

Світлана ДОМУСЧИ, Валентина ТРИГУБ

БІОТЕСТУВАННЯ ЯК МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ МІСЬКИХ ҐРУНТІВ

У зв'язку з інтенсивним розвитком урбанізації дослідження екологічного стану ґрунтового покриву, як складової урбоекосистеми, є дуже актуальним. Міські ґрунти, що формуються під дією наслідків господарської діяльності міського населення, значно відрізняються від природних аналогів. В роботі визначено вміст рухомих форм важких металів та розраховано сумарний показник забруднення ґрунтів міста Одеси. Методом біотестування досліджено фітотоксичний ефект урбаноземів вулиць Одеси за інтенсивного навантаження автомобільним транспортом та промисловими підприємствами. Визначено ростові показники та фітотоксичний ефект з використанням тест-культур редису (*Raphanus sativus*) сорт «Sora» та крес-салату (*Lepidium sativum*) сорт «Ажур» за висівання насіння на пробах ґрунту, відібраних неподалік найбільш навантажених автомобільним транспортом та промисловими підприємствами вулиць міста. За результатами спостережень встановлено достовірну інгібувальну дію токсичних речовин досліджуваних ґрунтів на ростові процеси фітоіндикаторів.

Ключові слова: біотестування, міські ґрунти, важкі метали, сумарний показник забруднення, фітотоксичний ефект, автотранспорт, промислові підприємства.

Постановка проблеми у загальному вигляді. В сучасних умовах відбувається інтенсивне збільшення числа речовин-забруднювачів, здатних впливати на екологічний стан навколишнього середовища. В результаті перетворень в природному середовищі відбувається синтез нових сполук, які можуть бути більш токсичні, ніж вихідні інгредієнти. Прикладами таких речовин можуть бути сполуки важких металів з детергентами, пестицидами тощо [24]. Токсична дія забруднювачів при їх комбінуванні може послаблюватися (антагонізм) або посилюватися (синергізм). Ізольованої дії не існує, є лише спільна дія всього комплексу чинників. Отже, виникає необхідність застосування методів інтегральної оцінки якості навколишнього середовища загалом та ґрунтів зокрема. Вагому роль при дослідженні ґрунтового покриву відіграють методи біотестування.

Біотестування – універсальний метод, який дає змогу отримати за реакцією живих організмів інтегральну токсикологічну характеристику комплексного забруднення ґрунтів. За допомогою біотестування можливе визначення токсичності середовища незалежно від того, які речовини і в якому поєднанні викликають зміну життєво важливих функцій у тест-об'єктах. Визначення забруднення ґрунту важкими металами аналітичним методом, на жаль, не дає повної інформації щодо зниження родючості та рівня його небезпеки для рослин і ґрунтової біоти.

Відомі методи біотестування засновані на відповідній реакції живих організмів на негативний вплив забруднюючих речовин та дозволяють в короткий термін отримати достовірну інформацію щодо якості компонентів навколишнього середовища, в тому числі ґрун-

тів. Вони вирізняються швидкістю, доступністю та простотою проведення експериментів; відтворюваністю і достовірністю отриманих результатів; економічністю як в матеріальному відношенні, так і по трудовитратах; об'єктивністю отриманих даних [3, 8, 9, 13, 15, 17, 18, 4].

Актуальність і новизна дослідження. Використання комплексної системи біотестування токсичності ґрунтів, забруднених політантами, у тому числі і важкими металами, яка відображає не тільки реакцію тест-культур на забруднення, а й інтенсивність протікання основних процесів, що відповідають за його родючість, є актуальним науково-практичним завданням в умовах техногенного навантаження сучасного великого міста [24, 32].

Зв'язок теми статті з важливими науково-практичними завданнями. Питання оцінки безпеки екосистеми великих промислових міст тісно пов'язано із вивченням сучасного екологічного стану кожного з її компонентів. Важливе місце у міській екосистемі займає ґрунтовий покрив.

Зазвичай, при дослідженнях по визначенню рівня токсичності ґрунту з використанням методу біотестування використовують наступні тест-культури: овес, крес-салат, редис, цибулю, огірок, тобто першу ланку трофічного ланцюга в системі «ґрунт – рослина – тварина – людина». Тісний зв'язок між біологічною активністю і родючістю дозволяє використовувати рослини в якості індикаторного показника, як для діагностики безпосередньо родючості ґрунту, так і для визначення техногенного впливу [17, 24].

Аналіз останніх публікацій за темою дослідження. Використання рослин в якості

тест-культур, чутливих до забруднення навколишнього середовища, тісно пов'язане з розвитком біології. Перші дослідження датуються античним періодом, коли вчені звернули увагу на залежність між зовнішнім (морфологічним) виглядом рослин та умовами їх проростання. Так, стародавній вчений Теофраст у праці «Природа рослин» надав рекомендації як за характером рослинності судити про властивості земель. Подібні відомості зустрічаються у працях римлян Катона та Плінія Старшого [за 1].

Вітчизняним засновником біоіндикаційного використання рослин, оцінки властивостей ґрунтів і ґрунтоутворних порід по особливостям розвитку рослин і складу рослинного покриву вважають А. П. Карпінського [22].

Нині опубліковано значну кількість робіт, присвячених дослідженню особливостей міських ґрунтів, їх фізико-хімічних властивостей, біологічної активності, забруднення важкими металами, тощо. Особливості використання тест-систем для оцінки токсичності ґрунтового покриву міських територій висвітлені у роботах Кабірова Р. Р. (1997), Євгенєва М. І. (1999), Єгорова Е. І. (2000), Маячкіної Н. В. (2009), Губачова О. І. (2010), Горової А. І. (2014) та інших [12, 14, 15, 17, 18, 21, 24]. Вивченням забруднення ґрунтового покриву міст важкими металами займалися ґрунтознавці та геохіміки: Ільїн В. Б. (1991), Тітенко Г. В. (2008), Гомонай В. І. (2009), Пилипенко Ю. В. (2015) та інші [11, 20, 26, 27].

Дослідження ґрунтів міста Одеси та Одещини започатковані співробітниками та студентами Одеського національного університету імені І. І. Мечникова, результати яких висвітлено у працях В. І. Тригуб (2008, 2016), С.В.Домусчи (2019), А. М. Купчик (2016) та інших [16, 28, 29].

Мета роботи - оцінити ефективність використання методу біотестування для вивчення екологічного стану ґрунтів великих промислових міст (на прикладі міста Одеса).

Виклад основного матеріалу. Стрімкий розвиток міських територій, де переважають антропогенні фактори ґрунтоутворення, призводить до зниження й втрати продуктивності

земель та їх подальшої деградації. Стационарні джерела забруднення (промислові підприємства) призводять до накопичення у міських ґрунтах нових забруднюючих речовин, що потрапляють у них через атмосферне повітря та опади. Особливо небезпечними є території вздовж автошляхів, де відбувається інтенсивне забруднення ґрунтів різними токсичними речовинами.

Під час проведення досліджень та їх аналізу використано історичний, порівняльно-географічний, експериментальний, картографічний, статистичний методи вивчення міських ґрунтів. Виконання робіт проводилось у два етапи: польовий та лабораторний.

Для екологічної оцінки ґрунтів м. Одеси були відібрані ґрунтові зразки за наступним розподілом (табл. 1):

- постійний вплив автомобільного транспорту - вулиці Пантелеймонівська, 1 ст. Люстдорфської дороги, проспект Шевченка (зразки відібрані біля світлофору) та вул. Балківська (зразки відібрані біля автозаправної станції);

- подвійний вплив (автомобільний транспорт та промислові підприємства) - вулиці Миколаївська дорога та Чорноморського козацтва;

- умовно «чиста» зона – вул. Французький бульвар (територія ботанічного саду, контроль).

Відбір проб ґрунту та їх підготовку до аналізу проводили згідно ДСТУ 4287:2004 [31].

В місцях відбору зразків ґрунту була підрахована інтенсивність руху автомобільного транспорту. Розрахунок проводився в робочі дні в години, коли завантаженість доріг зростає у зв'язку з виїздом людей на роботу або поверненням з неї (з 8:00 до 10:00 год. та з 17:00-19:00 год.) на протязі 20 хвилин з перерахуванням на кількість автомобілів за годину. Згідно з класифікацією категорій вулиць і доріг (Бондаренко, Дворніков, 2004), вулиці міст поділяють на: легкі - до 1100, середні - 1100-1900, скрутні - 1900-2500, важкі - 2500-3000 критичні - 3000-4000 і вище транспортних засобів за годину [6].

Таблиця 1

Опис ключових ділянок

№ з/п	Місцерозташування	Рельєф и характер рослинного покриву	ґрунти
1	вул. Пантелеймонівська	Придорожній газон з бідною рослинністю	Урбаноземи
2	вул. 1 ст. Люстдорфської дороги	Пришляхова вирівняна ділянка з поодинокими кущами та густим трав'яним покривом.	Урбаноземи
3	пр. Шевченка	Пришляхова вирівняна ділянка з поодинокими кущами та густим трав'яним	Урбаноземи

		покривом.	
4	вул. Балківська	Придорожній газон з бідною рослинністю	Урбаноземи
5	вул. Миколаївська дорога	Пришляхова вирівняна ділянка з поодинокими кущами та густим трав'яним покривом.	Урбаноземи
6	вул. Чорноморського козацтва	Рівнинна ділянка на території парку з насадженнями молодих дерев і трав'яною рослинністю.	Урбаноземи
7	вул. Французький бульвар (територія ботанічного саду)	Рівна ділянка на території Ботанічного саду з природною типовою рослинністю.	Природні не порушені (чорноземи південні)

Зважаючи на те, що місто Одеса є розвиненим промисловим містом та територією постійного хімічного забруднення, важливим стало визначення вмісту рухомих форм важких металів в межах впливу автомобільного транспорту та промислових підприємств. Вміст важких металів (Pb, Mn, Zn, Co, Cd, Cu) проведено у буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 на атомно-абсорбційному спектрофотометрі [30].

Ступінь небезпеки забруднення ґрунтів важкими металами визначали за розрахованим коефіцієнтом техногенної концентрації елементів (Кс), який дорівнює відношенню фактичного вмісту речовини в ґрунті (Сі) (в мг / кг ґрунту) до регіонального фонового (Сфі) та сумарний показник забруднення (Zс) ґрунтів, що дозволяє обчислити геохімічний (фоновий) рівень забруднення і порівняти ступінь забруднення ґрунтового покриву [30].

Оцінку рівня забруднення ґрунтів за показником Zс проводилася за оціночною шкалою. При Zс=0-8 - сприятливий, Zс = 9-16 - задовільний; Zс = 17-32 - помірно-небезпечний, Zс = 33-128 - надзвичайно небезпечний, Zс > 128 - дуже небезпечний рівень забруднення ґрунтів [26].

Аналіз біотоксичності ґрунтів здійснювали за методикою А. Горової [12]. В якості тест-об'єктів використано насіння редису (*Raphanus sativus*) сорт «Sora» та крес-салату (*Lepidium sativum*) сорт «Ажур».

Ґрунт і насіння розподіляли рівномірно на площині чашки Петрі, заливали 7 мл відстояної кип'яченої водопровідної води. Насіння пророщували при температурі 23–25 °С. Через 96 годин вимірювали довжину кореневої системи та наземної частини.

Взаємодія рослин із ґрунтом відбувається через кореневу систему, яка є дуже чутливою до наявності шкідливих речовин. Показниками для оцінки якості досліджуваного середовища є:

- довжина коренів рослин;
- висота стеблової частини рослин;
- всхожість (%);
- енергія проростання (%), яку розрахо-

ували за формулою :

$$B = (a/b) \times 100\%,$$

де: а число насіння, яке проросло, b - загальна кількість насіння, якого взяли для пророщування;

Після статистичної обробки підраховали величину фітотоксичного ефекту (ФЕ), який визначали у відсотках за довжиною кореневої та наземної частини за формулою:

$$FE = \frac{L_0 - L_x}{L_0} \times 100 \%,$$

де L₀ - середня довжина кореневої чи наземної частини рослин, вирощених на зразках ґрунту з контрольної точки; L_x – середня довжина кореневої чи наземної частини рослин, вирощених на ґрунті досліджуваних територій [13].

Оцінку токсичності субстратів визначали за п'ятибальною шкалою: 0-20 % - відсутній або слабкий, 20,1-40 % - середній, 40,1-60 – вище середнього, 60,1-80 – високий, 80,1-100 – максимальний рівень токсичності [13].

Загальновідомо, що основними сучасними джерелами інтенсивного хімічного забруднення ґрунтів міста є активний розвиток транспортної інфраструктури, діючих промислових підприємств, специфічний вітровий режим. Сукупність цих факторів впливу призводять до накопичення у атмосфері та, відповідно, у ґрунтах сполук важких металів, фтору та інших токсичних речовин [26, 30].

Вплив автомобільного транспорту на навколишнє середовище можна оцінити за показниками завантаженості вулиць міста автомобілями. За класифікацією категорій і доріг (Бондаренко, Дворніков, 2004) досліджувані території вулиць міста Одеси мають наступні транспортні умови (табл. 2):

За проведеними дослідженнями, лише 29% території міста мають легкі транспортні умови, а 43% – характеризуються як критичні. При цьому більшість території міста з «легкими» транспортними умовами, на нашу думку, не є такими. Оскільки виникають транспортні затримки, утворюються затори, а це, в свою чергу, призводить до зниження швидкості руху, невиправданих перевитрат пального, і як

наслідок, зростання в повітрі вмісту шкідливих речовин, серед яких провідне місце займають

важкі метали.

Таблиця 2

Класифікація та завантаженість автомобілями вулиць міста Одеси

№ з/п	Територія дослідження	Категорія вулиць та доріг	Завантаженість доріг автомобільним транспортом, одн./год.	Транспортні умови
1	вул. Пантелеймонівська	Житлова місцевого значення	1026	Легкі
2	вул. 1 ст. Люстдорфської дороги	Магістральна загальноміського значення	4770	Критичні
3	пр. Шевченка	Житлова місцевого значення	1620	Середні
4	вул. Балківська	Магістральна загальноміського значення	2412	Скрутні
5	вул. Миколаївська дорога	Магістральна загальноміського значення	3834	Критичні
6	вул. Чорноморського козацтва	Магістральна загальноміського значення	4308	Критичні
7	вул. Французький бульвар (територія ботанічного саду)	Житлова місцевого значення	786	Легкі

Згідно проведених досліджень, що були спрямовані на визначення вмісту рухомих форм важких металів у ґрунтах міста Одеси, виявлено їх перевищення (відносно гранично-допустимої концентрації) у 2-5 разів практично для всіх досліджуваних ВМ на вул. Чорноморського козацтва в умовах поєднаного впливу автомобільного транспорту та викидів промислових підприємств.

Незважаючи на те, що гранично-допустимі концентрації є токсико-гігієнічним показником шкідливості важких металів, оцінку небезпечності забруднення міських ґрунтів здійснювали згідно розрахунку сумарно показника поліелементного забруднення [26].

У результаті проведення оцінки екологічного стану ґрунтів за вмістом важких металів, виявлено, що лише 14 % досліджуваних територій мають сприятливий рівень забруднення, 29 % – надзвичайно небезпечний і 57% – дуже небезпечний. Отже, можна вважати, що збільшення автомобільного транспорту, низька пропускна спроможність вулиць міста призво-

дить до погіршення екологічного стану довкілля.

Важливим індикатором хімічного забруднення міських ґрунтів є рослини, які чутливо реагують на зовнішні умови. Забруднення ґрунтів хімічними сполуками змінює параметри розвитку рослин: швидкість і якість росту, цвітіння, утворення плодів і насіння, процесів розмноження, знижується продуктивність і врожайність.

Схожість та ростові показники тест-культур відображають загальний вплив забруднення міських ґрунтів на індивідуальний розвиток досліджуваних рослин. Проаналізувавши схожість насіння та енергія проростання (рис. 1) на ґрунтових пробах, відібраних із вулиць міста, зазначимо, що схожість насіння редису та крес-салату є найвищими у ґрунтових зразках, відібраних у зоні подвійного впливу автомобільного транспорту та промислових підприємств (вул. Чорноморського козацтва).

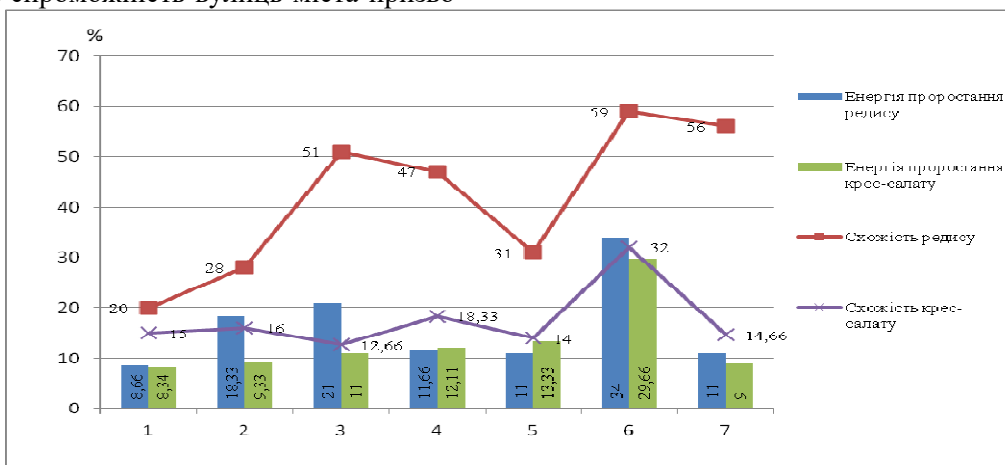


Рис. 1. Енергія проростання та схожість насіння досліджуваних тест-культур

Максимальне проростання насіння, не зважаючи на досить високу завантаженість автомобільним транспортом (4308 од./год.), можна пояснити наступним чином: міські ґрунти – штучно створені та містять різноманітне будівельне та інше сміття, в тому числі органічне, яке підвищує вміст гумусу у них і може покращити умови проростання рослин. Зразки відбиралися на клумбах, які періодично «підживлювалися» мінеральними добривами. Вміст гумусу на період відбору зразків становив 4,74%, показники фосфору, калію та азоту мали дуже високий, високий та підвищений вміст відповідно. Отже, можна припустити, що максимальне проростання насіння на вул. Чорноморського козацтва пов'язане з високим вмістом гумусу та елементів живлення рослин [28].

Достеменно відомо, що розвиток і ріст коренів за впливу стресорів різного походження – чуттєвіший процес, ніж утворення інших

частин рослини. Цей факт можна пояснити тим, що забруднювачі у більшості видів рослин накопичуються саме в коренях. Зокрема встановлено, що важкі метали зумовлюють зміни морфологічної будови коренів. За дії помірних їх концентрацій коренева система набуває компактнішого вигляду, оскільки кількість бічних корінців зменшується меншою мірою, порівняно з довжиною першого (головного) кореня [5, 9, 13, 32].

Найбільшу середню довжину кореня (рис. 2) мали проростки редису та крес-салату контрольного варіанта (вул. Французький бульвар, територія ботанічного саду із найнижчою транспортною завантаженістю (786 од./год.) – 3,55 см для редису і 3,88 для крес-салату. В інших варіантах дослідження вони були істотно коротшими – 1,40 см для крес-салату (пр. Шевченко) та 1,80 см для редису (вул. 1 ст. Люстдорфської дороги та вул. Пантелеймонівська).

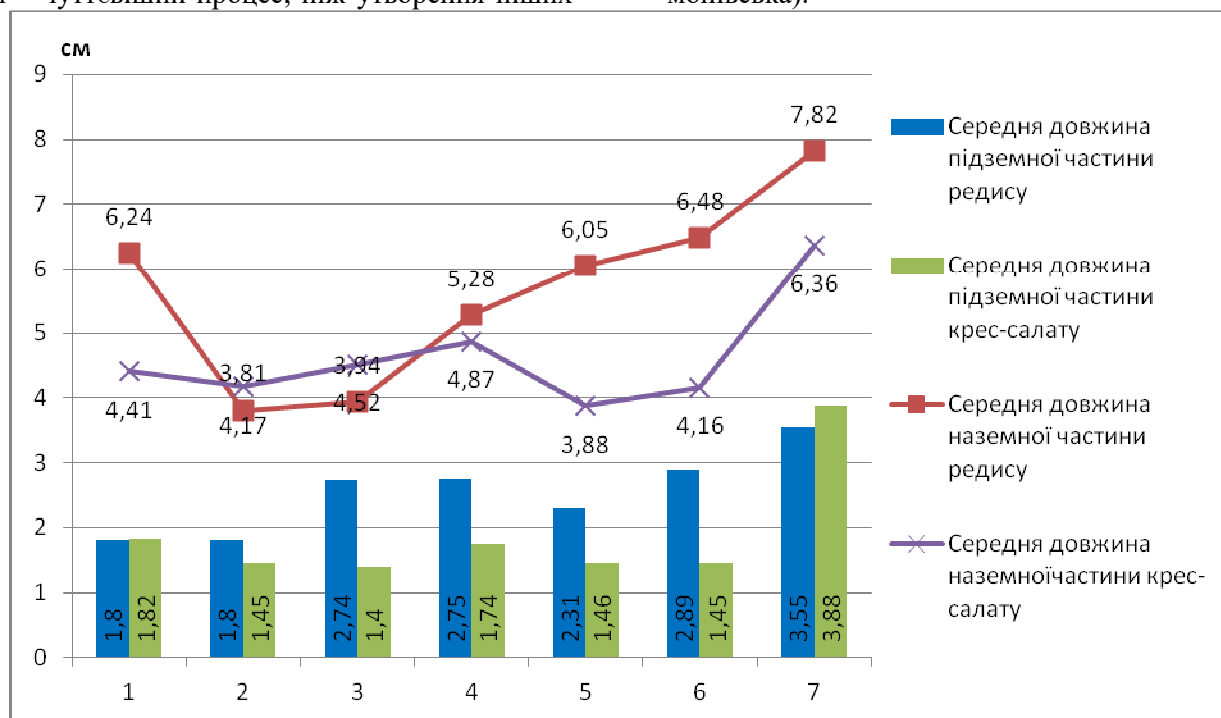


Рис. 2. Морфометричні показники проростків насіння тест-рослин

Найменша середня довжина наземної частини редису характерна для територій з постійним впливом автомобільного транспорту (1 ст. Люстдорфської дороги), де спостерігається найвища завантаженість автомобільним транспортом (4770 од./год.). Для крес-салату мінімальна середня довжина наземної частини виявлена у ґрунтовому зразку, відібраному на вулиці з інтенсивним рухом автомобільного транспорту (вул. Миколаївська дорога), де завантаженість автомобільним транспортом складає 3834 од./год.).

Найвищу середню довжину наземної

частини редису та крес-салату визначено у ґрунтових зразках контрольної ділянки. Отже, морфометричні показники проростків насіння як наземної так і підземної частини досліджуваних тест-культур є найвищими в умовно «чистій» зоні – вул. Французький бульвар (територія ботанічного саду, контроль).

Фітотоксичний ефект досліджуваних рослин за довжиною наземної частини є найвищим у паростках редису в зоні значного впливу автомобільного транспорту (вул. 1 ст. Люстдорфської дороги, ФЕ=51%), що за шкалою рівнів токсичності відповідає вище

середньому рівню.

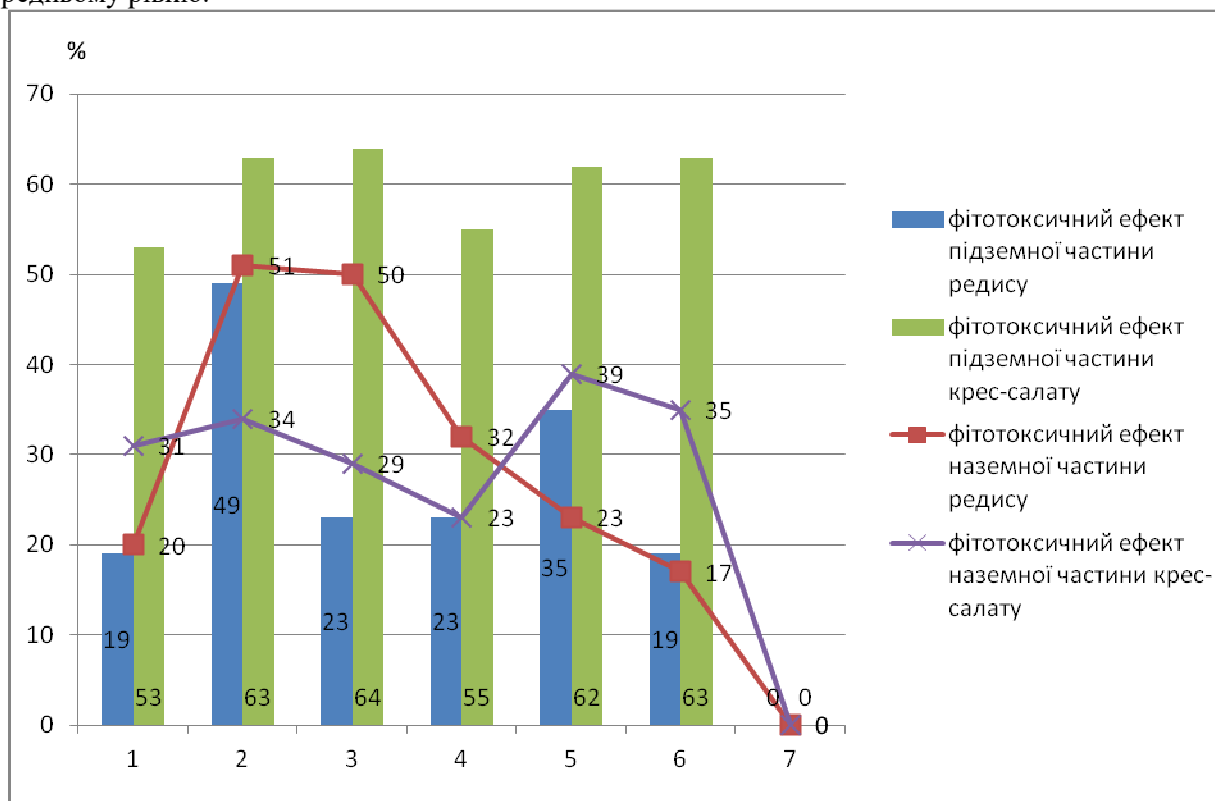


Рис. 3. Фітотоксичний ефект наземної та підземної частини проростків модельних росли

Відсутністю токсичності за цим показником характеризується ґрунтовий зразок, відібраний на території ботанічного саду (ФЕ=0%). За довжиною кореневої системи крес-салату найбільш токсичним є ґрунтовий зразок, відібраний в зоні впливу автомобільного транспорту (пр. Шевченка, ФЕ=64%).

Висновки та перспективи використання результатів дослідження.

В результаті проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Відмічене перевищення у 2-5 разів вмісту практично всіх рухомих форм важких металів на територіях зі значним транспортним навантаженням.
2. Більша частина (57%) досліджуваної території має дуже небезпечний рівень забруднення, що може негативно впливати не тільки на розвиток рослин, а й на здоров'я міського населення.
3. Метод біотестування дає можливість про-

вести всебічну екологічну оцінку міських ґрунтів з урахуванням порушення їх властивостей в результаті будівельної діяльності з накладенням існуючого рівня забруднення.

4. Рівень токсичності міських ґрунтів (ФЕ), залежно від інтенсивності автомобільного транспорту, коливається від слабого (вул. Французький бульвар) до високого рівня (вул. 1 ст. Люстдорфської дороги).

Таким чином, зростання кількості автомобільного транспорту в межах великих міст негативно впливає на екологічний стан ґрунтового покриву міста і, відповідно, на ріст та розвиток рослин. Безсумнівно, що міські ґрунти потребують подальшого детального дослідження щодо забруднення їх важкими металами та іншими токсичними речовинами, які значною мірою можуть впливати як на якість ґрунтів, так і здоров'я міського населення.

Література:

1. Багдасарян А. С. Биотестирование почв техногенных зон городских территорий с использованием растительных организмов : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / Ставрополь, 2005. 159 с.
2. Біоіндикація. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» / А. І. Горова, А. В. Павличенко, О. О. Борисовська, В. Ю. Ґрунтова, О. В. Деменко; Д.: Національний гірничий університет, 2014. 76 с. 5.
3. Біоіндикація та біотестування / В. В. Никифоров, С. В. Дігтяр, О. В. Мазницька, Т. Ф. Козловська. Кременчук : КрНУ, 2016. 100 с.
4. Білявський Г. О., Фурдуй Р. С., Костіков І. Ю. Основи екології: Підручник.- 2-ге вид. К.: Либідь, 2005. 408 с.
5. Бешлей З. М., Бешлей С. В., Баранов В. І., Терек О. І. Використання рослинних тест-систем для оцінки токсичності техногенно забруднених субстратів. Вісник Харківського національного аграрного університету. Сер. : Біологія. 2014. Вип. 1. С. 97-102.

6. Бондаренко Е. В., Цыцур А. А. Дорожнотранспортная экология: учебное пособие. Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. 113 с.
7. Борисов О. О., Кофанова О. В. Комплексний аналіз геохімічного стану придорожніх територій великого міста. Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ" : зб. наук. пр. Сер. : Нові рішення в сучасних технологіях. Харків : НТУ "ХПІ", 2017. № 32 (1254). С. 91-97.
8. Бубнов А. Г. Биотестовый анализ – интегральный метод оценки качества объектов окружающей среды: учебно-методическое пособие. ГОУ ВПО Иван. Гос. Хим.-технол. ун-т. Иваново, 2007. 112 с
9. Валерко Р. А. Особливості біотестування антропогенно забруднених ґрунтів з метою їх екотоксичної оцінки. Вісник Харківського національного аграрного університету. Сер. : Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство. 2013. № 2. С. 262-266.
10. Васюкова Г. Т., Грошева О. І. Екологія: підручник. К.: Кондор, 2009. 524с.
11. Гомонай В. І., Богоста А. С., Лобко В. Ю.. Динаміка зміни вмісту важких металів в ґрунтах м. Ужгорода. Науковий вісник УжНУ. Серія Хімія. 2009. № 22. С. 139-142
12. Гороява А. И., Скворцова Т. В., Климкина И. И., Павличенко А. В. Применение цитогенетического тестирования для оценки влияния деятельности горнопромышленных предприятий на состояние окружающей среды и здоровье населения. Сборник трудов НГУ №17, Т. 2. Д. : РИК НГУ, 2003. С. 522 – 531
13. Григорчук І. Д. Використання рослинних біоіндикаторів для оцінки токсичності ґрунтів на території м. Кам'янець-Подільського. Біологічні системи. 2016. Т. 8, Вип. 2. С. 212-218.
14. Грицак Л. Р., Барна І. М., Кодлюк І. М., Сельська І. І., Сплавінська Ю. Т., Сукар Х. В., Барна С. С. Біоіндикаційні методи для потреб системного аналізу якості довкілля. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія : Географія. 2017. № 2. С. 153-165.
15. Губачов О. І. Особливості використання рослин для біотестування ґрунтів з метою визначення рівня екологічної безпеки промислових територій / О. І. Губачов // Наук. Вісник КУЕІТУ. Нові технології. 2010. № 3 (29). –С. 164–171.
16. Домусчи С. В., Тригуб В. І. Оцінка впливу господарської діяльності населення села Розівка на екологічний стан ґрунтів. Вісник Одеського національного університету. Серія: Географічні та геологічні науки. 2019. Т. 24, вип. 1(34). С. 98-107.
17. Евгеньев М. И. Тест-методы и экология. Соросовский образовательный журнал. 1999. № 11. С. 29-34
18. Егорова Е. И., Белолыпецкая В. И. Биотестирование и биоиндикация окружающей среды. Уч. пособие. Обнинск, 2000. С. 80
19. Захаров В. М., Кларк Д. М. Биотестирование как интегральная оценка здоровья систем и отдельных видов. М.: Москва, 1995, 68 с.
20. Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение. Новосибирск: Наука, 1991. 51 с.
21. Кабилов Р. Р., Сагитова А. Р., Суханова Н. В. Разработка и использование многокомпонентной тест-системы для оценки токсичности и почвенного покрова городской территории. Экология. 1997. № 6. С. 408-411
22. Карпинский А. П. Могут ли живые растения быть указателями горных пород и формаций, на которых они встречаются...? Журн. садоводства. 1841. № 3. С. 67-72.
23. Кулик М. І., Лісняк А. А., Торма С. І. Забруднення ґрунтового покриву важкими металами, привнесених відпрацьованими моторними мастилами. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: Екологія. 2016. Вип. 15. С. 122-127.
24. Маячкина Н. В., Чугунова М. В. Особенности биотестирования почв с целью их экотоксикологической оценки. Вестник Нижегород. ун-та им. Н. И. Лобачевского. 2009. № 1. С. 84–93.
25. Остапчук Т. М. Екологічні проблеми великих міст. Наукові розвідки з державного та муніципального управління. 2014. Вип. 2. С. 304-311.
26. Пилипенко Ю. В., Скок С. В. Оцінка рівня забруднення ґрунту важкими металами в межах міської системи (на прикладі м. Херсон). Біологія та валеологія. Збірник наукових праць Харківського національного педагогічного університету імені Г. С. Сковороди. 2015. № 17. С. 138–145.
27. Тітенко Г. В. Особливості просторового розподілу валових і рухомих форм важких металів у ґрунтах великого міста (на прикладі Харкова). Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. 2008. № 801. С. 58-64.
28. Тригуб В. І., Бочевар С. В., Купчик А. М. Ґрунтово-екологічні особливості міських ґрунтів (на прикладі міста Одеси). Вісник Одеського національного університету. Серія: Географічні та геологічні науки. 2016. Т. 21. Вип. 1(28). С. 98-109
29. Тригуб В. І., Позняк С. П. Фтор у чорноземах Південного Заходу України . Монографія. Львів: Вид. центр ЛНУ імені Івана Франка, 2008. 148 с.
30. Федорец Н. Г., Медведева Н. В. Методика исследования почв урбанизированных территорий. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009. 84 с.
31. Якість ґрунту. Відбирання проб.: ДСТУ 4287:2004. [Чинний від 2005-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 9 с.
32. Яковишина Т. Ф. Экотоксикологическая оценка городских почв методом биотестирования. Universum. Химия и биология. 2015. № 8 (16).
33. Якушина Э. И. Древесные растения и городская среда. Древесные растения, рекомендуемые для озеленения Москвы. М: Наука, 1990. С. 25-41

References:

1. Bagdasarjan A. S. Biotestirovanie pochv tehnogennyh zon gorodskih territorij s ispol'zovaniem rastitel'nyh organizmov : dis. ... kand. biol. nauk : 03.00.16 / Stavropol', 2005. 159 s.
2. Bioindykatsiya. Metodichni rekomendatsiyi do vykonannya laboratornykh robit studentamy napryamu pidhotovky 6.040106 «Ekolohiya, okhorona navkolyshn'oho seredovyshcha ta zbalansovane pryrodokorystuvannya» / A. I. Horova, A. V. Pavlychenko, O. O. Borysovs'ka, V. Yu. Gruntova, O. V. Demenko; D.: Natsional'nyy hirnychyy universytet, 2014. 76 s. 5.
3. Bioindykatsiya ta biotestuvannya / V. V. Nykyforov, S. V. Dihtyar, O. V. Maznyts'ka, T. F. Kozlovs'ka. Kremenchuk : KrNU, 2016. 100 s.
4. Bilyavs'kyu H. O., Furdyu R. S., Kostikov I. Yu. Osnovy ekolohiyi: Pidruchnyk.- 2-he vyd. K.: Lybid', 2005. 408 s.

5. Beshley Z. M., Beshley S. V., Baranov V. I., Terek O. I. Vykorystannya roslynnykh test-system dlya otsinky toksychnosti tekhnogenno zabrudnenykh substrativ. Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu. Ser. : Biologiya. 2014. Vyp. 1. S. 97-102.
6. Bondarenko E. V., Cыcypy A. A. Dorozhnotransportnaja jekologija: uchebnoe posobie. Orenburg: GOU OGU, 2004. 113 s.
7. Borysov O. O., Kofanova O. V. Kompleksnyy analiz heokhimichnogo stanu prydorozhnykh terytoriy velykoho mista. Visnyk Nats. tekhn. un-tu "KhPI" : zb. nauk. pr. Ser. : Novi rishennya v suchasnykh tekhnolohiyakh. Kharkiv : NTU "KhPI", 2017. # 32 (1254). S. 91-97.
8. Bubnov A. G. Biotestovyy analiz – integral'nyy metod ocenki kachestva ob'ektov okruzhajushhej srody: uchebno-metodichskoe posobie. GOU VPO Ivan. Gos. Him.-tehnol. un-t. Ivanovo, 2007. 112 s
9. Valerko R. A. Osoblyvosti biotestuvannya antropohenno zabrudnenykh gruntiv z metoyu yikh ekotoksychnoyi otsinky. Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu. Ser. : Hruntoznavstvo, ahrokhimiya, zemlerobstvo, lisove hospodarstvo. 2013. # 2. S. 262-266.
10. Vasyukova H. T., Hrosheva O. I. Ekologiya: pidruchnyk. K.: Kondor, 2009. 524s.
11. Homonay V. I., Bohosta A. S., Lobko V. Yu.. Dynamika zminy vmistu vazhkykh metaliv v gruntakh m. Uzhhoroda. Naukovyy visnyk UzhNu. Seriya Khimiya. 2009. # 22. S. 139-142
12. Gorovaja A. I., Skvorcova T. V., Klimkina I. I., Pavlichenko A. V. Primenenie citogeneticheskogo testirovaniya dlja ocenki vlijanija dejatel'nosti gornopromyshlennykh predpriyatij na sostojanie okruzhajushhej srody i zdorov'e naselenija. Sbornik trudov NGU №17, T. 2. D. : RIK NGU, 2003. S. 522 – 531
13. Hryhorchuk I. D. Vykorystannya roslynnykh bioindykatoriv dlya otsinky toksychnosti hruntiv na terytoriyi m. Kam"yantsya-Podil's'koho. Biologichni systemy. 2016. T. 8, Vyp. 2. S. 212-218.
14. Hrytsak L. R., Barna I. M., Kodlyuk I. M., Sel's'ka I. I., Splavins'ka Yu. T., Sukar Kh. V., Barna S. S. Bioindykatsiyni metody dlya potreb systemnogo analizu yakosti dovkillya. Naukovi zapysky Ternopil's'koho natsional'noho pedahohichnogo universytetu imeni Volodymyra Hnatyuka. Seriya : Heohrafiya. 2017. # 2. S. 153-165.
15. Hubachov O. I. Osoblyvosti vykorystannya roslyn dlya biotestuvannya gruntiv z metoyu vyznachennya rivnya ekolohichnoy bezpeky promyslovykh terytoriy / O. I. Hubachov // Nauk. Visnyk KUEITU. Novi tekhnolohiyi. – 2010. # 3 (29). S. 164–171.
16. Domuschy S. V., Tryhub V. I. Otsinka vplyvu hospodars'koyi diyal'nosti naselennya sela Rozivka na ekolohichnyy stan gruntiv. Visnyk Odes'koho natsional'noho universytetu. Seriya: Heohrafichni ta heolohichni nauky. 2019. T. 24, vyp. 1(34). S. 98-107.
17. Evgen'ev M. I. Test-metody i jekologija. Sorosovskij obrazovatel'nyy zhurnal. 1999. № 11. S. 29-34
18. Egorova E. I., Belolipeckaja V. I. Biotestirovanie i bioindikacija okruzhajushhej srody. Uch. posobie. Obninsk, 2000. S. 80
19. Zaharov V. M., Klark D. M. Biotestirovanie kak integral'naja ocenka zdorov'ja sistem i otdel'nyh vidov. M.: Moskva, 1995, 68 s.
20. Il'in V. B. Tjazhelye metally v sisteme pochva – rastenie. Novosibirsk: Nauka, 1991. 51 s.
21. Kabirov R. R., Sagitova A. R., Suhanova N. V. Razrabotka i ispol'zovanie mnogokomponentnoj test-sistemy dlja ocenki toksychnosti i pochvennogo pokrova gorod skoj territorii. Jekologija. 1997. № 6. S. 408-411
22. Karpinskij A. P. Mogut li zhivye rastenija byt' ukazateljami gornykh porod i formacij, na kotoryh oni vstrechajutsja...? Zhurn. sadovodstva. 1841. № 3. S. 67-72.
23. Kulyk M. I., Lisnyak A. A., Torma S. I. Zabrudnennya gruntovoho pokryvu vazhkykh metalamy, pryvnesenykh vidprats'ovanykh motornomyh mastylamy. Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho universytetu imeni V. N. Karazina. Seriya: Ekologiya. 2016. Vyp. 15. S. 122-127.
24. Majachkina N. V., Chugunova M. V. Osobennosti biotestirovaniya pochv s cel'ju ih jekotoksikologicheskoy ocenki. Vestnik Nizhegor. un-ta im. N. I. Lobachevskogo. 2009. № 1. S. 84–93.
25. Ostapchuk T. M. Ekologichni problemi velikih mist. Naukovi rozvidki z derzhavnogo ta municipal'nogo upravlinnja. 2014. Vip. 2. S. 304-311.
26. Pylypenko Yu. V., Skok S. V. Otsinka rivnya zabrudnennya gruntu vazhkykh metalamy v mezhakh mis'koyi systemy (na prykladi m. Kherson). Biologiya ta valeolohiya. Zbirnyk naukovykh prats' Kharkivs'koho natsional'noho pedahohichnogo universytetu imeni H. S. Skovorody. 2015. # 17. Ts. 138–145.
27. Titenko H. V. Osoblyvosti prostorovoho rozpodilu valovykh i rukhomykh form vazhkykh metaliv u gruntakh velykoho mista (na prykladi Kharkova). Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho universytetu imeni V. N. Karazina. 2008. # 801. S. 58-64.
28. Tryhub V. I., Bochevar S. V., Kupchuk A. M. Gruntovo-ekolohichni osoblyvosti mis'kykh gruntiv (na prykladi mista Odesy). Visnyk Odes'koho natsional'noho universytetu. Seriya: Heohrafichni ta heolohichni nauky. 2016. T. 21. Vyp. 1(28). S. 98-109
29. Tryhub V. I., Poznyak S. P. Ftor u chomozemakh Pivdennoho Zakhodu Ukrayiny . Monohrafiya. L'viv: Vyd. tsentr LNU imeni Ivana Franka, 2008. 148 s.
30. Fedorec N. G., Medvedeva N. V. Metodika issledovaniya pochv urbanizirovannykh territorij. Petrozavodsk: Karel'skij nauchnyj centr RAN, 2009. 84 s.
31. Yakist' gruntu. Vidbyrannya prob.: DSTU 4287:2004. [Chynnyy vid 2005-07-01]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrayiny, 2005. 9 s.
32. Jakovishina T. F. Jekotoksikologicheskaja ocenka gorodskih pochv metodom biotestirovaniya. Universum. Himija i biologija. 2015. № 8 (16).
33. Jakushina Je. I. Drevesnye rastenija i gorodskaja sreda. Drevesnye rastenija, rekomenduemye dlja ozelenenija Moskvy. M: Nauka, 1990. S. 25-41

Аннотация:

Светлана ДОМУСЧИ, Валентина ТРИГУБ. БИОТЕСТИРОВАНИЕ КАК МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКИХ ПОЧВ

В связи с интенсивным развитием урбанизации, изучение почвенного покрова как части урбоэкосистемы является очень актуальным. Городские почвы, формирующиеся под действием интенсивной хозяйственной деятельности городского населения, значительно отличаются от природных аналогов. Для изучения экологического состояния почв города Одессы были отобраны почвенные образцы с учетом основных источников загрязнения, к которым относятся промышленные предприятия и автомобильный транспорт.

Проведены экологические исследования почв города химическими и биологическими методами. Установлено, что содержание подвижных форм тяжелых металлов в местах интенсивного движения автомобильного транспорта в 2-5 раз превышают ПДК. Экологическое состояние городских почв за показателем Zc характеризуется неблагоприятными условиями: 86 % исследуемой территории имеет опасный и чрезвычайно опасный уровень загрязнения. Экоотоксикологическая оценка почв города проведена методом биотестирования с использованием в качестве тест-организмов редиса (*Raphanus sativus*) сорт «Sora» и кресс-салата (*Lepidium sativum*) сорт «Ажур», а тест-реакций – энергии проростания, длины корешков, высоты проростков. Установлены границы токсичности городской почвы от низких (территория Ботанического сада, чистая зона) до высокой (территории с интенсивным движением автомобильного транспорта). Таким образом, увеличение количества автомобильного транспорта, особенно в пределах больших городов, существенно влияет на экологическое состояние почвенного покрова, рост и развитие растений, здоровье городского населения.

Ключевые слова: биотестирование, городские почвы, тяжелые металлы, суммарный показатель загрязнения, фитотоксический эффект, автотранспорт, промышленные предприятия.

Abstract:

Svitlana DOMUSCHI, Valentina TRIGUB. BIOTESTING AS A METHOD FOR DETERMINING THE ECOLOGICAL STATE OF URBAN SOILS

In connection with the intensive development of urbanization, the study of the soil cover as a part of the urban ecosystem is very important. Urban soils, formed under the influence of intensive economic activity of the urban population, differ significantly from their natural counterparts. To study the ecological state of the soils of the Odessa city, soil samples were taken taking into account the main sources of pollution, which include industrial enterprises and automobile transport. Environmental studies of the city's soils have been carried out by chemical and biological methods. It has been established that the content of mobile forms of heavy metals in places of heavy motor traffic is 2-5 times higher than the TLV. The ecological state of urban soils according to the Zc index is characterized by unfavorable conditions: 86% of the study area has a dangerous and extremely dangerous level of pollution. The ecotoxicological assessment of the city's soils was carried out by the method of biotesting using radish (*Raphanus sativus*) variety "Sora" and watercress (*Lepidium sativum*) variety "Azhur" as test organisms, and test reactions - germination energy, root length, seedling height. The limits of toxicity of urban soil from low (the territory of the Botanical Garden, a clean zone) to high (territories with heavy traffic) have been established. Thus, an increase in the number of road transport, especially within large cities, significantly affects the ecological state of the soil cover, the growth and development of plants, and the health of the urban population.

In modern conditions there is an intensive increase in the number of pollutants that can affect the ecological state of the environment. As a result of transformations in the natural environment, new compounds are synthesized, which may be more toxic than the original ingredients. Examples of such substances are compounds of heavy metals with detergents, pesticides, etc. The toxic effect of pollutants when combined can be weakened (antagonism) or increased (synergism). There is no isolated action, there is only a joint action of the whole set of factors. Therefore, there is a need to apply methods of integrated assessment of environmental quality in general and soils in particular. Biotesting methods play an important role in the study of soil cover.

Biotesting is a universal method that allows to obtain an integrated toxicological characteristic of complex soil pollution by the reaction of living organisms. Biotesting can determine the toxicity of the environment, regardless of which substances and in which combination cause a change in vital functions in test objects. Determination of soil contamination by heavy metals by analytical method, unfortunately, does not provide complete information on the reduction of fertility and the level of its danger to plants and soil biota.

Known methods of biotesting are based on the appropriate response of living organisms to the negative effects of pollutants and allow in a short time to obtain reliable information on the quality of environmental components, including soils. They are characterized by speed, availability and simplicity of experiments; reproducibility and reliability of the obtained results; cost-effectiveness both in material terms and in labor costs; objectivity of the obtained data.

Key words: biotesting, urban soils, heavy metals, total pollution index, phytotoxic effect, motor transport, industrial enterprises.

Надійшла 08.10.2020р.