною.

Приморський парк розташований у Приморському районі міста, біля моря. Територія створена за канонами пейзажного парку. Після реконструкції парку, за останні роки, була сформована регулярна частина з фонтанами та алеями. Ростають клени, акації, тополі звичайні, туї та верби.

Парк імені Лепорського розташований у Лівобережному районі міста. Територію парку оснащено дитячими майданчиками, рослинність представлена молодими тополями, туями. Особливістю цього парку є те, що він розташований у санітарно-захисній зоні МК «Азовсталь».

Парк ім. Петровського розташований у Кальміуському районі. Парк поєднує у собі пейзажну



УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ:

- 1 - Приморський парк
- 2 - парк ім. Лепорського
- 3 - дитячий парк "Веселка"
- 4 - Зелена зона по просп. Миру
- 5 - Центральний сквер
- 6 - Зелена зона біля п-ка Чорнобилью
- 7 - сквер біля кінотеатру «Лукомор'я»
- 8 - Приморський сквер
- 9 - сквер по бул. Шевченко
- 10 - парк культури ім. Гурова
- 11 - парк ім. Петровського
- 12 - парк «Міський сад»

Рис. 1. Точки відбору проб у м. Маріуполі

та регулярні частини. Особливістю цієї території є велика кількість спортивних і розважальних комплексів. Рослинність представлена дубом звичайним, акацією, соснами, горіхом і туями, численними квітковими композиціями та штучними газонами.

Дитячий парк «Веселка» розташований у Лівобережному районі, вздовж пр. Мира. Парк складається з пейзажної частини, рослинність якої представлена тополями, туями, акацією та кленом. Територія парку оснащена дитячими майданчиками та кафе.

Якщо розглянути їх співвідношення, то найбільшим є Приморський парк, він займає 15% від площ території, що вказані вище; 14% – парк ім. Лепорського; 13% – парк ім. Гурова. Найменшими є ділянки, що займають від 1–3%, а саме Центральний і Приморський сквери.

Організація паркових зон не така проста, як це може здатися на перший погляд. Вона пов'язана насамперед з необхідністю більш ретельного і продуманого вибору форми і просторової структури. Рекреації сьогодні – це не тільки міста для відпочинку, але й території-ізоляти, так звані «зелені острови», які, з одного боку, підтримують цілісність екосистеми, а з іншого – створюють оптимальні умови для існування та розвитку біотичного складника.

Донедавна формі зелених зон достатньої уваги не приділяли. На необхідність пошуку кращої конфігурації стосовно заповідних територій звернула увагу Л.І. Мілкіна ще в 1975 році [9], спираючись на теорію острівної біогеографії Р. Мак-Артура та Е. Вілсона [10]. А оскільки останнім часом зелені зони міст все частіше набувають статусу заповідних територій, ми пропонуємо застосувати цей принцип також до рекреаційних територій. Адже саме форма та характер конфігурації здатні посилити негативний антропогенний вплив або зменшити навантаження на систему. Саме тому ми вперше проаналізували параметри територіальної структури рекреаційних зон міста Маріуполя з погляду екологічної стійкості цих ізольованих екосистем.

Зарубіжні вчені вважають, що можна запропонувати деякі геометричні принципи, що оптимізують структуру ізольованої території та дадуть змогу більш надійно зберегти її видове багатство. З усіх геометричних фігур однакової площі найменший периметр має коло. Наближення конфігурації парку до кола скорочує протяжність кордонів і, відповідно, знижує число точок дотику із сусідніми антропогенними територіями [11].

Про ступінь оптимальності форми конкретної рекреаційної ділянки можна судити шляхом порівняння її з колом. Для цієї мети використана формула:

$$D = \frac{P}{2\sqrt{\pi \cdot A}}$$

де, D – індекс форми ділянки, P – периметр ділянки; $\pi = 3,14$, A – площа ділянки (у км²).

Розрахунок екологічної оптимальності території проводився на основі інформації, отриманої у міській раді м. Маріуполя, щодо площі територій. За допомогою програми SaS.Plenet розраховано периметр рекреаційних об'єктів.

Провівши екологічну оцінку оптимальності рекреаційних зон, встановили, що форми вказаних парків не є оптимальними. 66,7% парків мають форму квадрата, всі інші – подовженого прямокутника.

Найбільш витягнуту, стрічкову форму мають Приморський парк (D=1,93), сквер біля кінотеатру «Лукомор'я» (D=1,82) та парк культури ім. Гурова (D=1,84). Це вказує на велику протяжність кордонів і точок дотику з прилеглими антропогенними територіями. Отже, серед представлених форм найбільш наближену до оптимальної мають Міський сад (D=1,21), Дитячий парк «Веселка» (D=1,34) та сквер на бульварі Шевченка (D=1,33).

Для того, щоб зрозуміти, як рекреаційні ділянки, які мають недосконалу форму, справляються з антропогенним навантаженням, нами було проведено еко-токсикологічну оцінку ґрунтового покриву методом біотестування. Для цього протягом чотирьох років

Таблиця 1

Результати оцінки екологічної оптимальності території рекреаційних зон м. Маріуполя

№ п/п	Назва зеленої зони	Загальна площа, км ²	Периметр т-рії (P)	Індекс форми ділянки, D
1	Парк ім. Лепорського	21,112	1 км 933 м	1,19
2	Парк ім. Петровського	23,507	2 км 446 м	1,44
3	Приморський парк	58,262	5 км 122 м	1,92
4	Зелена зона адміністративної площі	1,4019	492 м 72	1,4
5	Сквер на б-рі Шевченка	1,0770	468 м 32	1,33
6	Зелена зона на пр. Миру	2,5080	890 м	1,78
7	Сквер біля кінотеатру «Лукомор'я»	0,7237	179 м 9	1,82
8	Парк «Міський сад»	7,9253	1 км 120 м	1,21
9	Центральний сквер	3,9380	9 80 м	1,44
10	Парк культури ім. Гурова	31,240	3 км 632 м	1,84
11	Дитячий парк «Веселка»	3,7378	820 м	1,34
12	Сквер «Приморський»	1,7008	674 м	1,46

відбиралися зразки ґрунту з кожної рекреаційної ділянки. Кожна проба являла собою частину ґрунту, типову для генетичних горизонтів або шарів цього типу ґрунту.

З метою визначення інтегральної токсичності вибраних об'єктів було проведено дослідження ґрунтів методом біотестування. Використовували показники токсичності водних витяжок із ґрунтів.

Як тест-культури нами були обрані вищі рослини кукурудза (р. *Zea*) та редька (р. *Raphanus*). Вони мають ранню схожість і найменший період вегетації. Як тест-реакції вищих рослин враховувалися енергія проростання насіння, довжина проростка і довжина кореня. Після статистичної обробки підраховують величину так званого фітотоксичного ефекту ґрунту.

Таблиця 2

Токсикологічна оцінка ґрунтів рекреаційних зон м. Маріуполя на вищих рослинах *Raphanus sativus L.*

Місце відбору проб ґрунту	Довжина, мм				Зменшення довжини відносно контролю, %		Критерій Стьюдента	
	Корені, середнє арифметичне		Паростки, середнє арифметичне		Корені	Паростки	Корені	Паростки
	Контроль	Дослід	Контроль	Дослід				
Парк ім. Лепорського	51,5	37,6	21,7	27,2	26,9	-25,4	0,4	-0,1
Парк ім. Петровського	51,5	42,3	21,7	31,9	17,8	-46,8	0,8	0,4
Приморський парк	63,8	76,9	19,1	36,7	-20,6	-92,4	-0,6	1,0
Зелена зона адміністративної площі	8,6	66,4	30,0	47,2	30,8	19,8	0,9	-0,4
Сквер на б-рі Шевченка	8,6	62,7	20,7	59,9	39,4	23,0	1,0	0,1
Зелена зона на пр. Миру	8,6	71,9	20,7	45,9	42,4	21,5	-0,1	-0,2
Сквер біля кінотеатру «Лукомор'я»	8,6	0,5	20,7	1,9	1,6	3,3	0,3	0,1
Парк «Міський сад»	51,5	52,9	21,7	34,5	-2,9	-58,9	0,8	0,1
Центральний сквер	8,6	24,2	20,7	22,6	17,5	16,7	0,6	0,1
Парк культури ім. Гурова	11,8	33,8	5,0	13,5	42,2	18,2	-0,2	-1,0
Дитячий парк «Веселка»	11,7	11,2	5,2	4,4	17,9	9,3	0,5	0,1
Сквер «Приморський»	8,6	52,5	20,7	36,9	35,6	10,8	-0,7	0,1

Таблиця 3

Токсикологічна оцінка ґрунтів рекреаційних зон м. Маріуполя на вищих рослинах *Zea mais L.*

Місце відбору проб ґрунту	Довжина, мм				Зменшення довжини відносно контролю, %		Критерій Стьюдента	
	Корені, середнє арифметичне		Паростки, середнє арифметичне		Корені	Паростки	Корені	Паростки
	Контроль	Дослід	Контроль	Дослід				
Парк ім. Лепорського	63,8	76,9	19,1	36,7	20,6	-92,4	1,0	0,9
Парк ім. Петровського	63,8	79,9	19,1	31,6	-25,3	-65,6	-0,7	0,6
Приморський парк	51,5	42,3	21,7	31,9	17,8	-46,8	0,9	0,5
Зелена зона адміністративної площі	76,6	46,1	33,9	5,7	22,4	5,0	0,3	0,9
Сквер на б-рі Шевченка	76,6	32,6	33,9	6,9	11,9	10,4	-1,9	0,9
Зелена зона на пр. Миру	76,6	12,4	33,9	0,2	12,7	0,5	1,4	0,8
Сквер біля кінотеатру «Лукомор'я»	76,6	39,9	33,9	3,4	23,5	4,5	1,9	1,2
Парк «Міський сад»	63,8	59,1	19,1	19,6	7,4	-2,6	0,9	0,4
Центральний сквер	76,6	1,0	33,9	0,0	2,7	0,0	-1,4	0,3
Парк культури ім. Гурова	56,8	17,7	52,9	16,4	20,8	7,5	0,7	1,2
Дитячий парк «Веселка»	56,8	57,5	52,9	23,9	15,9	12,7	1,1	-1,6
Сквер «Приморський»	76,6	63,8	33,9	35,3	46,6	18,5	0,6	0,9

Ґрунт вважається токсичним, якщо відхилення на паростках або коренях порівняно з контролем більше на 20%. Результати біотестування наведені в таблицях 2 та 3. Усі результати математично оброблені за допомогою критерію Стюдента та є статистично значимими (табличне значення критерію для рівня вірогідності $P=0,05$ і числа ступенів свободи 50, становить 2,01).

Отже, проаналізувавши результати, отримані за допомогою обох тест-об'єктів, можна зазначити, що токсичні властивості мав ґрунт у 7 пробах, відібраних у таких місцях: парку ім. Лепорського, сквері біля кінотеатру «Лукомор'я», парку ім. Гурова, Приморському сквері, зеленій зоні біля пам'ятника жертвам Чорнобиля, сквері на пр. Леніна біля пам'ятника «Літак» і скверу на пр. Шевченка.

Такі результати зумовлені, з одного боку, місцем розташування: всі ділянки розташовані вздовж основних магістралей міста. Парк ім. Лепорського має підвищене антропогенне навантаження, адже він розташований у межах санітарно-захисної смуги МК «Азовсталь»; з іншого боку – недосконалою конфігурацією з погляду екологічної оптимальності ізолюваної території.

Головні висновки і перспективи використання результатів дослідження. Отже, на основі отриманих результатів можна перекоонатися, що конфігура-

ція та місце розташування відіграють важливу роль у формуванні мікроклімату та безпосередньо впливають на екологічну стійкість території.

У такому розрізі для поліпшення стану рекреаційних ділянок пропонуємо звертати увагу на геометричні принципи функціонування ізолюваних територій, тобто необхідно планувати конфігурацію так, щоб вона була максимально наближена до оптимальної форми. Якщо немає можливості змінити форму рекреаційної ділянки через архітектурний план міста, необхідно прилегли ділянки озеленювати так, щоб зелений масив нівелював гострі кути, роблячи їх округлими. Таким способом буде зменшено число точок дотику з прилеглими антропогенними ділянками. Якщо виконувати вищевказані рекомендації, то паркові ділянки будуть виконувати не тільки розважальну та оздоровчу функції, але й реалізовувати головну з екологічного погляду функцію – збереження біорізноманіття у міському середовищі.

Також у зв'язку з вищевикладеним прямі вимірювання фітотоксичних властивостей ґрунтів мають бути обов'язковою частиною ґрунтово-екологічних обстежень міських територій, оскільки це суттєво уточнить оцінку реальної небезпеки та допоможе уникнути помилок під час проектування об'єктів озеленення, сприятиме раціональному використанню ґрунтового покриву міста загалом.

Література

1. Burghardt W., Morel J.L., Zhang G.-L. Development of the soil research about urban, industrial, traffic, mining and military areas (SUITMA). *Soil Science and Plant Nutrition*. 2015. V. 61. P. 3–21.
2. Ильин В.Б. Мониторинг тяжелых металлов применительно к крупным промышленным городам. *Агрехимия*. 1997. № 4. С. 81–86.
3. Linde M., Bengtsson H., Öborn I. Concentrations and pools of heavy metals in urban soils in Stockholm, Sweden. *Water, Air, and Soil Pollution*. 2001. Focus 1. P. 83–101. URL: <http://miljobarometern.stockholm.se/content/docs/mg/linde.pdf>.
4. Marjanović, Vukčević, Antonović Heavy metals concentration in soils from parks and green areas in Belgrade. *Journal of Serbian Chemical Society*. 2009. V. 74 (6). P. 697–706. URL: <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0352-5139/2009/0352-51390906697M.pdf>.
5. Шибяева И.Н., Япенга Я. Критерии качества почв как инструмент расчета критических нагрузок. *Вестник Московского университета. Серия 17: «Почвоведение»*. 2001. № 1. С. 7–13.
6. Крайнюкова А.М. Біотестування – метод оцінки токсичних властивостей компонентів природного середовища та джерел їх забруднення. *Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки*. Харків: «Райдер», 2006. Вип. XXVIII. С. 15–33.
7. Бардина Т.В., Чугунова М.В., Бардина В.И., Изучение экотоксичности урбаноземов методами биотестирования. *«Живые и биокосные системы»*. 2013. № 5. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-5/article-8>.
8. Булгаков Н.Г. Контроль природной среды как совокупность методов биоиндикации, экологической диагностики и нормирования. *Проблемы окружающей среды и природных ресурсов: Обзорная информация. ВИНТИ*. 2003. № 4. С. 33–70.
9. Милкина Л.И. Географические основы заповедного дела. *Изв. ВГО*. 1975. Т. 107. № 6. С. 485–495.
10. MacArthur R.H., Wilson E.O. The theory of island biogeography. Princeton: University Press, New Jersey, 1967. 203 p.
11. Laurence W.F., Jensen E. Predicting the impacts of edge effects in fragmented habitats. *Biol. Conserv.* 1991. Vol. 55. № 1. P. 77–92.