

УДК 504:57

ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ УРБОЕКОСИСТЕМИ МІСТА КИЇВА ЗА ПОКАЗНИКОМ УШКОДЖЕНОСТІ БІОІНДИКАТОРА

Т. Б. Кудрявська, А. О. Дичко

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»
вул. Борщагівська, 115, м. Київ, 03056, Україна. E-mail: t.kudryavska@kpi.ua

Розглянута актуальність проблеми забруднення атмосферного повітря в промислово розвинених містах. Визначено основні джерела забруднення урбоєкосистеми м. Києва. Запропоновано використання методів біоіндикації для визначення антропогенного навантаження на атмосферу. Наведені основні відмінності у підході до визначення поняття індикатора в країнах Європи та Україні. Приведена Європейська система оцінки DPSIR, яка поділяє індикатори на шість видів. Обґрунтовано вибір Кульбаби лікарської (*Taraxacum officinalis* Webb.) як рослини-індикатору. Виконано оцінку впливу техногенного середовища на репродуктивні ознаки тест-об'єкту. Експериментально застосовано тест «Стерильність пилку рослин-фітоіндикаторів». На основі отриманих результатів визначено рівень ушкодженості біоіндикатора та поділено територію дослідження на категорії екологічної безпеки за токсико-мутагенним фоном. Виконано інтегральну оцінку якості атмосферного середовища урбоєкосистеми за показниками ушкодженості рослини-біоіндикатора.

Ключові слова: біоіндикація, Кульбаба лікарська, урбоєкосистема, репродуктивні ознаки, стерильність пилку.

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ УРБОЭКОСИСТЕМЫ ГОРОДА КИЕВА ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ПОВРЕЖДЕННОСТИ БИОИНДИКАТОРА

Т. Б. Кудрявская, А. О. Дичко

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»
ул. Борщаговская, 115, г. Киев, 03056, Украина. E-mail: t.kudryavska@kpi.ua

Рассмотрена актуальность проблемы загрязнения атмосферного воздуха в промышленно развитых городах. Определены основные источники загрязнения урбоэкоосистемы г. Киев. Предложено использование методов биоиндикации для определения антропогенной нагрузки на атмосферу. Приведены основные различия в подходе к определению понятия «индикатор» в странах Европы и Украины. Приведена Европейская система оценки DPSIR, которая разделяет индикаторы на шесть видов. Обоснован выбор Одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinalis* Webb) в качестве растения-индикатора. Выполнена оценка влияния техногенной среды на репродуктивные признаки тест-объекта. Экспериментально применен тест «Стерильность пыльцы растений-фитоиндикаторов». На основе полученных результатов определен уровень поврежденности биоиндикаторов и разделена территория исследования на категории экологической безопасности по токсико-мутагенному фону. Выполнена интегральная оценка качества атмосферной среды урбоэкоосистемы по показателям поврежденности растений-биоиндикаторов.

Ключевые слова: биоиндикация, Одуванчик лекарственный, урбоэкоосистема, репродуктивные признаки, стерильность пыльцы.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. В умовах інтенсивного забруднення урбоєкосистеми промисловими підприємствами та автотранспортом, високої щільності міського населення, особливо важливими стають шляхи оптимізації середовища проживання людини.

Зростання антропогенного впливу на навколишнє середовище призводить до негативних змін структури, продуктивності та функціонування екосистем і біосфери в цілому. Сучасні хімічні та фізико-хімічні методи оцінки стану довкілля не можуть показати сумарної дії забруднювачів довкілля на відміну від методів біоіндикації, які дозволяють отримати інформацію як про короткочасну, так і про тривалу дію шкідливої речовини, оскільки рослини є чутливими сенсорами забруднення довкілля. Тому актуальності набувають роботи, спрямовані на створення системи інформативних біоіндикаторів для оцінки стану навколишнього середовища та моніторингу урбанізованих систем.

Метою роботи є екологічна оцінка наслідків впливу техногенних об'єктів на навколишнє середовище міста Києва за допомогою методу біологічного моніторингу.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.

Об'єктом дослідження було обрано місто Київ, досліджувана територія характеризується складним рельєфом, в умовах якого формуються повітряні маси з високою концентрацією забруднюючих речовин.

Основний внесок у забруднення атмосферного повітря в м. Києві здійснюють пересувні джерела. Переважаючими забруднюючими речовинами є оксид вуглецю, сполуки азоту, леткі органічні сполуки, двооксид та інші сполуки сірки, завислі речовини. На їх частку припадає понад 99,38 % від загальної кількості викидів до атмосферного повітря міста.

Для проведення експерименту на території м. Києва було обрано 16 модельних ділянок із різним рівнем антропогенного навантаження. Розташування модельних ділянок відповідає розташуванню стаціонарних постів спостереження Центральної геофізичної обсерваторії, на яких проводиться контроль якості атмосферного повітря. На території кожної ділянки були обрані три тест-полігони, які охоплювали як техногенно-навантажені, так і селітебні зони. На кожному з них виділялося по три моніторин-

гових точки, на яких проводився відбір зразків рослин. Усього досліджено близько 150 моніторингових точок.

Серед індикаторних біотестів цитогенетичні є найбільш інформативними та високочутливими, оскільки в умовах забруднення довкілля збільшується кількість стерильних пилкових зерен [1]. Для досягнення поставленої мети був застосований метод визначення стерильності пилку рослин-фітоіндикаторів.

Важливим етапом після вибору необхідної методики є обрання відповідних індикаторів, які адекватно сигналізуватиме про забруднення урбоєкосистеми.

Поняття «індикатор» відрізняється в країнах Європейського союзу та Україні. Згідно з визначенням Європейського агентства з навколишнього середовища індикатор – це показник, переважно кількісний, який використовують для оцінки стану навколишнього середовища та використання якого дозволяє зрозуміти функціонування складних екологічних процесів у навколишньому середовищі.

Залежно від мети, яку необхідно досягти в екологічній політиці, індикатори можуть виконувати різні ролі [2]:

- оцінка стану;
- оцінка продуктивності;
- оцінка ефективності;
- оцінка загального добробуту.

За останні два десятиліття Європейське агентство з навколишнього середовища (ЕЕА) опублікувало перелік критеріїв оцінок та індикаторів для більшості європейських екологічних проблем. Сьогодні він включає до себе 12 розділів і більш ніж 200 екологічних індикаторів. Переважна кількість цих індикаторів призначені для підтримки екологічної політики, що базується на даних, зібраних ЕЕА, а також статистичних даних від інших міжнародних організацій.

Система оцінки DPSIR поділяє індикатори на шість видів: індикатори рушійної сили, тиску, стану, впливу і реагування. Така класифікація допомагає структурувати уявлення про взаємодію між навколишнім середовищем і соціально-економічною діяльністю. Вона використовується для допомоги в розробці оцінок, визначені індикаторів, повідомлені про результати і може сприяти підвищенню ефективності екологічного моніторингу і збору інформації.

Простіше кажучи, відповідно до структури DPSIR, соціальний і економічний розвиток призводить до змін (D-drive), що чинять тиск (P-pressure) на навколишнє середовище. Як наслідок, відбуваються зміни в стані (S-state) навколишнього середовища, які призводять до впливу на (I-impacts), наприклад, здоров'я людини, функціонування екосистем та економіки. Нарешті громадські та політичні дії (R-responses) прямо чи опосередковано впливають на вище описані системи.

З точки зору екологічної політики, існує потреба в отриманні інформації на всіх ділянках кола DPSIR, для цього і використовують індикатори:

– індикатори рушійної сили описують соціальні та економічні зміни в суспільстві і відповідні зміни в способі життя і загального рівня споживання і виробництва.

– Індикатори тиску описують процеси викиду речовин (наприклад, викиди в повітря або скиди у воду), фізичні та біологічні фактори, використання ресурсів і землекористування. Тиск, який чиниться часто виявляються в зміні умов навколишнього середовища.

– Індикатори стану якісно та кількісно описують фізичні явища (наприклад, температуру), біологічні явища (наприклад, різноманітності місць існування) і хімічні явища (наприклад, критичні навантаження на біоту).

– Індикатори впливу використовуються для опису актуальності змін у стані навколишнього середовища, а також відповідні наслідки для екосистеми, для здоров'я, добробуту і економіки людини.

– Індикатори реагування описують реакцію з боку суспільства та політиків, які намагаються запобігти, компенсувати, зменшити або адаптуватися до змін у стані навколишнього середовища [3].

У нашій країні, індикаторами називають організми або співтовариства організмів, життєві функції яких тісно корелюють з певними чинниками середовища і можуть застосовуватися для їх оцінки.

Оскільки невід'ємною складовою біоти для урболандшафтів є рослини, то цілком виправданим є використання їх як індикаторів. Велика площа контакту та інтенсивний газообмін із довкіллям зумовлюють їх високу чутливість до дії різноманітних забруднюючих факторів, в тому числі і антропогенних [4].

Наявність широкого спектра рослинних біотестів дає можливість застосовувати їх для оцінювання величезної кількості мутагенних – фізичних, хімічних, біологічних – чинників та забруднень довкілля (води, повітря, ґрунту) [5, 6].

Висока ефективність застосування в якості індикатора рослинні організми порівняно з тестами на інших організмах має ряд переваг [7]:

- тести на рослинах відносно недорогі, короткотривалі, прості в застосуванні, високочутливі;
- для рослин-індикаторів розроблено і стандартизовано численні методики;
- вони не потребують складного лабораторного обладнання, тому застосування рослинних тест-систем особливо перспективне в країнах, що розвиваються [8];

– показник кореляції даних, отриманих у рослинних тестах, із результатами тестування на культивованих клітинах ссавців не нижчий від показника кореляції між результатами тестування на інших організмах;

– вищі рослини чутливі щодо впливу канцерогенних агентів [9] тощо.

Індикатором було обрано Кульбабу лікарську (*Taraxacum officinalis* Webb.), тому що у містах вона є поширеною, найбільш невибагливою придорожною рослиною і відповідає всім вимогам, постав-

леним до рослини-індикатора, оскільки належить до другої групи стійкості – стійкі рослини та характеризується:

- а) відносною швидкістю проведення індикації;
- б) одержанням достатньо точних і відтворюваних результатів;
- в) наявністю особин, що використовуються з метою біоіндикації в значній кількості та з однорідними властивостями;
- г) діапазон похибок порівняно з іншими методами тестування не перевищує 20 %;
- д) наявністю у рослини вираженої реакції на вплив забруднюючої речовини, тобто помітних ознак ушкодження, змін швидкості росту, морфологічних змін, порушень цвітіння, змін продуктивності або врожайності;
- е) невибагливістю до умов вирощування;
- є) незначно піддається впливу шкідників;
- ж) можливістю використання недовговічних (трав'яних) рослин, які оновлюються кожного сезону чи кілька разів протягом одного вегетаційного періоду, або дерев'янистих рослин (дерева, куші), що можна висадити на потрібних ділянках і використовувати як індикатори протягом довгого періоду [10].

Відбір пилку рослини-біоіндикатора проводили в травні 2013 року одночасно в усіх точках спостережень (протягом одного дня). За даними Центральної геофізичної обсерваторії за індексом забруднення атмосферного повітря (ІЗА) загальний рівень забруднення у травні в цілому по місту характеризувався як високий. Найбільш забрудненим було повітря в районі Бесарабської площі.

За допомогою методу біоіндикації була проведена оцінка стану атмосферного середовища урбоєкосистеми. В основі методу дослідження стерильності пилкових зерен лежить визначення наявності крохмалю в пилку рослини-біоіндикатора за допомогою йодної реакції, наявність якого вказує на життєздатність зерна. Життєздатне пилкове зерно повністю заповнене крохмалем або містить лише сліди [11].

Стерильність пилкових зерен визначали у відсотках за формулою:

$$M = \frac{G}{N} \times 100 \quad (1)$$

де G – кількість стерильних пилкових зерен; N – кількість досліджених пилкових зерен.

Похибку розрахунку знаходили за виразом:

$$m = \pm \sqrt{\frac{M \times (100 - M)}{N}} \quad (2)$$

При цьому повинна виконуватись умова $3m < M$.

У зв'язку з тим, що усі біоіндикаційні показники мають свої одиниці виміру, Горовою А.І. було запропоновано привести їх в єдину безрозмірну систему умовних показників ушкодження (УПУ) біосистем.

$$УПУ_i = \frac{P_{реал} - P_{комф}}{P_{крит} - P_{комф}} \quad (3)$$

де $УПУ_i$ – і-ий умовний показник ушкоджуваності біопараметру, спричинений несприятливими умовами довкілля;

$P_{комф.}$ і $P_{крит.}$ – експериментально встановлені значення біопараметру в комфортних і критичних для організму умовах відповідно;

$P_{реал}$ – значення біопараметра у досліджуваному варіанті (M, %).

Такий підхід надає можливість виконувати інтегральну оцінку стану довкілля і визначати рівні екологічної небезпеки для людини та біоти.

Результати проведення експерименту, щодо визначення кількості стерильних зерен та переведення їх в безрозмірну систему умовних показників ушкодження наведено в табл. 1 і зображені на рис. 1.

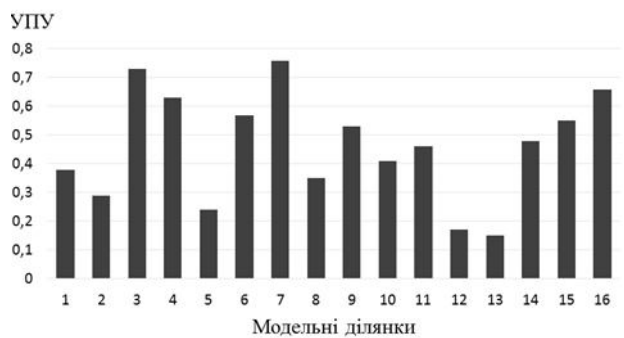


Рисунок 1 – Значення УПУ на різних модельних ділянках

Таблиця 1 – Рівень стерильності пилку

№	Місце відбору зразка	Стерильність пилку (M±m, %)	УПУ
1	Вул. Стражеска, 6а	7,4±0,85	0,38
2	Вул. Довженка, 8	5,6±0,73	0,29
3	Вул. Попудренка, 50	14,2±1,10	0,73
4	Вул. Лазо, 2	12,3±1,04	0,63
5	Пр. Науки, 37	4,7±0,67	0,24
6	Пл. Перемоги	11,1±0,99	0,57
7	Пл. Бесарабська	14,8±1,12	0,76
8	Б-р Лесі Українки, 29	6,9±0,8	0,35
9	Вул. Каунаська, 10а	10,3±0,96	0,53
10	Вул. Межигірська, 56	10,9±0,86	0,41
11	Пр. Перемоги, 98/2	9,0±0,90	0,46
12	Експоцентр України	3,3±0,56	0,17
13	Гідропарк	3,0±0,54	0,15
14	Пр. Оболонський, 14	9,4±0,92	0,48
15	Пл. Московська	10,7±0,98	0,55
16	Вул. Скляренка	13,4±1,08	0,66

За допомогою оцінювальної шкали та умовних показників ушкодження визначаємо рівень ушкодження рослини-біоіндикатора та стан атмосферного повітря досліджуваних ділянок (табл. 2, 3).

Таблиця 2 – Оцінка ушкодженості біоіндикаторів

№	Місце відбору зразка	Рівень ушкодженості біоіндикаторів
1	Вул. Стражеска, 6а	Середній
2	Вул. Довженка, 8	Середній
3	Вул. Попудренка, 50	Вище за середній
4	Вул. Лазо, 2	Вище за середній
5	Пр. Науки, 37	Низький, нижче за середній
6	Пл. Перемоги	Вище за середній
7	Пл. Бесарабська	Високий
8	Б-р Лесі Українки, 29	Середній
9	Вул. Каунаська, 10а	Вище за середній
10	Вул. Межигірська, 56	Середній
11	Пр. Перемоги, 98/2	Середній
12	Експоцентр України	Низький, нижче за середній
13	Гідропарк	Низький, нижче за середній
14	Пр. Оболонський, 14	Середній
15	Пл. Московська	Вище за середній
16	Вул. Скляренка	Вище за середній

Проаналізувавши екологічний стан міста за тест-системою Кульбаба лікарська та тестом «Стерильність пилку рослин-біоіндикаторів» встановлено, що найнижчий УПУ на досліджуваних тест-полігонах «Гідропарк» – 0,15 і «Експоцентр України» – 0,17, а найвищий – на Бесарабській площі – 0,76 і вул. Попудренка – 0,73.

Таблиця 3 – Оцінка токсичності атмосферного повітря м. Києва

№	Місце відбору зразка	Категорія екологічної безпеки території за токсикомутагенним фоном
1	Вул. Стражеска, 6а	Помірно небезпечна
2	Вул. Довженка, 8	Помірно небезпечна
3	Вул. Попудренка, 50	Небезпечна
4	Вул. Лазо, 2	Небезпечна
5	Пр. Науки, 37	Безпечна
6	Пл. Перемоги	Небезпечна
7	Пл. Бесарабська	Надзвичайно небезпечна
8	Б-р Лесі Українки, 29	Помірно небезпечна
9	Вул. Каунаська, 10а	Небезпечна
10	Вул. Межигірська, 56	Помірно небезпечна
11	Пр. Перемоги, 98/2	Помірно небезпечна
12	Експоцентр України	Безпечна
13	Гідропарк	Безпечна
14	Пр. Оболонський, 14	Помірно небезпечна
15	Пл. Московська	Небезпечна
16	Вул. Скляренка	Небезпечна

За нормативні значення показників пошкодження для усіх біопараметрів, що аналізуються, приймають 30 %-ий рівень пошкоджуваності (УПУ-норм=0,3 УПУреал), при якому можливо самовідновлення біологічних систем після закінчення впливу пошкоджуючих факторів.

Визначивши, що значення біопараметру (стерильності пилку) в нормальних для організму (Кульбаба лікарської) умовах становить 6,35 %, можна зробити висновок, що дослідні ділянки «Гідропарк», «Експоцентр України», Вул. Довженка та Пр. Науки відповідають даному значенню, наближеними до нього є ділянки за наступними адресами: вул. Стражеска, 6а, Бул-р Лесі Українки, 29, на всіх інших тест-полігонах спостерігається значне перевищення даного показника, що вказує на додатковий негативний вплив антропогенних чинників.

Інтегральний умовний показник ушкодженості всієї досліджуваної території міста Київ (УПУзаг) дорівнює 0,46, що відповідає «Помірно небезпечній» категорії екологічної безпеки урбоєкосистеми.

Порівнюючи отримані дані з результатами лабораторних досліджень, що проводилися Центральною геофізичною обсерваторією, можна побачити, що високий і вище середнього рівень ушкодженості рослин біоіндикаторів характерний для ділянок з найбільшим рівнем забруднення, тому Кульбабу лікарську можна використовувати як біоіндикатор.

Результати даної роботи аналогічні з раніше проведеними дослідженнями, в яких визначався стан повітряного середовища Солом'янського району м. Києва за цитоморфологічними показниками. При проведенні дослідження було встановлено, що найбільш забрудненими є ділянки, на яких поєднується негативний вплив промислових об'єктів і автотранспорту.

ВИСНОВКИ. Під час виконання дослідження було доведено можливість використання для оцінювання стану навколишнього середовища Кульбабу лікарську.

Результати аналізу рівня стерильності пилкових зерен на території міста Києва свідчать про суттєвий техногенний вплив на навколишнє середовище, що відповідає другій категорії екологічної безпеки території за токсикомутагенним фоном.

Отримані дані під час проведення експерименту в подальшому планується використовувати для розробки методики контролю якості атмосферного повітря біоіндикаційним методом і визначені екологічно допустимих рівнів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бессонова В.П., Лыженко И.И. Влияние загрязненной среды на прорастание и физиологическое состояние пыльцы некоторых древесных растений // Ботанический Журнал. – Санкт-Петербург: Наука, 1991. – Т. 76, № 3. – С. 422–426.

2. ЕЕА (2003), «Environmental indicators: typology and use in reporting», ЕЕА internal working paper, European Environment Agency.

3. Stanners, D., Bosch, P., Dom, A., Gabrielsen, P., Gee, D., Martin, J., Rickard, L. and Weber, J-L (2007), «Frameworks for environmental assessment and indicators at the EEA» in Hak, T., Moldan, B. and Dahl, A.L. «Sustainable Indicators: A scientific assessment», Scientific Committee on Problems of the Environment, Island Press, London.

4. EEA (2012), «Ecosystem resilience and resource efficiency in a green economy in Europe», Environmental indicators report, Denmark.

5. Слущик І.Й. Біоіндикація стану довкілля на урбанізованій території за допомогою представників роду *Populus L.*: автореф. дис. ... канд. біол. наук: спец. 03.00.16 / ЧДУ ім. Федьковича. – Чернівці, 2000. – 18 с.

6. Fatima R.A., Ahmad M. Genotoxicity of industrial wastewaters obtained from two different pollution sources in northern India: a comparison of three bioassays // *Mutation Research*. – 2006. – Vol. 609 (1). – PP. 81–91.

7. Ma T.-H., Carberra G.L., Owens E. Genotoxic agents detected by plant bioassays // *Reviews on Environ Health*. – 2005. – Vol. 20 (5). – PP. 1–13.

8. Grant W.F. The present status of higher plant for the detection of environmental mutagens // *Mutation Research*. – 1994. – Vol. 310, № 2. – PP. 175–185.

9. Ma T.H., Harris M.M., Anderson V.A., Mohammad I.A., Bare J., Lin G. Tradescantia-micronucleus (TradMCN) tests on 140 health-related agents // *Mutation Research*. – 1984. – Vol. 138. – PP. 157–167.

10. Бертиз С., Эндерляйн Х. Влияние загрязнений воздуха на растительность. – М.: Наука, 1989. – 258 с.

11. Моніторинг забруднення ґрунтів Дніпропетровської області рухомими формами важких металів з використанням відгуків біоіндикаторів / А.І. Горова, А.В. Павличенко, Ю.Г. Нероба // *Довкілля та здоров'я*. – 2006. – № 4 (39). – С. 20–24.

POLLUTION ASSESSMENT OF KYIV URBOECOSYSTEM IN TERMS OF THE BIOINDICATOR DAMAGE INDEXES

T. Kudryavskaya, A. Dychko

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"

vul. Borschagivska 115, Kiev, 03056, Ukraine. E-mail: t.kudryavska@kpi.ua

In the paper the authors have discussed the relevance of the problem of air pollution in industrialized cities. Within the research main sources of pollution of Kiev urboecosystem were evaluated and bioindicative methods for the assessment of anthropogenous load on the atmospheric environment were offered. The authors have highlighted the key differences in the definition of the indicator in Europe and Ukraine, and described the European evaluation system DPSIR, which divides all the indicators into 6 types. There was substantiated the choice of dandelion (*Taraxacum officinale*) as an indicator plant and completed the assessment of technological environmental impact on the reproductive features of dandelion. The developed technique "Sterile pollen as a phytoindicator" was experimentally tested. Based on these research results, the damage degree of bioindicators was evaluated and the studied area was divided into environmental safety categories by its toxic-mutagenic background. The integral assessment of the of atmospheric environment quality of urboecosystem was made in terms of damage of the plants-bioindicators.

Key words: bioindication, dandelion, urboecosystem, reproductive features, pollen sterility.

REFERENCES

1. Bessonova, V., Lugenko, I. (1991), "Effect of polluted environment on germination and physiological state of some of the villages of pollen plants", *Botanicheskij gurnal*, vol. 76, no 3, pp. 422–426.

2. EEA (2003), "Environmental indicators: typology and use in reporting", *EEA internal working paper*, European Environment Agency.

3. Stanners, D., Bosch, P., Dom, A., Gabrielsen, P., Gee, D., Martin, J., Rickard, L., and Weber, J-L (2007), "Frameworks for environmental assessment and indicators at the EEA" in Hak, T., Moldan, B., and Dahl, A.L. *Sustainable Indicators: A scientific assessment*, Scientific Committee on Problems of the Environment, Island Press, London, UK.

4. EEA (2012), "Ecosystem resilience and resource efficiency in a green economy in Europe", *Environmental indicators report*, Denmark.

5. Sluchik, I.J. (2000), "Bioindication state of the environment urboarea with the genus *Populus L.*", Thesis abstract for Cand. Sci. (ecology), 03.00.16, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Ukraine.

6. Fatima, R.A., Ahmad, M. (2006), "Genotoxicity of industrial wastewaters obtained from two different

pollution sources in northern India: a comparison of three bioassays", *Mutation Research*, vol. 609, no 1, pp. 81–91.

7. Ma, T.-H., Carberra, G.L., Owens, E. (2005), "Genotoxic agents detected by plant bioassays", *Reviews on Environmental Health*, vol. 20, no 5, pp. 1–13.

8. Grant, W.F. (1994), "The present status of higher plant for the detection of environmental mutagens", *Mutation Research*, vol. 310, no 2, pp. 175–185.

9. Ma, T.H., Harris, M.M., Anderson, V.A., Mohammad, I.A., Bare, J., Lin, G. (1984), "Tradescantia-micronucleus (TradMCN) tests on 140 health-related agents", *Mutation Research*, vol. 138, pp. 157–167.

10. Bertiz, S and Enderlein, X (1989), *Vliyanie zagryazneniya vozduha na rastitelnost* [The influence of air pollution on plants], Nauka, Moscow, Russia.

11. Horova, A.I., Pavlicenco, A.V., and Neroba, Y.G., (2006), "Monitoring of soil contamination Dni-propetrovsk region mobile forms of heavy metals using bioindicators reviews", *Dovkillya i zdorovya*, no. 4 (39), pp. 20–24.

Стаття надійшла 18.10.2013.