

УДК 504.53:504.054

DOI: 10.18524/2303-9914.2020.2(37).216565

**В. І. Тригуб**, канд. геогр. наук**С. В. Домусчи**, аспірант

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

кафедра географії України, ґрунтознавства і земельного кадастру

вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна

v.trigub07@gmail.com

## **БІОТЕСТУВАННЯ ЯК МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ ТОКСИЧНОСТІ ҐРУНТІВ**

В статті розглянуто можливості використання біотестування як сучасного інформаційного методу щодо забруднення навколишнього середовища загалом та ґрунтового покриву зокрема різноманітними токсичними речовинами. Виокремлено періоди розвитку фітоіндикаційних досліджень. Визначено роль біологічних методів при дослідженні токсичності ґрунтів, особливо в умовах сучасного антропогенного навантаження. Пропонується внести методи біотестування до переліку моніторингових досліджень при оцінці забруднення об'єктів біосередовища міських та приміських територій.

**Ключові слова:** біотестування, методи дослідження, забруднення, токсичність, міські ґрунти

### **ВСТУП**

В умовах економічної кризи, значного скорочення коштів на наукові дослідження з однієї сторони, та погіршення екологічного стану природної системи «навколишнє середовище-людина» з іншої, виникає нагальна потреба використання менш затратних, але сучасно-достовірних методів дослідження антропогенно-забруднених ґрунтів з метою їх екотоксикологічної оцінки.

Одними із найпоширеніших методів, які задовольняють зазначені потреби, є методи біотестування. У сьогоднішніх умовах вони використовуються біологами, екологами, геологами, ґрунтознавцями, медиками. Така «популярність» методів біотестування зумовлена їх простотою виконання, широкими можливостями досліджень, значною інформативністю щодо забруднення практично всіх компонентів навколишнього середовища.

У зв'язку з інтенсивним сучасним розвитком урбанізації, умови ґрунтоутворення, а як наслідок і властивості ґрунтів, суттєво змінились. Антропогенні порушення призвели до серйозних деградаційних процесів усього природного комплексу, що вплинуло і на погіршення екологічного стану біосередовища загалом і здоров'я людей зокрема, особливо в межах великих міст.

Тому використання біотестування, як комплексного методу визначення еко-

лого-токсикологічного стану ґрунтів, забруднених як важкими металами, так і іншими токсичними для живих організмів речовинами, який дозволяє відображати реакцію рослин на забруднення є актуальним науково-практичним завданням.

**Метою** даного дослідження є аналіз та узагальнення існуючих методів біотестування з метою їх використання при визначенні екологічного стану ґрунтів, в тому числі міських та приміських територій. *Об'єкт дослідження* – методи біотестування ґрунтів та інших компонентів біосередовища, *предмет дослідження* – використання методів біотестування для екотоксикологічної оцінки ґрунтів.

### МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

В якості методологічної основи використано розробки, які викладені в наукових працях Кабірова Р. Р., Козєєва К. Ш., Дідуха Я. П., Горової А. І., Бубнова А. Г., Багдасаряна О. С. та власні дослідження щодо біотестування ґрунтів міста Одеси. У роботі використовувалися як загальнонаукові методи (аналіз і синтез, системний підхід, індукція та дедукція), так і конкретно наукові методи: історико-географічний, порівняльно-географічний, аналітичний.

Біотестування є методом встановлення токсичності середовища на основі вивчення особливостей реакції тест-організмів, що сигналізує про рівень екологічної безпеки або небезпеки (токсичність) незалежно від того, які саме забруднюючі речовини і в якому співвідношенні призводять до змін життєво важливих функцій у тест-організмах. У якості тест-організмів використовують мікроорганізми (бактерії, одноклітинні гриби та водорості), рослини (багатоклітинні водорості, мохи, вищі спорові та квіткові рослини), тварини (ракоподібні, комахи, риби, птахи, ссавці), симбіотичні організми (лишайники). Для оцінки забруднення біосередовища проводять фіксацію відхилення тест-організмів від норми параметрів анатомо-морфологічних, фізіологічних, біохімічних, генетичних, імунних та інших систем тест-організмів, які контрольний час перебували в умовах забруднення [1].

Авторами метод біотестування використовувався при дослідженні токсичності ґрунтів міста Одеси. Біотоксичність міських ґрунтів здійснювали за методикою А. Горової [4]. В якості тест-об'єктів використовували насіння редису (*Raphanus sativus*) сорт «Sora» та крес-салату (*Lepidium sativum*) сорт «Ажур». Ґрунт (1г) і насіння (30 штук) 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.

Фітотоксичний ефект (ФЕ, %) визначали за формулою (1):

$$\text{ФЕ} = \frac{L_0 - L_x}{L_0} \times 100 \%, \quad (1)$$

де  $L_0$  – середня довжина кореневої чи надземної частини рослин, вирощених на зразках ґрунту з контрольної точки;  $L_x$  – середня довжина кореневої чи наземної частини рослин, вирощених на ґрунті досліджуваних територій.

Оцінку токсичності ґрунтів міста 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 [22].

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Діюча система контролю за забрудненням довкілля ґрунтується на кількісному порівнянні компонентного складу проб з гранично допустимими концентраціями забруднюючих речовин. Екологічна небезпека техногенного впливу оцінюється за валовим вмістом хімічних елементів. Такий підхід не дозволяє враховувати всі можливі взаємні реакції між хімічними сполуками; є трудомістким при проведенні досліджень та не визначає вплив рухомих форм, які є найбільш токсичними для живих організмів. До того ж, у результаті можливих перетворень, у природному середовищі постійно відбувається синтез нових сполук, які можуть бути більш токсичними по відношенню до первинних речовин.

За Реймерсом, токсичність – це отруйність, здатність деяких хімічних елементів, сполук і біогенних речовин виявляти негативний вплив на організми, вражати їх [43]. Критерієм токсичності є достовірні кількісні зміни тест-параметру, на підставі якого робиться висновок про токсичність речовини, води, ґрунту, інших компонентів біосередовища [5]. Визначити ступінь токсичності ґрунтів можливо за допомогою біотестування (Кабіров зі співавт., 1997; Goggelman, Spitzauer, 1982; Brown, et al., 1985; McDaniels, et al., 1993; Knasmüller, et al., 1998; Cabrera, Rodriguez, 1999; Багдасарян, 2005; Бешлей 2014; Григорчук, 2016 та інші) [1, 9, 15, 34, 47-49].

Біотестування – це процедура встановлення токсичності середовища за допомогою тест-об'єктів, що сигналізують про небезпеку незалежно від того, які речовини і в якому поєднанні викликають зміни життєво важливих функцій у тест-об'єкті [11]. Методи біотестування дають змогу отримати за реакцією живих організмів інтегральну токсикологічну характеристику комплексного забруднення як ґрунтів, так і інших компонентів біосередовища.

Незважаючи на відносно молодий «вік» використання методів біотестування для визначення токсичності ґрунтів та інших компонентів навколишнього середовища, фітоіндикаційні дослідження мають довгу історію і сягають у глибину віків, коли пошук чи вирощування якоїсь рослини людина пов'язувала з певними природними умовами [5-8].

Письмові згадки про оцінку земельних угідь за допомогою рослин містяться ще у літописах стародавніх учених Китаю, Індії, Греції, Риму. Проте наукового рівня фітоіндикація почала набувати з розвитком геології, географії, ґрунтознавства, ботаніки, особливо таких її напрямків, як геоботаніка, біомор-

фологія рослин, біогеографія. З іншого боку, розвиток фітоіндикаційних досліджень, як і інших наук, диктувався практичними потребами використання природних ресурсів. Засновником біоіндикаційного використання рослин є Карпінського, який ще в 1841 році в своїй праці «Могут ли живые растения быть указателями горных пород и формаций, на которых они встречаются...?», запропонував властивості ґрунтів і ґрунтовірних порід оцінювати по особливостям розвитку рослин і складу рослинного покриву [20, 36].

В загальному вигляді можна виокремити три періоди фітоіндикаційних досліджень (таблиця 1).

Таблиця 1

## Розвиток фітоіндикаційних досліджень

Періоди розвитку фітоіндикаційних досліджень		
Перший період (майже все XIX століття)	Другий період від 10-20-х до кінця 40-х років XX століття	Третій період у 60-х роках XX століття і триває до наших днів
Характеризується зародженням і розвитком наукових засад екології видів. Початок їх ведеться від робіт А. Гумбольдта, який зумів побачити найсуттєвіші закономірності, які пов'язують рослинний покрив і найважливіші екологічні чинники. Ідеї А. Гумбольдта були продовжені в роботах Л. Поста та А. Гризебаха, які пропонуючи класифікацію рослинних угруповань, показали тісний взаємозв'язок між останніми та екологічним середовищем, зокрема ґрунтами.	Пов'язаний з формуванням таких наукових дисциплін, як геоботаніка, ґрунтознавство, ландшафтознавство, геохімія, вчення про біосферу та їх окремих напрямків. Поряд з розробкою теоретичних питань набувають широкого практичного використання цілий ряд напрямків, пов'язаних з фітоіндикацією окремих екологічних чинників, що докладно розглянуто в монографіях В. С. Вікторова, Є.О. Востокової, Д. Д. Вишивкіна та Б. В. Виноградова	Виділення фітоіндикації як самостійного наукового напрямку та подальшої його диференціації, узагальненні матеріалів фітоіндикації, розробці різноманітних екологічних шкал, нових методів дослідження і оцінки екологічних чинників та їх динаміки, що дозволяє ідентифікувати більш складні закономірності не тільки локального, але й ландшафтного, регіонального і, навіть, глобального рівня. Результати досліджень біотестування ґрунтів, в тому числі мисських територій опубліковано в роботах В. Б. Ільїна, В. М. Захарова, В. І. Єгорової, В. Ф. Валькова, А. С. Багдасаряна, А. І. Єгорової та інших.

Окремі «сучасні» методи біотестування з'явилися ще на початку XX сторіччя і використовувалися для оцінки токсичності промислових стічних вод та ступеня забруднення водойм. І лише з 60-х років XX сторіччя методи біотестування отримали інтенсивний розвиток і практичне використання [5].

На сучасному етапі відбувається бурхливий розвиток методів біомоніторингу як єдиного підходу адекватної оцінки стану біологічних і екологічних систем [14]. Методи біотестування і біоіндикації дозволяють діагностувати стан екосистеми з відгуків на стресовий вплив ззовні окремих компонентів біоти. Екологічна діагностика на рівні біотестування і біомоніторингу дає інтегральну оцінку якості середовища проживання будь-якої біологічної популяції, включаючи людину. Біотести можуть бути рекомендовані для безперервного експрес-контролю стану довкілля промислових районів і природно-господарських комплексів, контролю шкідливих викидів підприємств, для оцінки ефективності застосовуваних методів детоксикації навколишнього середовища і роботи очисних споруд, екологічної паспортизації підприємств і окремих районів тощо [5, 7-8, 10, 13, 18-20, 26-29, 35, 37-42].

Сучасний біомоніторинг налічує кілька визначень понять «біотестування». Біотестування є методичний прийом заснований на оцінці дії чинника середовища, в тому числі токсичного, на організм, його окрему функцію чи систему організмів [27]. Згідно Морозової О. Г., біотестування – це метод моделювання наслідків впливу чинника, що володіє загально біологічною дією на живий організм [41]. Головне завдання, яке вирішується біотестуванням – це отримання швидкої відповіді – є або відсутня токсичність, що визначається виживанням, станом і поведінкою організмів – тест-об'єктів [26]. Тест-об'єкти повинні відповідати наступним вимогам: бути застосованими для оцінки будь – яких змін у середовищі проживання організмів; характеризувати найбільш загальні та важливі параметри життєдіяльності біоти; бути достатньо чутливими до виявлення навіть невеликих і зворотних екологічних змін; бути адекватними до будь – якого виду живих істот і будь-якого типу впливу; бути зручними не лише для лабораторного моделювання, а також для дослідження в природі; бути відносно простими і не дуже високо затратними для широкого використання [1, 5, 7].

Біотестування не скасовує систему інших аналітичних методів контролю природного середовища, а лише доповнює її якісно новими біологічними показниками, так як з екологічної точки зору самі по собі результати визначення концентрації токсичних речовин мають відносну цінність [1]. На думку Олівернусової Л. М., використання біологічних тест-систем дозволяє визначити зміни в екосистемах на дуже ранній стадії, коли вони ще не проявляються у вигляді морфологічних і структурних змін і їх не можна виявити іншими методами, що надає можливість передбачити порушення екосистеми і вчасно вжити заходів. Крім того, екологічний стан біоіндикаторів можна використовувати як додаткову інформацію при оцінці здоров'я населення [42]. На думку Єгорової Є. І., кумулятивний ефект всього різноманіття поєднань різних впливів можливо оцінити лише за допомогою біотестування [27].

При оцінці стану навколишнього середовища дослідниками використовуються різні тест-системи – від бактерій до ссавців [7, 12-13, 17, 27, 29, 31, 33,

35, 40-42]. Так, для інтегральної оцінки рівня забруднення водного середовища токсичними речовинами застосовують методи біотестування за допомогою мікроорганізмів. Тести з використанням в якості об'єктів прокаріотичних мікроорганізмів відрізняються великою пропускну здатністю. При цьому використовують спеціальні штами. У широко поширеному тесті на *Salmonella typhimurium*, так званий тест Еймса, використовують штами TA 97, TA 98 і TA 100 [41]. Вардуні Т. В. досліджувала вміст мутагенних речовин дощової, талої води, мулу, ґрунту методом обліку точкових мутацій у *Salmonella typhimurium* [7].

При вивченні токсичності стоків поверхневих вод Голубкова С. Г. пропонує використовувати інфузорії туфельки (*Paramecium caudatum*). Сприйняття хімічних речовин *Paramecium caudatum* відбувається на рецепторному рівні, чим пояснюється швидкість відповіді тест-організму на вплив хімічних речовин [14].

Широке застосування для тестування мутагенності навколишнього середовища має мікроядерний тест, який заснований на виявленні мікроядер в еритроцитах ссавців, в клітинах ембріонів [35].

Проте найбільш розповсюдженими є методи біотестування з використанням рослин. Як зазначалося, використання рослин в якості чутливих організмів до забруднення навколишнього середовища сягає своїм корінням стародавніх часів. Перші спостереження зробили ще античні вчені: саме вони звернули увагу на зв'язок зовнішнього вигляду рослин з умовами їх зростання. Відома праця Теофраста (327- 287 рр. до н. е.) «Природа рослин» містить поради про те, як за характером рослинності судити про властивості земель. Аналогічні відомості можна зустріти в працях римлян Катона і Плінія Старшого [5].

Ідею біоіндикації за допомогою рослин сформулював ще в 1 в. до н. е. Колумелла: «дбайливому господарю личить по листю дерев, по травам або по вже достиглим плодам мати можливість судити про властивості ґрунту і знати, що може добре на ній зростати» (цитата по [1]). Цей напрямок нині отримав назву ландшафтної біоіндикації, який успішно використовується в практичних цілях і сьогодні.

За допомогою рослин проводять біоіндикацію різних компонентів природного середовища. Індикаторні рослини використовуються при оцінці кислотного складу ґрунтів, їх родючості, перезволоження й засолення, забрудненні важкими металами, нафтопродуктами, сполуками фтору; ступеня мінералізації ґрунтових вод і ступеня забруднення атмосферного повітря різними газоподібними сполуками тощо.

Чутливі фотоіндикатори вказують на присутність забруднюючих речовин в повітрі чи ґрунті різними морфологічними ознаками – зміною кольору листя, різної форми некрозами та опаданням листя. У багаторічних рослин вплив забруднюючих речовин проявляється через зміну їх форми, розмірів чи росту пагонів. Проте, деякі морфологічні зміни можуть бути викликані природними

чинниками, так, хлороз листя може бути викликаний недостатньою кількістю заліза в ґрунті. Тому при визначенні морфологічних показників потрібно враховувати всі показники які впливають на ріст та розвиток рослин [1].

Виноградов Б. В. класифікував індикаторні ознаки рослин як флористичні, фізіологічні, морфологічні і фітоценотичні. Флористичними ознаками є відмінності складу рослинності досліджуваних ділянок, які сформувались внаслідок певних екологічних умов. До фізіологічних відносять особливості обміну речовин у рослинах; до морфологічних – особливості внутрішньої і зовнішньої будови, аномалії розвитку; до фітоценотичних ознак – особливості структури рослинного покриву, велика кількість видів рослин та ін. [13].

Для оцінки рівня забруднення навколишнього середовища застосовують методи біотестування з використанням в якості тест-об'єктів рослини, що відрізняються чутливістю, нескладним культивуванням і, що особливо важливо, мають реакцію, яку можна порівняти з реакцією інших тест-об'єктів; повинні мати чітко виражену реакцію на вплив забруднюючої речовини та видимі ознаки пошкодження [1].

Існує чимало методичних рекомендацій з використання того чи іншого виду рослин. Для екологічної оцінки забруднених ґрунтів використовують насіння пшениці (*Triticum spp.*), насіння вівса (*Avena spp.*), насіння крес-салату (*Lepidium sativum*), насіння гірчиці білої (*Sinapis alba*), насіння редису посівного (*Raphanus sativus var.*), що пов'язано з високою чутливістю насіння зазначених рослин до токсичних речовин [9, 15, 19, 21, 28, 46]; насіння цибулі ріпчастої (*Allium cepa L.*), як ефективною тест-культурою для дослідження токсичного впливу широкого спектру хімічних речовин [33, 38].

Згідно з міжнародним стандартом ISO 11269-1 для біотестування рекомендується використовувати ячмінь звичайний (*Hordeum vulgare*). Одночасно вказується, що можна застосовувати насіння й інших рослин. Міжнародний стандарт ISO 11269-2 регламентує вибирати мінімум два види рослин, при цьому один повинен бути однодольним, а інший дводольним [24, 25].

В теперішній час методи біотестування використовуються при дослідженні токсичності різних компонентів біосередовища. При комплексних екологічних дослідженнях територій, оцінці впливу токсичних викидів в атмосферу та контролю якості води проводять біотестування стічних вод, природних вод, зрошувальних вод, снігового покриву [7, 8, 29, 33, 37, 41].

Особливістю забруднення ґрунтів (особливо міських) хімічними речовинами є їх багатокомпонентність. Сучасні методи біотестування широко використовують при дослідженнях ґрунтів внаслідок нафтового забруднення (Джура та ін., 2006, Джура, 2011; Шевчук, 2017 та інші) [21-22, 45]; при забрудненні важкими металами міських територій (Кабіров та ін., 1997; Жук, 2004; Багдасарян, 2005; Губачов, 2010; Валерко, 2013; Бешлей, 2014; Сідельнікова та ін., 2014; Єремченко та ін., 2014; Яковишина, 2015; Григорчук, 2016 та інші) [1, 9, 11, 15, 19, 28, 30, 34, 44, 46]; при антропогенному забрудненні сільських

територій (Домусчи, Тригуб, 2019) [23]; при забрудненнях сполуками фтору (Гришко, 2008; Гришко, Сищиков, 2012) [16-17] та іншими токсичними речовинами, які погіршують стан не тільки навколишнього середовища, а і значною мірою впливають на здоров'я людей.

Незважаючи на деякі недоліки біотестування (труднощами обліку адаптаційно-приспосувальних змін тест-організмів; фазністю і сезонністю їх реагування, стимуляцією фізіологічних функцій під впливом малих концентрацій забруднюючих речовин і їх пригніченням під впливом великих концентрацій), перспективність контролю антропогенного забруднення ґрунтів за допомогою біотестів обґрунтована численними дослідженнями вчених різних країн. В Україні методи біотестування знайшли своє відображення в нормативних документах: ДСТУ ISO 11269 – 2 – 2002 «Вплив хімічних речовин на проростання і ріст вищих рослин», ДСТУ ISO 11269-1-2004 «Метод визначення гальмівної дії на ріст коренів» [24-25].

## ВИСНОВКИ

Біотестування дозволяє встановити токсичність середовища за допомогою тест-об'єктів, які сигналізують про небезпеку незалежно від того, які речовини і в якому поєднанні призводять до змін життєво важливих функцій у тест-об'єкті.

Проте, незважаючи на те, що методи біоіндикації мають певні переваги щодо отримання безпосередньої інформації про зміни стану біоти в умовах забруднення (оперативність проведення; доступність і простота проведення досліджень; повторюваність і достовірність отриманих результатів; економічність, низька собівартість; об'єктивність отриманих результатів), вони повинні поєднуватись з іншими аналітичними методами контролю природного середовища для отримання не лише якісних, а й кількісних відомостей токсичності ґрунтів та інших компонентів біосередовища.

Одним із головних аспектів екологічної безпеки сьогодення є проведення моніторингу довкілля з метою оцінки техногенного навантаження. Методи біотестування дозволяють порівняно швидко отримати інформацію про наявність у середовищі токсичних речовин, тому пропонуємо їх внести до переліку моніторингових досліджень при оцінці забруднення біосередовища, зокрема ґрунтів міських та приміських територій.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Багдасарян А. С. Биотестирование почв техногенных зон городских территорий с использованием растительных организмов [Текст] // Дис. канд. биол. наук. – Ставрополь, 2005. – 159 с.
2. Бардина Т. В. Изучение экотоксичности урбаноземов методами биотестирования [Текст] / Т. В. Бардина, М. В. Чугунова, В. И. Бардина // «Живые и биокосные системы». – 2013. – № 5. – Режим доступа: <http://www.jbks.ru/archive/issue-5/article-8>.
3. Берестецкий О. Методы определения токсичности почв [Текст] / О. Берестецкий. – Киев: Урожай, 1971. – С. 139–243.



4. Біоіндикація. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами на пряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» [Текст] / А. І. Горова, А. В. Павличенко, О. О. Борисовська, В. Ю. Грунтова, О. В. Деменко; Д.: Національний гірничий університет, 2014. – 76 с.
5. Біоіндикація та біотестування: навчальний посібник [Текст] / В. В. Никифоров, С. В. Дігтяр, О. В. Мазницька, Т. Ф. Козловська – Кременчук : КрНУ, 2016. – 100 с
6. Білявський Г. О. Основи екології: Підручник.- 2-ге вид. [Текст] / Г.О. Білявський, Р. С. Фурдуй, І. Ю. Костіков. - К.: Либідь, 2005. - 408 с.
7. Биологические методы оценки качества объектов окружающей среды : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 2. Методы биотестирования [Текст] / С. М. Чеснокова, Н. В. Чугай ; Владим. гос. ун-т. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2008. – 92 с.
8. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / под ред. О. П. Мелехова, Е. И. Сераульцева. — М.: Издательский центр «Академия», 2010. — 288 с.
9. Бешлей З. М. Використання рослинних тест-систем для оцінки токсичності техногенно забруднених субстратів [Текст] / З. М. Бешлей, С. В. Бешлей, В. І. Баранов, О. І. Терек // Вісник Харківського національного аграрного університету. Сер. : Біологія. - 2014. - Вип. 1. - С. 97-102. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhnau\\_biol\\_2014\\_1\\_123](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhnau_biol_2014_1_123)
10. Бубнов А. Г. Биотестовый анализ – интегральный метод оценки качества объектов окружающей среды: учебно-методическое пособие [Текст] / А. Г. Бубнов // ГОУ ВПО Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2007. – 112 с.
11. Валерко Р. А. Особливості біотестування антропогенно забруднених ґрунтів з метою їх екологічної оцінки [Текст] / Р. А. Валерко // Вісник Харківського національного аграрного університету. Сер. : Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство. – 2013. – № 2. – С. 262-266. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhnau\\_grunt\\_2013\\_2\\_51](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhnau_grunt_2013_2_51)
12. Вардуни Т. В. Перестройки хромосом в клетках высших растений как показатель мониторинга мутагенов окружающей среды: автореф. канд. биол. наук [Текст] / Т. В. Вардуни Воронеж. – 1997. – 24 с.
13. Виноградов Б. В. Биоиндикация в рамках геоэкологии [Текст] // Биоиндикация в городах и пригородных зонах: Сб. науч. трудов. – М.: Наука, 1993. – С. 5-11.
14. Голубкова Е. Г. Биологические основы изучения, освоения и охраны животного и растительного мира, почвенного покрова Восточной Феноскандии [Текст] / Е. Г. Голубкова // Матер. научн. конф. – Петрозаводск. – 1999. – С. 74 - 75.
15. Григорчук І. Д. Використання рослинних біоіндикаторів для оцінки токсичності ґрунтів на території м. Кам'янець-Подільського [Текст] / І. Д. Григорчук // Біологічні системи. — 2016. — Т. 8, Вип. 2. — С. 212-218. — Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvchu\\_biol\\_2016\\_8\\_2\\_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvchu_biol_2016_8_2_12)
16. Гришко В. М. Тестування впливу сполук фтору на рослини [Текст] / В. М. Гришко // Науковий вісник Чернівецького нац.університету. — 2008, Вип.417. — С.315-319
17. Гришко В. Н. Функционирование глутатионзависимой антиоксидантной системы и устойчивость растений при действии тяжелых металлов и фтора [Текст] / В. Н. Гришко, Д. В. Сыщиков. – К.: Наукова думка, 2012. – 238 с.
18. Грицак Л. Р. Біоіндикаційні методи для потреб системного аналізу якості довкілля / Л. Р. Грицак, І. М. Барна, І. М. Кодлюк, І. І. Сельська, Ю. Т. Сплавінська, Х. В. Сукар, С. С. Барна // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія : Географія. — 2017. — № 2. — С. 153-165. —Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/NZTNPUg\\_2017\\_2\\_26](http://nbuv.gov.ua/UJRN/NZTNPUg_2017_2_26)
19. Губачов О. І. Особливості використання рослин для біотестування ґрунтів з метою визначення рівня екологічної безпеки промислових територій [Текст] / О. І. Губачов // Наук. Вісник КУЕІТУ. Нові технології. – 2010. – № 3 (29). – С. 164–171.
20. Дідух Я. П. Основи біоіндикації [Текст] / Я. П. Дідух. – Київ: НВП «Видавництво «Наукова думка» НАН України, 2012. – 344 с.

21. Джура Н. М. Возможности использования растительных тест-систем для биомониторинга нефтезагрязненных грунтов [Текст] // Биологические студии. – 2011. – Т. 5, № 3. – С. 181–188.
22. Джура Н. М. Использование растений для рекультивации грунтов, загрязненных нефтью и нефтепродуктами [Текст] / Н. М. Джура, О. І. Романюк, Ян Гонсьор, О. М. Цвілинюк, О. І. Терек // Экология та ноосферология. – 2006. – Т. 17, Вып. 1–2. – С. 55–60.
23. Домусчи С. В. Оцінка впливу господарської діяльності населення села Розівка на екологічний стан ґрунтів [Текст] / С. В. Домусчи, В. І. Тригуб // Вісник Одеського національного університету. Серія: Географічні та геологічні науки. – 2019. – Т. 24, вип. 1(34). – С. 98-107.
24. ДСТУ ISO 11269-1:2004. Якість ґрунту [Текст]. Визначання дії забрудників на флору ґрунту. Ч. 1. Метод визначення гальмівної дії на ріст коренів (ISO 11269-1:1993, IDT). [Чинний від 2005-07-01]. К. : Держспоживстандарт України, 2005. 14 с.
25. ДСТУ ISO 11269-2:2002. Якість ґрунту [Текст]. Визначання дії забрудників на флору ґрунту. Ч. 2. Вплив хімічних речовин на проростання та ріст вищих рослин (ISO 11269-2:1995, IDT). [Чинний від 2004-07-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2004. 14 с.
26. Евгеньев М. И. Тест — методы и экология [Текст] / М. И. Евгеньев // Соросовский образовательный журнал. — 1999. — № 11. — С. 29 — 34.
27. Егорова Е. И. Биотестирование и биоиндикация окружающей среды [Текст] / Е. И. Егорова, В. И. Белолипецкая. – Обнинск, 2000. – С. 80
28. Еремченко О. З. Использование тест-культур для оценки экологического состояния городских почв [Текст] / О. З. Еремченко, Н. В. Москвина, И. Е. Шестаков, А. А. // Швецов Вестник ТГУ. – 2014. – Т.19, Вып.5. – С. 1280– 1284.
29. Жмур Н. С. Государственный и производственный контроль токсичности вод методами биотестирования в России / Н. С. Жмур. – М. : Междунар. дом сотрудничества, 1997. – 117 с.
30. Жук Е. А. Особенности распределения тяжелых металлов в верхнем горизонте городских почв / Е. А. Жук // Мінералогічний Журнал. 2004. Вип. 26, № 2. С. 61–66.
31. Захаров В. М. Биотестирование как интегральная оценка здоровья систем и отдельных видов [Текст] / В. М. Захаров, Д. М. Кларк. – М.: Москва, 1995, 68 с.
32. Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение [Текст] / В. Б. Ильин. – Новосибирск: Наука, 1991. – 51 с.
33. Илющенко В. П. Чувствительность Allium — теста к присутствию тяжелых металлов в водной среде [Текст] / В. П. Илющенко, В. Н. Щегольков // Химия и технология воды. – 1990. – Т. 12. – №3. – С. 275 - 278.
34. Кабилов Р. Р. Разработка и использование многокомпонентной тест-системы для оценки токсичности почвенного покрова городской территории [Текст] / Р. Р. Кабилов, А. Р. Сагитова, Н. В. Суханова // Экология. – 1997. - № 6. – С. 408-411
35. Казеев К. Ш. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследования [Текст] / К. Ш. Казеев, С. И. Колесников, В. Ф. Вальков. – Ростов-на-Дону. – 2003. – 204 с.
36. Карпинский А. Могут ли живые растения быть указателями горных пород и формаций, на которых они встречаются...? [Текст] / А. Карпинский // Журн. садоводства. – 1841. – № 3. – С. 67-72.
37. Крайнюкова А. Н. Использование биотестирования при оценке состояния компонентов окружающей среды и контроле источников их загрязнения в условиях Украины [Текст] / Актуальные проблемы водной токсикологии: сб. ст /под.ред. Б. А. Флерова // Ин-т биологии внутренних вод РАН. Борок, 2004. – С. 68-80.
38. Кучеренко Т. В. Використання біотесту Allium сера L. (цибуля звичайна) для оцінювання антропогенного забруднення навколишнього середовища [Текст] / Т. В. Кучеренко, Є. О. Головатюк // Агроекологічний журнал. – 2008. – № 4. – С. 79–83.
39. Маячкина Н. В. Особенности биотестирования почв с целью их экотоксикологической оценки [Текст] / Н. В. Маячкина, М. В. Чугунова // Вестник Нижегород. ун-та им. Н. И. Лобачевского. – 2009. – № 1. – С. 84–93.

40. Меннинг У. Д. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений [Текст] / У. Д. Меннинг, У. А. Федер. — Л. : Гидропромиздат, 1985. — 175с.
41. Морозова О. Г. Оценка токсичности воды методом биотестирования [Текст] / О. Г. Морозова, Н. Н. Бабаева, С. В. Морозов, С. М. Репях // Почвоведение. — 2001. — №1. — С. 89–92.
42. Оливернусова Л. Оценка состояния окружающей среды методом комплексной биоиндикации [Текст] / Л. Оливернусова. — М. : Наука. — 1991 — 56 с.
43. Реймерс Н. Ф. Словарь терминов и понятий, связанных с охраной живой природы [Текст] / Н. Ф. Реймерс, А. В. Яблоков. — М. : Наука, 1982. — 144с.
44. Седельникова Л. Л. Использование метода биотестирования экологического состояния в городской среде [Текст] / Л. Л. Седельникова, Н. И. Ларичкина, А. А. Седельникова // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». — 2014. — Том 27 (66), №5. — С. 154–159.
45. Шевчук Л. З. Екологічна оцінка та фіторе mediaція нафтозабруднених ґрунтів [Текст] / Автореф. на здобуття наук. ступ. канд. біол. наук. — Дніпро — 2017, — 22с.
46. Яковишина Т. Ф. Экоотоксикологическая оценка городских почв методом биотестирования [Текст] / Т. Ф. Яковишина // Universum. Химия и биология. — 2015. — № 8 (16). — Режим доступа: [https://docs.google.com/viewer?url=http://universum.com/pdf/nature/8\(16\)/Yakovyshyna.pdf](https://docs.google.com/viewer?url=http://universum.com/pdf/nature/8(16)/Yakovyshyna.pdf).
47. Brown, K. W., Donnelly, K. C., Thomas, J. C., Davol, P., Scott, B. R. Mutagenicity of three agricultural soils // Sci. Total Environ. — 1985. 4–1. — P. 173-186.
48. Cabrera G.L., Rodriguez D.M. Genotoxicity of soil from farmland irrigated with wastewater using three plant bioassays. // Mutat Res. — 1999. — 19;426(2) — P.211-214.
49. Goggleman, W., Spitzauer, P. Mutagenicity in agricultural soils // Carcinogens and Mutagens in the Environment. — 1982. — Vol. 3. — P. 178-183.

## REFERENCES

1. Bagdasarjan A. S. (2005), Biotestirovanie pochv tehnogennyh zon gorodskih territorij s ispol'zovaniem rastitel'nyh organizmov [Biotesting of soils of man-made zones of urban areas using plant organisms], Candidate's thesis, Stavropol', 159 p.
2. Bardina T. V., Chugunova M. V., Bardina V. I. (2013), Izuchenie jekotoksichnosti urbanozemov metodami biotestirovanija [Study of ecotoxicity of urban environments by biotesting methods]. *Zhivyye i biokosnye sistemy* [Live and biocosal systems] (electronic journal), № 5. Available at: <http://www.jbks.ru/archive/issue-5/article-8>.
3. Beresteckij O. (1971), Metody opredelenija toksichnosti pochv [Methods for determining soil toxicity], Kiev: Urozhaj, p. 39–243.
4. Horova A. I., Pavlychenko A. V., Borysovs'ka O. O., Gruntova V. Yu., Demenko O. V. (2014), Bioindykatsiya. Metodychni rekomendatsiyi do vykonannya laboratornykh robit studentamy napryamu pidhotovky 6.040106 «Ekolohiya, okhorona navkolyshn'oho seredovyscha ta zbalansovane pryrodokorystuvannya» [Bioindication. Methodological recommendations for laboratory works by students in the direction of preparation 6.040106 «Ecology, environmental protection and balanced environmental management»], *D.: Nacional'nij girnichij universitet*, 76 p.
5. Nykyforov V. V., Dihtyar S. V., Maznyts'ka O. V., Kozlovs'ka T. F. Bioindykatsiya ta biotestuvannya: navchal'nyy posibnyk [Bioindication and Bioesting], *Kremenchuk: KrNU*, 100 p.
6. Bilyavs'kyu H. O., Furdyu R. S., Kostikov I. Yu. (2005), Osnovy ekolohiyi: Pidruchnyk.- 2-he vyd. [Basics of ecology], K.: Lybid', 408 p.
7. Chesnokova S. M., Chugaj N. V. (2008), Biologicheskie metody ocenki kachestva obektov okruzhajushhej sredy : ucheb. posobie. V 2 ch. Ch. 2. Metody biotestirovanija [Biological methods for assessing the quality of environmental objects], *Vladim. gos. un-t. Vladimir : Izd-vo Vladim. gos. un-ta*, 92 p.
8. Melehova O. P., Seraul'ceva E. I. (2010), *Biologicheskij kontrol' okruzhajushhej sredy: bioindikacija i biotestirovanie [Biological Control of the Environment: bioindication and biotesting]*, M.: Izdatel'skij centr «Akademija», 288 p.

9. Beshley Z. M., Beshley S. V., Baranov V. I., Terek O. I. (2014), Vykorystannya roslynykh test-system dlya otsinky toksychnosti tekhnohenno zabrudnennykh substrativ [The use of plant test systems to assess the toxicity of man-made contaminated substrates]. *Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu. Ser.: Biolohiya* [Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series: Biology] (electronic journal), vol. 1, pp. 97-102. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhnau\\_biol\\_2014\\_1\\_123](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhnau_biol_2014_1_123).
10. Bubnov A. G. (2007), Biotestovyy analiz – integral'nyy metod ocenki kachestva ob'ektov okruzhajushhej srody: uchebno-metodichskoe posobie [Biotest analysis is an integral method of assessing the quality of environmental objects], GOU VPO Ivan. Gos. Him.-tehnol. un-t. Ivanovo, 112 p.
11. Valerko R. A. (2013), Osoblyvosti biotestuvannya antropohenno zabrudnennykh gruntiv z metoyu yikh ekotoksychnoyi otsinky [Features of bioesting anthropogenically contaminated soils for their ecotoxic assessment]. *Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu. Ser.: Hruntoznavstvo, ahrokhimiya, zemlerobstvo, lisove hospodarstvo* [Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series: Soil science, agrochemicals, agriculture, forestry.], № 2, pp. 262-266. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhnau\\_grunt\\_2013\\_2\\_51](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhnau_grunt_2013_2_51)
12. Varduni T. V. (1997), Perestrojki hromosom v kletkah vysshih rastenij kak pokazatel' monitoringa mutagenov okruzhajushhej srody [Restructuring of chromosomes in the cells of higher plants as an indicator of monitoring of environmental mutagen], Extended abstract of candidate's thesis, Voronezh, 24 p.
13. Vinogradov B. V. (1993), Bioindikacija v ramkah geojekologii [Bioindication within geoecology]. *Bioindikacija v gorodah i prigorodnyh zonah: Sb. nauch. Trudov* [Bioindication in cities and suburban areas], M.: Nauka, pp. 5-11.
14. Golubkova E. G. (1999), Biologicheskie osnovy izuchenija, osvoenija i ohrany zhivotnogo i rastitel'nogo mira, pochvennogo pokrova Vostochnoj Fenoskandii [Biological basics of study, development and protection of the animal and plant world, soil cover of East Fenoscandia]. *Mater. nauchn. konf. Petrozavodsk*, pp. 74 - 75.
15. Hryhorchuk I. D. (2016), Vykorystannya roslynykh bioindykatoriv dlya otsinky toksychnosti hruntiv na terytoriyi m. Kam"yantsya-Podil's'koho [The use of plant bioindicators to assess soil toxicity in the city of Kamyantsya-Podilsky] *Biologichni systemy* [Biological systems], T. 8, vol. 2, pp. 212-218. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvchu\\_biol\\_2016\\_8\\_2\\_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvchu_biol_2016_8_2_12)
16. Hryshko V. M. (2008), Testuvannya vplyvu spoluk fluoru na roslyny [Testing the effects of fluoride compounds on plants]. *Naukovyy visnyk Chernivets'koho nats.universytetu* [Scientific Bulletin of Chernivtsi National University], vol. 417, pp. 315-319
17. Grishko V. N., Syshhikov D. V. (2012), *Funkcionirovanie glutationzavisimoy antioksidantnoj systemy i ustojchivost' rastenij pri dejstvii tzhelyh metallov i flora* [Functioning of glutathione-dependent antioxidant system and plant resistance in heavy metals and fluoride], K.: Naukova dumka, 238 p.
18. Hrytsak L. R., Barna I. M., Kodlyuk I. M., Sel's'ka I. I., Splavins'ka Yu. T., Sukar Kh. V., Barna S. S. (2017), Bioindykatsiyni metody dlya potreb systemnoho analizu yakosti dovkillya [Bioindicial methods for the needs of systematic analysis of environmental quality]. *Naukovi zapysky Ternopil's'koho natsional'noho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Seriya: Heohrafiya* [Scientific notes of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Geography], № 2, pp. 153-165. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/NZTN-PUg\\_2017\\_2\\_26](http://nbuv.gov.ua/UJRN/NZTN-PUg_2017_2_26)
19. Hubachov O. I. (2010), Osoblyvosti vykorystannya roslyn dlya biotestuvannya gruntiv z metoyu vyznachennya rivnya ekolohichnoyi bezpeky promyslovykh terytorij [Features of plant use for soil bioestinstation in order to determine the level of ecological safety of industrial areas]. *Nauk. visnyk KUEITU. Novi tekhnolohiyi* [Scientific Bulletin Kremenchuk University of Economics, Information Technology and Management. New technologies], №3 (29), pp. 164–171.
20. Didukh Ya. P. (2012), Osnovy bioindykatsiyi [Basics of bioindication], Kyiv: NVP «Vydavnytstvo «Naukova dumka» NAN Ukrainy, 344 p.

21. Dzhura N. M. (2011), Mozhlivosti vykorystannya roslynnykh test-system dlya biomonitoryngu nafto zabrudnennykh hruntiv [Opportunities to use plant test systems for bioonitoring of oil contaminated soils]. *Biologichni studiyi* [Biological studies], T. 5, № 3, pp. 181–188.
22. Dzhura N. M., Romanyuk O. I., Hons'or Yan, Tsvilynyuk O. M., Terek O. I. (2006), Vykorystannya roslyn dlya rekultyvatsiyi gruntiv, zabrudnennykh naftoyu i naftoproduktamy [Use of plants for soil reclamation contaminated with oil and petroleum products]. *Ekolohiya ta noosferolohiya* [Ecology and noospherology], T. 17, vol. 1–2, pp. 55–60.
23. Domuschy S. V., Tryhub V. I. (2019), Otsinka vplyvu hospodars'koyi diyal'nosti naselennya sela Rozivka na ekolohichnyy stan gruntiv [Assessment of the impact of economic activity of the population of Rozivka village on the ecological state of soils]. *Visnyk Odes'koho natsional'noho universytetu. Seriya: Heohrafichni ta heolohichni nauky* [Bulletin of Odessa National University. Series: Geographical and geological sciences], T. 24, vol. 1(34), pp. 98–107.
24. DSTU ISO 11269-1:2004. Yakist' gruntu. Vyznachannya diyi zabrudnykiv na floru gruntu. Ch. 1. Metod vyznachennya hal'mivnoyi diyi na rist koreniv (ISO 11269-1:1993, IDT). [Chynnyy vid 2005-07-01]. K. : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2005. 14 p.
25. DSTU ISO 11269-2:2002. Yakist' gruntu. Vyznachannya diyi zabrudnykiv na floru gruntu. Ch. 2. Vplyv khimichnykh rehovyn na prorostannya ta rist vyshchykh roslyn (ISO 11269-2:1995, IDT). [Chynnyy vid 2004-07-01]. K.: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2004. 14 p.
26. Evgen'ev M. I. (1999), Test — metody i jekologija [The test is methods and ecology]. *Sorosovskij obrazovatel'nyj zhurnal* [Soros Educational Journal], № 11. pp. 29 — 34.
27. Egorova E. I., Belolipeckaja V. I. (2000), Biotestirovanie i bioindikacija okruzhajushhej sredy [Biotesting and bio-dictating the environment], Obninsk, 80 p.
28. Eremchenko O. Z., Moskvina N. V., Shestakov I. E., Shvecov A. A. (2014), Ispol'zovanie test-kul'tur dlja ocenki jekologicheskogo sostojanija gorodskih pochv [Using test crops to assess the ecological condition of urban soils]. *Vestnik TGU* [Tomsk State University Herald], T.19, vol. 5, pp. 1280–1284.
29. Zhmur N. S. (1997), Gosudarstvennyj i proizvodstvennyj kontrol' toksichnosti vod metodami biotestirovanija v Rossii [State and production control of water toxicity by biotesting methods in Russia], M. : Mezhdunar. dom sotrudnichestva, 117 p.
30. Zhuk E. A. (2004), Osobennosti raspredelenija tjazhelyh metallov v verhnem gorizonte gorodskih pochv [Features of the distribution of heavy metals in the upper horizon of urban soils]. *Mineralogichnij zhurnal* [Mineralogical journal], vol. 26, № 2, pp. 61–66.
31. Zaharov V. M., Klark D. M. (1995), Biotestirovanie kak integral'naja ocenka zdorov'ja sistem i odel'nyh vidov [Biotesting as an integral assessment of healthy systems and individual species], M.: Moskva, 68 p.
32. Il'in V. B. (1991), Tjzhelye metally v sisteme pochva – rastenie [Heavy metals in the soil system - plant], Novosibirsk: Nauka, 51 p.
33. Iljushhenko V. P., Shhegol'kov V. N. (1990), Chuvstvitel'nost' Allium — testa k prisutstvu tjazhelyh metallov v vodnoj brede [Allium sensitivity - test to the presence of heavy metals in aquatic delirium]. *Himija i tehnologija vody* [Chemistry and water technology] T. 12, № 3, pp. 275 - 278.
34. Kabirov R. R., Sagitova A. R., Suhanova N. V. (1997) Razrabotka i ispol'zovanie mnogokomponentnoj test-sistemy dlja ocenki toksichnosti pochvennogo pokrova gorodskoj territorii [The development and use of a multi-component test system to assess the toxicity of urban soil cover] *Jekologija* [Ecology], № 6, pp. 408–411
35. Kazeev K. Sh., Kolesnikov S. I., Val'kov V. F. (2003), Biologicheskaja diagnostika i indikacija pochv: metodologija i metody issledovanija [Biological diagnosis and soil indication: methodology and research methods], Rostov-na-Donu, 204 p.
36. Karpinskij A. (1841), Mogut li zhivye rastenija byt' ukazateljami gornyh porod i formacij, na kotoryh oni vstrechajutsja...? [Can living plants be pointers of rocks and formations on which they meet...?]. *Zhurn. sadovodstva* [Journal of Gardening], № 3, pp. 67–72.
37. Krajnjukova A. N. (2004), Ispol'zovanie biotestirovanija pri ocenke sostojanija komponentov

- okruzhajushhej srody i kontrole istochnikov ih zagrjaznenija v uslovijah Ukrainy [The use of biotesting in assessing the state of environmental components and controlling the sources of their pollution in Ukraine]. *Aktual'nye problemy vodnoj toksikologii* [Current water toxicology problems], Borok, pp. 68-80.
38. Kucherenko T. V., Holovatyuk Ye. O. (2008), Vykorystannya biotestu Allium cepa L. (tsybulja zvyčajna) dlya otsynuyvannya antropohennoho zabrudnennya navkolyshn'oho seredovyscha [Using the Allium cepa L. bioest (common onion) to assess anthropogenic pollution]. *Ahroekologichnyy zhurnal* [Agroecologist's Journal], № 4, pp. 79–83.
  39. Majachkina N. V., Chugunova M. V. (2009), Osobennosti biotestirovanija pochv s cel'ju ih jekotoksikologicheskoy ocenki [Features of biotesting of soils for their ecotoxicological assessment]. *Vestnik Nizhegor. un-ta im. N.I. Lobachevskogo* [Nizhny Novgorod University Herald], № 1, pp. 84–93.
  40. Menning U. D., Feder U. A. (1985), Biomonitoring zagrjaznenija atmosfery s pomoshh'ju rastenij [Biomonitoring of air pollution with plants], L. : Gidropromizdat, 175 p.
  41. Morozova O. G., Babaeva N. N., Morozov S. V., Repjah S. M. (2001), Ocenka toksichnosti vody metodom biotestirovanija [Assessment of water toxicity by biotesting]. *Pochvovedenie* [Soil science], №1, pp. 89 – 92.
  42. Olivernusova L. (1991), Ocenka sostojanija okruzhajushhej srody metodom kompleksnoj bioindikacii [Assessment of the environment by integrated bio-indication], M. : Nauka, 56 p.
  43. Rejmers N. F., Jablovkov A. V. (1982), Slovar' terminov i ponjatij, svjazannyh s ohranoj zhivoj prirody [Dictionary of terms and concepts related to wildlife conservation], M. : Nauka, 144 p.
  44. Sedel'nikova L. L., Larichkina N. I., Sedel'nikova A. A. (2014), Ispol'zovanie metoda biotestirovanija jekologicheskogo sostojanija v gorodskoj srede [Using the method of biotesting the environmental condition in urban environments]. *Uchenye zapiski Tavricheskogo nacional'nogo universiteta im. V. I. Vernadskogo. Serija «Biologija, himija»* [Scientists note the Taurus National University by I.V. Vernadsky. Biology, Chemistry series], T. 27 (66), № 5, pp. 154–159.
  45. Shevchuk L. Z. (2017), Ekologichna otsinka ta fitoremediatsiya naftozabrudnenykh hruntiv [Ecological assessment and phytoremediation of oil-contaminated soils], Extended abstract of candidate's thesis Dnipro, 22 p.
  46. Jakovishina T. F. (2015), Jekotoksikologicheskaja ocenka gorodskih pochv metodom biotestirovanija [Ekotoxicological percentage of city soils by biotesting]. *Universum. Himija i biologija*, № 8 (16). Available at [https://docs.google.com/viewer?url=http://7universum.com/pdf/nature/8\(16\)/Yakovyshyna.pdf](https://docs.google.com/viewer?url=http://7universum.com/pdf/nature/8(16)/Yakovyshyna.pdf). [Accessed 22 September 2020]
  47. Brown, K. W., Donnelly, K. C., Thomas, J. C., Davol, P., Scott, B. R. Mutagenicity of three agricultural soils // *Sci. Total Environ.* – 1985. – 41. – P. 173-186.
  48. Cabrera G.L., Rodriguez D.M. Genotoxicity of soil from farmland irrigated with wastewater using three plant bioassays. // *Mutat Res.* – 1999. – 19;426(2) – P.211- 214.
  49. Goggleman, W., Spitzauer, P. Mutagenicity in agricultural soils // *Carcinogens and Mutagens in the Environment.* – 1982 – Vol. 3– P. 178-183.

Надійшла 13.11.2020 р.

**В. И. Тригуб**, канд. геогр. наук

**С. В. Домусчи**, аспирант

Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова  
кафедра географии Украины, почвоведения и земельного кадастра  
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина  
v.trigub07@gmail.com

## **БИОТЕСТИРОВАНИЕ КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ТОКСИЧНОСТИ ПОЧВ**

В статье рассмотрена возможность использования биотестирования как современного информационного метода при оценке загрязнении окружающей среды в целом и почвенного покрова в частности разнообразными токсическими веществами. Выделены периоды развития фитоиндикационных исследований. Определена роль биологических методов при исследовании токсичности городских почв в условиях современной антропогенной нагрузки. Предлагается внести методы биотестирования в перечень мониторинговых исследований при оценке загрязнения объектов биосреды городских и пригородных территорий.

**Ключевые слова:** биотестирование, методы исследования, загрязнение, токсичность, городские почвы

**V. I. Trigub**

**S. V. Domuschi**

Odessa I. I. Mechnikov National University  
Department of Geography of Ukraine, Soil Science and Land Cadastre  
st. Dvoryanskaya, 2, Odessa, 65082, Ukraine  
v.trigub07@gmail.com

## **BIOTESTING AS A METHOD OF SOIL TOXICITY STUDY**

### **Abstract**

**Problem Statement and Purpose.** In the conditions of economic crisis, significant reduction of funds for scientific research on the one hand, and deterioration of the ecological state of the natural system "environment-man" on the other, there is an urgent necessity to use less expensive but modern methods of research of man-made soils with the aim of doing its ecotoxic assessment. One of the most common methods that meet these needs are biotesting methods. In today's conditions, they are used by biologists, ecologists, geologists, soil scientists, physicians. Such "popularity" of biotesting methods is caused by their simplicity of performance, wide possibilities of researches, considerable informativeness concerning pollution of practically all components of environment. The *purpose* of this study is to analyze and summarize existing methods of biotesting in order to use them in determining the ecological status of soils.

**Data & Methods.** As a methodological basis used the developments that are out-lined in scientific papers published by R. Kabirov, K. Kozeev, J. Didukh, A. Gorova, A. Bubnov, O. Baghdasaryan and own research concerning biotesting of soils of the city of Odessa were used. Both general scientific methods (analysis and synthesis, systematic approach, induction and deduction) and specific scientific methods were used in the work: historical-geographical, comparative- geographical.

**Results.** The current system of environmental pollution control is based on a quantitative comparison of the component composition of samples with the maximum allowable concentrations of bulk forms of pollutants. This approach does not allow taking into account all possible interactions between chemical compounds; is time-consuming in research and does not determine the effect of mobile forms, the most toxic to living organisms. To determine the degree of toxicity of soils and other components of the bioenvironment is possible through biotesting. Modern methods of biotesting make it possible to obtain an integrated toxicological characteristic of complex contamination of both soils and other components of the bioenvironment by the reaction of living organisms.

Various test systems, from bacteria to mammals, are used to assess the state of the environment. However, the most common methods of biotesting are tests with using plants. With the help of plants bioindication of various components of the natural environment is conducted. Indicator plants are used in assessing the acid composition of soils, their fertility, waterlogging and salinization; the degree of mineralization of groundwater and the degree of air pollution by various gaseous compounds, etc. In recent decades, special attention has been paid to the study of the ecological condition of urban and suburban areas. A feature of soil pollution (especially urban) with chemicals is their multicomponent nature. Currently, biotesting methods are widely used in soil research due to oil pollution, heavy metal pollution of urban areas, anthropogenic pollution of rural areas, pollution by fluoride compounds and other toxic substances that degrade not only the environment but also significantly affect human health.

Despite some disadvantages of biotesting, the prospects of controlling anthropogenic soil pollution with biotests are justified by numerous studies by scientists from different countries. Biotesting methods can be recommended for continuous rapid monitoring of the environment of industrial areas and natural and economic complexes, control of harmful emissions of enterprises, environmental certification of enterprises and individual areas. The ecological status of bioindicators can be used as additional information in assessing of public health

**Key words:** biotesting, research methods, pollution, toxicity, urban soils