

БІОІНДИКАЦІЯ ЯК МЕТОД ЕКОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ СТАНУ ПРИРОДНОГО НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Т. М. Алексєєва

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: dalant58@gmail.com

Проведено дослідження екологічного стану природного навколишнього середовища центральної частини м. Кременчука за допомогою методу біоіндикації. Виявлено та проаналізовано забруднення листя деревних порід важкими металами (залізом, свинцем, марганцем, міддю), що виникає під впливом промисловості й автомобільного транспорту. Проведено порівняння концентрацій важких металів з фоновими показниками й гранично допустимими концентраціями. Розраховано сумарний показник забруднення листя дерев. Розглядається можливість використання результатів даних досліджень з метою озеленення міст.

Ключові слова: біоіндикація, важкі метали, коефіцієнт накопичення, листя дерев.

БИОИНДИКАЦИЯ КАК МЕТОД ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Т. Н. Алексеева

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: dalant58@gmail.com

Проведено исследование экологического состояния природной окружающей среды центральной части города Кременчуга с помощью метода биоиндикации. Вывявлено и проанализировано загрязнение листьев древесных пород тяжелыми металлами (железом, свинцом, марганцем и медью), которое возникает под влиянием промышленности и автомобильного транспорта. Проведено сравнение концентраций тяжелых металлов с фоновыми показателями и предельно допустимыми концентрациями. Вычислен суммарный показатель загрязнения листьев деревьев. Рассматривается возможность использования результатов данных исследований с целью озеленения городов.

Ключевые слова: биоиндикация, тяжелые металлы, коэффициент накопления, листья деревьев.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Відомо, що серед головних чинників, які визначають рівень захворюваності населення, важливе значення має екологічний стан навколишнього середовища. Тотальне забруднення атмосферного повітря, ґрунту, питної води і продуктів харчування шкідливими техногенними речовинами може послужити причиною гострих і хронічних токсичних ефектів. Серед речовин, які визначають негативний вплив на екологічний стан довкілля та становлять загрозу для здоров'я населення, важкі метали та їх сполуки утворюють значну групу токсикантів, яким притаманне глобальне поширення, міграція, стійкість і наявність в усіх життєво важливих середовищах.

Багаторічні дослідження свідчать про інтенсивність забруднення довкілля важкими металами, які реєструються як поблизу джерел техногенних викидів, так й у віддалених від них регіонах. Навколо промислових підприємств утворюються біогеохімічні райони з підвищеним умістом у біосфері мікроелементів, які постійно поширюються за рахунок трансгресії поллютантів повітряними і водними шляхами.

Численними дослідженнями доведена надзвичайно важлива роль важких металів у детермінації багатьох захворювань людини – онкологічних, ендокринних, хвороб кістково-м'язової системи, порушень репродуктивної функції, вроджених вад розвитку та ін. [1]. Дані сполуки впливають на активність ферментів і перебіг біохімічних процесів, здатні до кумуляції в тканинах і за тривалої дії спричинюють віддалені негативні ефекти. До основних причин, які визначають отруйність важких металів, належить їхня здатність брати участь в окисно-

відновних реакціях, у процесі яких відбувається посилення їх токсичності, що сприяє проникненню їх крізь біологічні мембрани. Тому ризик для здоров'я людини та тварин зростає навіть у разі надходження їх в організм у незначній кількості [2].

Небезпека для населення, пов'язана з хронічним впливом важких металів і наслідками їхнього впливу, виступає на перше місце у зв'язку з їх щоденним надходженням до організму з водою та їжею. У зв'язку з цим виникає гостра необхідність вивчати і контролювати рівень забруднення довкілля важкими металами, для чого у теперішній час широке застосування знайшов метод біоіндикації.

Одним з найбільш поширених видів біоіндикаторів є рослинність міста [3]. Вони є дуже зручним, відносно дешевим інструментом екологічних досліджень. Основними проявами токсичної дії важких металів на рослини є порушення процесу росту й ділення клітин, що спричинює ненормальний розвиток морфологічних структур, посилення процесів вільнорадикального окиснення, пригнічення процесу фотосинтезу внаслідок пошкодження фотосинтезуючого апарату рослин [4].

Отже, метою даної роботи є дослідження екологічного стану природного навколишнього середовища міста Кременчука за допомогою методу біоіндикації.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Об'єктом дослідження є рослинний покрив міста Кременчука – районного центру з виробництва промислової продукції машинобудування, гірничорудної, нафтохімічної галузей. Дана робота була присвячена вивченню забруднення рослинного покриву

важкими металами центральної частини міста, яка, по-перше, знаходиться під впливом промислових підприємств (у тому числі ПАТ «Кредмаш»), а також автомобільного транспорту, а, по-друге, не була охоплена подібними екологічними дослідженнями [5].

Перший етап роботи полягав у вивченні природних чинників, що впливають на міграцію, накопичення, важких металів у природному навколишньому середовищі. Серед таких чинників треба назвати кліматичні, геоморфологічні й ландшафтно-геохімічні.

Стан атмосферного повітря аналізувався згідно даних про вміст забруднюючих речовин у атмосфері (інформацію було надано Кременчуцькою санітарно-епідеміологічною станцією).

Основна частина дослідження була присвячена визначенню і дослідженню вмісту важких металів – свинцю, заліза, марганцю, міді – у листі деяких видів дерев (поширених у центрі міста): робінії псевдоакації (*Robinia pseudoacacia*), шовковиці чорної (*Morus nigra*), абрикоса звичайного (*Armeniaca vulgaris*), тополі канадської (*Populus canadensis*), чубушника звичайного (*Philadelphus coronarius*), черемхи пізньої (*Padus serotina*), берези бородавчастої (*Betula verrucosa*), вишні звичайної (*Cerasus vulgaris*), клена ясенелистого (*Acer negundo*), клена гостролистого (*Acer platanoides*), горобини звичайної (*Sorbus aucuparia*), верби вавилонської (*Salix babylonica*).

Зразки листя відбиралися з дерев приблизно одного віку і з однієї висоти. Визначення важких металів здійснено за допомогою атомно-спектрофотометричного аналізу (Київський національний університет імені Тараса Шевченка).

Паралельно проводилися фонові дослідження. Було відібрано зразки листя у районі за межами міста (поблизу с. Чечелево), який можна вважати фоновим. Похибка визначення не перевищувала 5–10 %, що є прийнятним у подібного роді дослідженнях.

Вміст забруднюючих речовин у рослинах залежатиме від екологічного стану ґрунту. Раніше вивчалася забруднення ґрунтів центральної частини м. Кременчука важкими металами, яке свідчило про підвищений вміст у ґрунті цих елементів [6].

Хімічний склад рослин відображує елементарний склад ґрунтів, але не повторює його, оскільки вони вибірково поглинають необхідні елементи відповідно їх фізіологічним і біохімічним потребам. У своїй життєдіяльності рослини контактують тільки з досяжними формами важких металів, кількість яких, у свою чергу, тісно пов'язана з буферністю ґрунту.

Здатність ґрунту зв'язувати й інактивувати важкі метали має свої межі так само, як і рослини мають фізіолого-біохімічні механізми, що перешкоджають надходженню важких металів. Основними факторами, що впливають на накопичення важких металів у рослинах є концентрація хімічних елементів у ґрунтового розчині, рН ґрунту, систематична належність рослин.

Механізми стійкості рослин до надлишку важких металів проявляються по різних напрямках: одні

рослини здатні накопичувати високі концентрації важких металів, але проявляти до них толерантність, інші – намагаються знизити їх надходження, максимально використовуючи свої бар'єрні функції. Для більшості рослин першим бар'єром є коріння, наступним – вегетативні частини рослин (у тому числі листя), у меншому ступені метали містяться у генеративних органах. Фоліарне поглинання важких металів іноді може бути значним за умови забруднення атмосферного повітря викидами важких металів.

Здатність рослин міста поглинати пил може значно відрізнятись і залежить від будови дерева, його вітрозахисних властивостей. Інтенсивніше затримують пил дерева з шорстким, зморшкуватим липким листям, вкритим волосками. Листя з опушенням також активно затримує пил, але на відміну від зморшкуватого листя воно погано очищується дощем, що знижує інтенсивність поглинання аеротехногенних поллютантів тканинами листя [7, 8].

Для оцінки ступеня накопичення важких металів у рослинному покриві центральної частини міста в роботі порівнювалися фактичні концентрації (С) і фонові показники (Сф).

У цілому, для листя дерев центральної частини міста Кременчука встановлена наступна послідовність розподілу коефіцієнтів місцевого накопичення важких металів в листі дерев.

Для *Robinia pseudoacacia*:

$$\frac{Fe}{1,5} < \frac{Pb}{1,4} < \frac{Cu}{1,2} < \frac{Mn}{0,8}$$

Для *Morus nigra*:

$$\frac{Fe, Cu}{1,6} < \frac{Pb}{1} < \frac{Mn}{0,7}$$

Для *Armeniaca vulgaris*:

$$\frac{Fe}{1,3} < \frac{Pb}{1} < \frac{Cu}{0,9} < \frac{Mn}{0,5}$$

Для *Populus canadensis*:

$$\frac{Fe}{2,6} < \frac{Cu}{0,9} < \frac{Mn}{0,3} < \frac{Pb}{0,2}$$

Для *Philadelphus coronaries*:

$$\frac{Fe}{1,4} < \frac{Pb}{1} < \frac{Cu}{0,6} < \frac{Mn}{0,2}$$

Для *Padus serotina*:

$$\frac{Fe}{1,1} < \frac{Pb, Cu}{0,6} < \frac{Mn}{0,2}$$

Для *Betula verrucosa*:

$$\frac{Pb}{1,4} < \frac{Fe}{1,2} < \frac{Cu}{0,8} < \frac{Mn}{0,5}$$

Для *Cerasus vulgaris*:

$$\frac{Pb}{1,8} < \frac{Fe}{0,8} < \frac{Cu}{0,7} < \frac{Mn}{0,3}$$

Для *Acer negundo*:

$$\frac{Fe}{2,2} < \frac{Pb}{1,9} < \frac{Mn}{1,5} < \frac{Cu}{1,4}$$

Для *Acer platanoides*:

$$\frac{Fe}{2,3} < \frac{Pb}{1,8} < \frac{Cu}{1,7} < \frac{Mn}{1,4}$$

Для *Sorbus aucuparia*:

$$\frac{Fe, Pb}{0,7} < \frac{Cu}{1} < \frac{Mn}{0,3}$$

Для *Salix babylonica*:

$$\frac{Pb}{0,9} < \frac{Cu}{0,6} < \frac{Fe}{0,4} < \frac{Mn}{0,3}$$

Як свідчать дослідження, найвищі коефіцієнти концентрації (Кс) спостерігаються для заліза. Причиною цього є викиди сполук заліза промисловими підприємствами, переважно ПАТ «Кредмаш» (3,75 т/рік). 75 % видів дерев, що досліджувалися, характеризуються вмістом заліза, вищим за фонові показники. Максимальні його кількості виявлені для *Populus canadensis* (Кс=2,6), *Acer negundo* (Кс=2,2), *Acer platanoides* (Кс=2,3). Низький ступінь накопичення заліза притаманний *Cerasus vulgaris* (Кс=0,8), *Sorbus aucuparia* (Кс=0,7), *Salix babylonica* (Кс=0,4). Решта видів дерев характеризується середнім ступенем накопичення заліза (Кс=1–2). Ступінь поглинання заліза рослинами залежить, перш за все, від його рухливості. Кількість розчинних форм заліза збільшується у кислому середовищі.

Концентрації марганцю, навпаки, характеризуються низькими показниками, майже для всіх видів деревних порід, за виключенням *Acer negundo* (Кс=1,5) і *Acer platanoides* (Кс=1,4). Найнижчий вміст марганцю (Кс=0,2) виявлений для *Padus serotina* і *Philadelphus coronaries*. Така слабка участь марганцю у біологічному колообігу забруднених міських ландшафтів пояснюється його низьким вмістом і слабкою рухливістю у ґрунтах (частково це спричинюється лужним показником рН ґрунтів). Ця обставина вважається важливою, оскільки забруднення рослин обумовлено як кореневим, так і фоліарним поглинанням техногенних речовин. З наукових джерел відомо [8] про існування манганіфілів – рослин, здатних у великій кількості накопичувати марганець.

У більшості рослин висока концентрація марганцю призводить до зниження вмісту активного закисного заліза. Залізо мобілізується у клітині у вигляді окисної органофосфорної сполуки, внаслідок чого настає хлороз, спричинений нестачею заліза. Ознаки нестачі заліза з'являються на наймолодших листках у формі міжпрожилкового хлорозу (при цьому головні жилки залишаються зеленими). При значній нестачі листки верхівки стають жовтими, по їх краях можуть з'являтися некротичні плями. Такі листки загинаються вгору вздовж головного прожилка. У випадку нестачі заліза ріст пагонів дуже

обмежений. При великій нестачі заліза відмирають не тільки верхівки пагонів, а й цілі стовбури [7].

Аналіз свідчить про присутність заліза й марганцю у зразках листя, однак їх співвідношення, необхідне для нормальної життєдіяльності рослин (приблизно 2:1), не виявлено ані в жодному зразку рослинного матеріалу.

Вміст міді у листі характеризується незначним перевищенням фонових концентрацій для деяких представників міських фітоценозів: *Acer platanoides* (Кс=1,7), *Morus nigra* (Кс=1,6), *Acer negundo* (Кс=1,4), *Robinia pseudoacasia* (Кс=1,2). Для *Sorbus aucuparia* фактичний вміст міді дорівнює фоновому показнику. Для решти рослин коефіцієнт накопичення міді варіював в інтервалі 0,6–0,9. Рухливість міді і надходження її в рослини зменшуються при зниженні кислотності, зв'язуванні міді у вигляді органічних сполук і закріпленні ґрунтовим гумусом. Частина міді ґрунтів міцно пов'язана з гумусовими кислотами – гуминовою, креновою і апокреновою; в цій формі вона стає нерухливою та не засвоюється рослинами.

Аналогічні закономірності виявлені й для накопичення свинцю. Незначне перевищення фонових концентрацій спостерігається для *Acer negundo* (Кс=1,9), *Acer platanoides* (Кс=1,8), *Cerasus vulgaris* (Кс=1,8), *Betula verrucosa* (Кс=1,4). Накопичення свинцю на фоновому рівні виявлено для *Morus nigra*, *Armeniaca vulgaris*. Для решти рослинних видів Кс коливався від 0,2 для *Populus canadensis* до 0,9 для *Salix babylonica*.

Свинець негативно впливає на стан міської рослинності. Верхня межа концентрації свинцю для рослин поки ще не встановлена. Деякі рослини, наприклад, мохи, модрина, поглинають його у відносно великих кількостях, що має значний вплив на якість природного навколишнього середовища міста. Протягом вегетаційного періоду одне дерево може накопичувати стільки свинцю, скільки міститься у 130 л бензину. Раніше проведені дослідження свідчать, що для нейтралізації шкідливого впливу одного автомобілю необхідно не менше 10 дерев [8].

Для визначення ступеня забруднення рослинності важкими металами було розраховано сумарний показник забруднення (Zc) (рис. 1). Проведені дослідження свідчать, що найвищий сумарний показник забруднення характерний для *Acer platanoides* (Zc=4,2) і *Acer negundo* (Zc=4).

Сумарний показник забруднення в інтервалі 1,3–2,2 виявлений для *Armeniaca vulgaris*, *Betula verrucosa*, *Robinia pseudoacasia*, *Morus nigra*. Для решти дерев сумарний показник забруднення важкими металами має нижче значення.

Для більшої обґрунтованості дослідження в роботі було проведено порівняння фактичних концентрацій важких металів у листі дерев центральної частини м. Кременчука з їх гранично допустимими концентраціями (рис. 2–5).

Як видно з рис. 2–5, найвищі перебільшення над показниками ГДК характерні для міді.

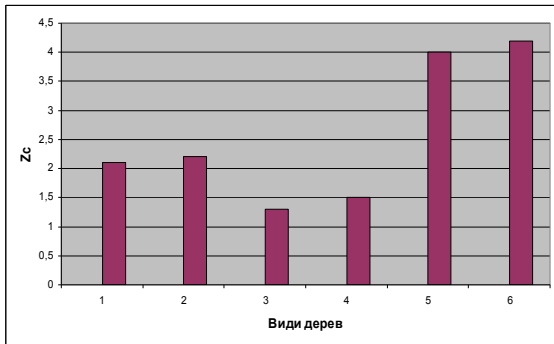


Рисунок 1 – Сумарний показник забруднення рослинності важкими металами (Zc) центральної частини м. Кременчука: 1 – робінія псевдоакація; 2 – шовковиця чорна; 3 – абрикос звичайний; 4 – береза бородавчаста; 5 – клен ясенелистий; 6 – клен гостролистий

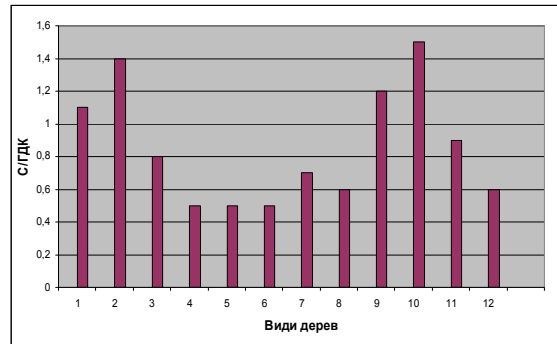


Рисунок 4 – Відношення фактичних концентрацій міді (C) у листі дерев центральної частини м. Кременчука до гранично допустимих концентрацій (ГДК): 1 – робінія псевдоакація; 2 – шовковиця чорна; 3 – абрикос звичайний; 4 – тополя канадська; 5 – чубушник звичайний; 6 – черемха пізня; 7 – береза бородавчаста; 8 – вишня звичайна; 9 – клен ясенелистий; 10 – клен гостролистий; 11 – горобина звичайна; 12 – верба вавілонська

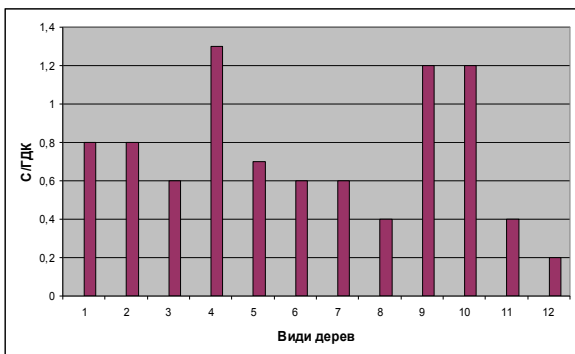


Рисунок 2 – Відношення фактичних концентрацій заліза (C) у листі дерев центральної частини м. Кременчука до гранично допустимих концентрацій (ГДК): 1 – робінія псевдоакація; 2 – шовковиця чорна; 3 – абрикос звичайний; 4 – тополя канадська; 5 – чубушник звичайний; 6 – черемха пізня; 7 – береза бородавчаста; 8 – вишня звичайна; 9 – клен ясенелистий; 10 – клен гостролистий; 11 – горобина звичайна; 12 – верба вавілонська

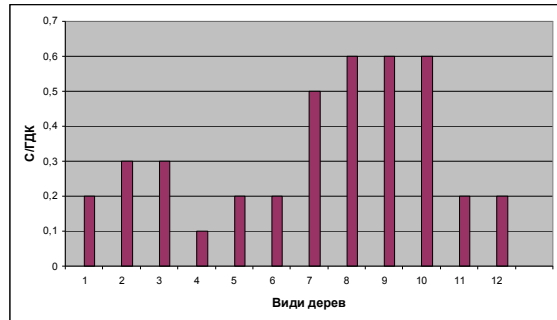


Рисунок 5 – Відношення фактичних концентрацій свинцю (C) у листі дерев центральної частини м. Кременчука до гранично допустимих концентрацій (ГДК): 1 – робінія псевдоакація; 2 – шовковиця чорна; 3 – абрикос звичайний; 4 – тополя канадська; 5 – чубушник звичайний; 6 – черемха пізня; 7 – береза бородавчаста; 8 – вишня звичайна; 9 – клен ясенелистий; 10 – клен гостролистий; 11 – горобина звичайна; 12 – верба вавілонська

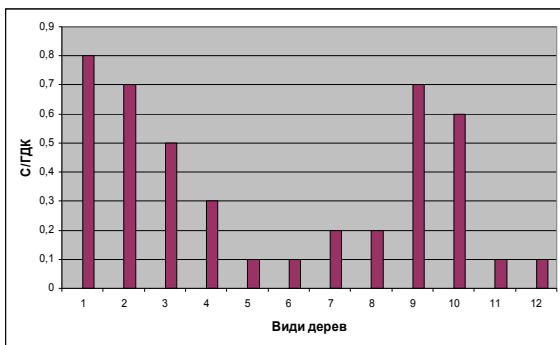


Рисунок 3 – Відношення фактичних концентрацій марганцю (C) у листі дерев центральної частини м. Кременчука до гранично допустимих концентрацій (ГДК): 1 – робінія псевдоакація; 2 – шовковиця чорна; 3 – абрикос звичайний; 4 – тополя канадська; 5 – чубушник звичайний; 6 – черемха пізня; 7 – береза бородавчаста; 8 – вишня звичайна; 9 – клен ясенелистий; 10 – клен гостролистий; 11 – горобина звичайна; 12 – верба вавілонська

Приблизно третина дослідного матеріалу характеризується вмістом міді у 1,1–1,5 разів вищим за ГДК.

Залізо порівняно зі значеннями ГДК накопичується менш інтенсивно. У 25 % зразків виявлено незначне перевищення над ГДК у 1,2–1,3 рази. Решта дослідного матеріалу містила залізо у кількостях нижчих за ГДК.

Для марганцю і свинцю перевищення над показниками ГДК не виявлено.

Дослідження підтвердили відповідність між значеннями відношень фактичних концентрацій до фонових показників (C/Сф) і до ГДК (C/ГДК). Так, найвищі коефіцієнти накопичення та перевищення над ГДК виявлені для заліза і міді більшості деревних порід.

Звертає на себе увагу той факт, що відношення (C/Сф) перебільшують показники C/ГДК. Таке перебільшення виявлено для міді у 1,1 рази, для мар-

ганцю й заліза – майже у два рази, для свинцю – у три рази. Дану розбіжність можна пояснити тим, що для названих важких металів фонові концентрації у листі дерев нижчі, ніж гранично допустимі концентрації.

Дослідження показали, що для різних порід дерев характерна неоднакова здатність до акумуляції техногенних речовин. Так, максимальне перевищення над ГДК спостерігалось для клена ясенелистого та клена гостролистого по міді – у 1,20 і 1,50 рази, по залізу – у 1,20 рази. Решта дерев накопичувала в листі один із важких металів (мідь або залізо) у кількостях, вищих за ГДК. Більшість дерев інтенсивніше накопичувала мідь. Так, листя робінії псевдоакації, шовковиці чорної, клена ясенелистого та клена гостролистого містило мідь у кількостях, що перевищує ГДК у 1,10–1,50 рази. Накопичення заліза визначено для тополі канадської (перевищення над ГДК – у 1,30 рази).

Різний рівень накопичення важких металів пояснюється, головним чином, видовою належністю рослин. Деякі рослини можуть обмежувати надходження, регулювати акумуляцію металів на рівні організму, окремих його органів, тканин й регулювати їх пересування з коріння у стебла й листя. Певна вибіркова здатність кореневого поглинання дозволяє рослині запобігати надлишковій акумуляції металів. Стійкі види деревних порід накопичують більше металів у корінні, ніж у надземній частині [9].

ВИСНОВКИ. Накопичення важких металів у листі дерев центральної частини м. Кременчука свідчить про присутність даних сполук у навколишньому середовищі. Як визначалося раніше, джерелом надходження важких металів у доквілля є промисловість й автотранспорт. Накопичення важких металів у листі дерев – це результат кореневого й фоліарного поглинання. Їх інтенсивність, співвідношення залежать від багатьох факторів: видової належності рослини, рН ґрунту, геоморфологічних та кліматичних умов місцевості.

Атмотехногенне надходження пилу на поверхню листя пригнічує але не повністю маскує біогеохімічну спеціалізацію рослин. За таких умов першочергове значення мають властивості й величина поглинальної поверхні. У зв'язку з цим індикаційне значення листяних деревних порід вище, ніж трав'янистих рослин. Отже, листя дерев є універсальним індикатором екологічного стану міського доквілля.

Порівняння одержаних даних з результатами проведених раніше досліджень [8–12] свідчить, що рівень накопичення важких металів в у листі дерев центральної частини міста Кременчука можна оцінити як невисокий (для свинцю, марганцю і заліза) і середній (для міді). Дослідження свідчать про найвищий ступінь накопичення свинцю, міді і заліза у листі клена ясенелистого і клена гостролистого.

Результати дослідження можуть бути використані для планування природоохоронних заходів у сучасному місті, а також для організації найбільш ефективної системи моніторингу за показниками стану здоров'я населення.

Треба відмітити, що для більшої обґрунтованості досліджень у ландшафтних умовах лісостепу можна залучати й інші природні індикатори, у тому числі, сніговий покрив, а також кору дерев, яка майже не має фізіологічних меж поглинання аеротехногенних поллютантів.

Використання декількох природних індикаторів дозволить більш точно виявити розміри й конфігурацію геохімічних аномалій, що дасть змогу визначити найбільш оптимальний перелік й послідовність природоохоронних заходів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Жовинский Э.Я., Кураева И.В. Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины. – К.: Наукова думка, 2002. – 213 с.
2. Старчук В.Г., Цибуля С.Д., Мачульський Г.М., Поліщук Т.М. Забруднення природного середовища важкими металами та формування екоотоксикологічної ситуації й екологічної небезпеки // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету. Серія Біологія. – 2011. – № 2 (47). – С. 141–148.
3. Экогеохимия городских ландшафтов / Под ред. Н.С. Касимова. – М.: Издательство МГУ, 1995. – 336 с.
4. Луцишин О.Г., Шандра О.В., Палапа Н.В. Вплив техногенного забруднення на функціональний стан зелених зон Київського мегаполісу // Захист довкілля від антропогенного навантаження. – 2008. – Вип. 1(17). – С. 76–87.
5. Сараненко І.І. Екологічні дослідження лісових біогеоценозів м. Кременчука. – Кременчук: Видавництво ПП Щербатих О.В., 2011. – 153 с.
6. Алексеева Т.М., Безденежных Л.А., Козловська Т.Ф. Стан ґрунтового покриву як індикатор екологічної небезпеки // Екологічна безпека. – 2011. – Вип. 1/2011 (10). – С. 65–70.
7. Копылова Л.В. Акумуляция железа и марганца в листьях древесных растений в техногенных районах Забайкальского края // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. – Самара, 2010. – № 13. – С. 18–24.
8. Лукаревская Т.В. Растения в условиях города. – Биология: Издательство «Первое сентября», 2007. – № 8. – С. 32–39.
9. Волощинська С.С. Біоіндикація стану забруднення доквілля важкими металами (на прикладі автомагістралі «Київ-Варшава») // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. – Дніпропетровськ, 2008. – Вип. 16, т. 2. – С. 24–28.
10. Цирд М. Исследование состояния воздушно-го бассейна городов с помощью природных индикаторов: автореф. дисс. ... канд. геогр. наук: спец. 11.00.11 / МГУ имени Михаила Ломоносова. – Москва, 1992. – 24 с.
11. Ерофеева Е.А., Наумова М.М. Взаимосвязь физиолого-морфологических показателей листовой пластинки березы повислой с содержанием в ней тяжелых металлов // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – Нижний Новгород, 2010. – № 1. – С. 140–143.

BIOINDICATION AS A METHOD OF ECOLOGICAL ASSESSMENT OF NATURAL ENVIRONMENT

T. Alekseyeva

Kremenchuk Mykhailo Ostrogradskyi National University
vul. Pershotravneva 20, Kremenchuk, Ukraine. E-mail: dalant58@gmail.com

The paper presents the research results of the ecological condition of the environment of the central part of Kremenchuk obtained by the method of bioindication. Heavy metals contamination of leaves of tree species (by iron, lead, manganese, copper), that takes place under the influence of industrial activities and vehicle transport, was identified and analyzed. The concentrations of heavy metals revealed in the research area were compared with the background parameters and maximum allowable concentrations as well. Also, the total index of tree leaves trees pollution was calculated. The author has considered the feasibility of the obtained experimental results for urban landscaping and greening to enhance the efficiency of air biotreatment.

Key words: bioindication, heavy metals, coefficient of accumulation, tree leaves.

REFERENCES

1. Zhovinskiy, E.Ya. and Kuraeva, I.V. (2002), *Geokhimiya tzhzhelich metallov v pochvarh Ukrainy* [Geochemistry of heavy metals in soils of Ukraine], Naukova dumka, Kyiv, Ukraine.
2. Starchak, V.G., Tcibula, S.D., Machulski, G.N., Polishuk, T.N. (2011), "The heavy metals contamination of the natural medium and ecotoxicological danger forming", *Naukovi zapysky Ternopil'skogo natsionalnogo pedagogichnogo universitetu. Seriya Biologija*, no. 2 (47), pp. 141–148.
3. Kasimov, N.S., (1995), *Ekogeokhimiya gorodskikh landshaftov* [Ekogeokhimiya of city landscapes], Izdatelstvo MGU, Moscow, Russia.
4. Lutsyshyn, O.G., Shandra, A.V., Palapa, N.V. (2008), "Influence of technogenic contamination on the functional state of green belts of Kyiv megapolis", *Zakhyst dovkil'ja vid antropogennogo navantazhennja*, no. 1(17), pp. 76–87.
5. Saranenکو, I.I., (2011), *Ekologichni doslidzhennja lisovykh kulturbiogeotsenosov m. Kremenchuka* [Ecological researches of forest cultural biogeocenoses of Kremenchug], Vydavnytstvo PP Shcherbatykh, Kremenchuk, Ukraine.
6. Alekseyeva, T.N., Kozlovskaya, T.F., and Bezdenzhnykh, L.A. (2011), "State of ground cover as indicator of ecological danger", *Ecologichna bezpeka*, vol. 1 (10), pp. 65–70.
7. Kopylova, L.V., (2010), "Accumulation of iron and manganese in leaves of woody plants in technogenic areas of Zabaikalskiy krai", *Izvestija Samarskogo nauchnogo tsentra Rossijskoi akademii nauk*, vol. 12, no. 1(3), pp. 709–712.
8. Lukarevskaja, N.V., (2007), "Plants in urban environments", *Biologija*, no. 8, pp. 32–39.
9. Voloschynska, S.S., (2008), Bioindication of the heavy metals environmental pollution (on the example of highway "Kyiv-Warsaw"), *Visnyk Dnipropetrovskogo universiteta. Biologija. Ecologija.*, vol. 16, no. 16, pp. 24–28.
10. Cird, M., (1992), "Research the states of air pool of cities by natural indicators", Thesis abstract for Cand. Sc. (Geography), 11.00.11, Moscow Mykhail Lomonosov State University, Moscow, Russia.
11. Erofejeva, E.A., Naumova, M.M., (2010), "Interrelation of physiological and morphological parameters of birch leaf lamina with its heavy metal content", *Vestnyk Nizhegorodskogo universiteta imeni Lobachevskogo*, no. 1, pp. 140–143.

Стаття надійшла 25.03.2014.