

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ФІТОІНДИКАЦІЇ ЧАГАРНИКОВИМИ РОСЛИНАМИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

Колеснік Д.В., Шмандій В.М., Харламова О.В., Ригас Т.Є., Безденежних Л.А.
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук
kolesnikdimv@gmail.com

Сучасні проблеми довкілля зумовили необхідність вивчення його стану та пошуку нових методів екологічного моніторингу. Одним з таких методів є фітоіндикація, яка базується на аналізі рослинного покриву території. Цей метод є екологічно збалансованим, дешевим та дозволяє проводити маловитратні дослідження.

Важливим аспектом фітоіндикації є оцінка стану екологічної безпеки в міських умовах, оскільки міста є найбільш забрудненими територіями, де проживає значна кількість людей.

У даній статті розглянуто стан екологічної безпеки міста Кременчук на основі фітоіндикації чагарниковими рослинами. Дослідження проведено влітку 2022 року. Обрано наступні види рослин: Глід одноматочковий (*Crataegus monogyna* Jacq.), Шипшина звичайна (*Rosa canina* L.) та Жимолость татарська (*Lonicera tatarica*). Для кожного з цих видів визначено значення фітоіндексу, який дозволив оцінити екологічну безпеку в тих місцях, де знаходилися досліджувані рослини.

Встановлено, що обрані види рослин здатні до акумуляції металів з повітря та ґрунту і можуть виступати індикаторами забруднення навколишнього середовища. Визначення показників вмісту металів у проаналізованих пробах дає можливість зробити висновок про негативний вплив на стан екологічної безпеки урбанізованих територій.

У цілому, результати досліджень свідчать про те, що фітоіндикація є достатньо ефективним інструментом для одного з перших етапів моніторингу стану екологічної безпеки міських територій та пошуку шляхів покращення якості довкілля. Враховуючи зростаюче значення екологічної проблематики в сучасному світі, використання цього методу може стати важливим кроком у збереженні природних ресурсів та забезпеченні здоров'я людей. Однак, ми вважаємо, що фітоіндикаційні дослідження в умовах міста не завжди є достатніми для отримання вичерпної інформації щодо екологічного стану території, їх слід розглядати як експрес-методи. *Ключові слова:* фітоіндикація, чагарникові рослини, фітоіндекс, екологічна безпека, урбанізовані території.

Use of the method of phytoindication by shrub plants to study the state of environmental safety of urbanized areas. Kolesnik D., Shmandiy V., Kharlamova O., Rigas T., Bezdeneznyh L.

Modern environmental problems have led to the need to study its state and search for new methods of environmental monitoring. One of these methods is phytoindication, which is based on the analysis of the vegetation cover of the territory. This method is environmentally balanced, cheap and allows for non-contact research.

One of the important aspects of research related to phytoindication is to assess the state of environmental safety in urban areas, since cities are the most polluted areas where a significant number of people live.

This article discusses the state of environmental safety of the city of Kremenchuk based on phytoindication by shrubs. The study was conducted in the summer of 2022. The following plant species were selected: Single-stemmed hawthorn (*Crataegus monogyna* Jacq.), common dog rose (*Rosa canina* L.), and Tatar honeysuckle (*Lonicera tatarica*). For each of these species, the value of the phytoindex was determined, which allowed us to assess the environmental safety in the places where the studied plants were located.

It was found that the selected plant species are capable of accumulating metals from the air and soil and can act as indicators of environmental pollution. Determination of the metal content in the analyzed samples makes it possible to conclude that the environmental safety of urbanized areas is negatively affected.

In general, the results of the research indicate that phytoindication is a fairly effective tool for one of the first stages of monitoring the state of environmental safety of urban areas and finding ways to improve environmental quality. Given the growing importance of environmental issues in the modern world, the use of this method can be an important step in preserving natural resources and ensuring human health. However, we believe that phytoindication studies in urban areas are not always sufficient to obtain comprehensive information on the ecological state of the territory, and should be considered as express methods. *Key words:* phytoindication, shrub plants, phytoindex, environmental safety, urbanized areas.

Постановка проблеми. Важливим завданням для сучасного суспільства є забезпечення екологічної безпеки, оскільки забруднення повітря стає причиною смерті мільйонів людей та близько 25% захворювань у світі пов'язані з незадовільною якістю довкілля [1]. Міські умови є особливо складним середовищем для здоров'я людини та біологічної різноманітності, тому що велика

кількість транспорту, промислових підприємств та розсіяних джерел забруднення може привести до забруднення повітря та ґрунту, що може мати серйозний вплив на здоров'я населення та екосистему [2]. Тому урбанізовані території повинні бути під постійним наглядом для встановлення стану екологічної небезпеки, а отже і постає проблема пошуку ефективних та дешевих методів еко-

логічного моніторингу. Одним із таких методів – є фітоіндикація.

Актуальність дослідження. Фітоіндикація чагарниковими рослинами може допомогти в оцінці стану довкілля та встановленні залежності між рівнем забруднення та рослинним покривом, що є важливим кроком у розв’язанні проблеми забруднення довкілля. Проведення оцінки стану екологічної безпеки міста Кременчук на основі фітоіндикації дає можливість вирішити проблему забруднення довкілля та покращити стан екологічної безпеки міста. Результати доцільно використовувати для владних структур та населення міста при прийнятті рішень щодо охорони навколишнього середовища та мінімізації впливу промислових підприємств та транспорту на нього.

Крім того, використання фітоіндикації може мати практичне значення для розробки та впровадження заходів з мінімізації впливу промислових підприємств та транспорту на навколишнє середовище. За результатами досліджень можна виявити зони, які потребують найбільшої уваги з точки зору екологічної безпеки та виробничих процесів.

Застосування фітоіндикації є доцільним при вивченні впливу кліматичних змін на довкілля та рослинність міста. Зміна клімату може мати серйозний вплив на розподіл та склад рослинного покриву, а також на рівень забруднення довкілля. Дослідження з використанням фітоіндикації можуть допомогти у розумінні цих процесів та впровадженні відповідних заходів для забезпечення екологічної безпеки в містах.

Однак, рослини, як і майже всі живі організми, здатні адаптуватися до умов свого існування. Тому, виникає питання щодо ефективності методів фітоіндикації для міських екосистем, де навколишнє природне середовище постійно знаходиться під інтенсивним антропогенним навантаженням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наукові дослідження, що ґрунтуються на фітоіндикації задля оцінювання стану довкілля, набувають все більшої популярності. Цей метод відрізняється суттєвими перевагами, такими як низькі витрати, можливість використання в різних кліматичних умовах та на різних типах ґрунтів.

У попередніх дослідженнях нами доведено ефективність та переваги використання Елодеї канадської (*Eloдея canadensis*) для оцінки стану Кременчуцького водосховища [3].

В роботах [4, 5] досліджено як вплив антропогенного навантаження на рослинний покрив, так і доцільність застосування методу фітоіндикації з використанням різних видів дерев на урбанізованих територіях.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Відкритим є питання щодо ефективності та довготривалості вище вказаних методів для міських

екосистем. Крім того майже відсутні дослідження використання чагарникових видів рослин для фітоіндикації, хоча в умовах міської забудови чагарники є більш розповсюджені ніж високорослі рослини.

Наукова новизна роботи полягає в обґрунтуванні застосування фітоіндикаційних методів з використанням чагарникових рослин для моніторингу станів техногенної складової екологічної небезпеки міських територій з високим рівнем антропогенного навантаження.

Виклад основного матеріалу. Метою роботи є аналіз ефективності визначення стану екологічної безпеки на основі фітоіндикації чагарникових рослин, з упором на їх здатність до акумуляції металів та обґрунтування доцільності застосування даного методу для урбанізованих територій на прикладі міста Кременчук Полтавської області. Для досягнення мети запропонована методологія дослідження, яка включає послідовність наступних етапів.

Перший етап дослідження полягав у виборі зон дослідження в місті Кременчук з урахуванням різних факторів впливу на довкілля. Для цього було проведено аналіз даних про забруднення повітря та ґрунту в різних частинах міста, наявність промислових об’єктів, транспортних артерій та інших джерел забруднення.

Відібрано декілька територій дослідження, які характеризувалися різним рівнем забруднення та були представлені різними типами середовища: від міських скверів та парків до промислових районів та автомагістралей. Зокрема райони Кременчуцького нафтопереробного заводу (територія 1) та регіональний ландшафтний парк «Кременчуцькі плавні» (територія 2), що можна побачити на рисунках 1 та 2 відповідно.

Територія 1 знаходиться в південно-західній частині міста неподалік від залізничних колій, автотранспортних доріг, за декілька кілометрів від житлової забудови. Територія 2 розташована в північно-західній частині міста, на березі річки Дніпро, поблизу автомобільних доріг, залізничної колії та Крюківського вагонобудівного заводу.

У попередніх дослідженнях [6] виявлено незначне забруднення важкими металами індустріальної зони міста Кременчук, до якої належить територія 1, крім того, Кременчуцький НПЗ часто піддавався обстрілам з боку ворожої країни, що також є одним із джерел забруднення, тому саме ці компоненти визначалися у досліджуваних рослинах. Територія 2 була обрана в протиставленні індустріальній зоні, для порівняння показників забруднення та підведення підсумку щодо стану екологічної безпеки на території всього міста.

Контрольними пробами виступали зразки, відібрані в віддаленому на значну відстань від джерел екологічної небезпеки регіоні – Уситмівському дендропарку, зразки з якого були проаналізовані при проведенні попередніх досліджень [7].

Для детальнішого вивчення стану довкілля на кожній території здійснено додатковий аналіз, включаючи визначення рівня шуму, вмісту вуглекислого газу та інших показників, що впливають на якість повітря та ґрунту.

Отже, вибір територій дослідження був здійснений з урахуванням різноманітних факторів впливу на довкілля та забруднення, що дозволило провести комплексне дослідження та отримати більш точні результати оцінки стану екологічної безпеки в місті Кременчук.

Другим етапом є проведення відбору чагарникових рослин в різних зонах територій дослідження (рис. 1–2), які відповідали критеріям для викори-

стання в такому типі дослідження. У процесі відбору видів враховані їх біологічні особливості та здатність до адаптації до різних умов середовища. В результаті визначено наступні види рослин: Глід одноматочковий (*Crataegus monogyna Jacq.*), Шипшина звичайна (*Rosa canina L.*) та Жимолость татарська (*Lonicera tatarica*).

Вказані види обрані через їх відому здатність до акумуляції металів та інших забруднюючих речовин. Окрім того, вони були достатньо поширеними та доступними для збору на території дослідження.

Відбір рослин для фітоіндикації проведений відповідно до вимог та методів, що використовуються



Рис. 1. Зони відбору зразків на території Кременчуцького нафтопереробного заводу (територія 1)



Рис. 2. Зони відбору зразків на території регіонального ландшафтного парку «Кременчуцькі плавні» (територія 2)

в наукових дослідженнях. Кожен вибраний вид рослин відповідав по параметрам даним ботанічних довідників та підтверджуючих документів. Для збирання рослин використовувалися стандартні методи, які передбачали відбір представників кожного виду рослин з різних точок досліджуваної території. Збір зразків проводився у кожній зоні дослідження з урахуванням віку та статі рослин. Збирання здійснювалося на початку літа, коли рослини були у фазі активного росту.

Зазначимо, що деякі екземпляри рослин були у пригніченому стані, однак більша частина зовні виглядала здоровими.

У наступному етапі проводився відбір проб та підготовка об'єктів дослідження що здійснювався за загальноприйнятими методиками [8]. Елементний аналіз проводили за допомогою атомно-абсорбційного спектрографічного методу із фотографічною реєстрацією на приладі ДФС-8, який ґрунтується на здатності дисоційованих атомів елементів (вільних від хімічних зв'язків) поглинати світло в дуже вузькій ділянці спектра. Попередньо рослинну сировину озолювали парами азотної кислоти (HNO₃) з наступним розчиненням золи в хлоридній кислоті (HCl). Розрахунок вмісту металів (C) у листках проводили за формулою [9]:

$$C = \frac{V \times (C_1 - C_0) \times 100 \times 100}{m \times k} \quad (1)$$

де C₁ – концентрація іонів металу в розчині золи, мг/кг (визначена за калібрувальним графіком); C₀ – концентрація іонів металу в контрольній пробі, мг/кг

(визначена за калібрувальним графіком); V – об'єм досліджуваної золи; m – маса повітряно-сухої проби, г; k – коефіцієнт, що враховує зменшення маси наважки сировини.

Для визначення ступеню забруднення місцевості для кожного зразка був визначений фітоіндекс, який відображає ступінь впливу або реакцію рослинного виду на певний фактор довкілля, наприклад, на наявність важких металів в ґрунті чи на рівень забруднення повітря. Визначення фітоіндексу базується на властивостях рослин, які виявляються під впливом змін довкілля. Фітоіндекс може бути визначений для окремого виду рослин, або для групи рослин, які реагують на даний чинник подібним чином.

Фітоіндекс (ФІ) визначався за наступною формулою:

$$ФІ = \frac{(C - C_0)}{C_0} \quad (2)$$

де C – концентрація іонів металу у зразку рослини, мг/кг; C₀ – концентрація іонів металу в контрольній пробі, мг/кг.

Якщо ФІ < або = 1 це вказує на відсутність впливу забруднення на здоров'я рослин, а значення ФІ > 1 вказує на негативний вплив забруднення на рослину.

Загальний фітоіндекс визначався як середнє арифметичне значень фітоіндексу кожного виду використаних рослин. Він відображає стан здоров'я рослин на всій території дослідження [10–11]. Отримані результати наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати аналізу по територіям дослідження

Зона дослідження	Види рослин, що були зібрані в кожній зоні	Вміст металів, мг/кг (середнє значення)	Значення фітоіндексу	Загальний фітоіндекс для кожної зони дослідження
Кременчуцький нафтопереробний завод (територія 1)	Глід одноматочковий (<i>Crataegus monogyna Jacq.</i>)	Cd– 0,27	1,64	1,37
		Pb– 2,14;	1,13	
		Zn– 43,7	1,35	
	Шипшина звичайна (<i>Rosa canina L.</i>)	Cd– 0,12	1,24	1,38
		Pb– 3,35	1,86	
		Zn– 31,8	1,03	
Жимолость татарська (<i>Lonicera tatarica</i>)	Cd– 0,18	1,36	1,15	
	Pb– 1,97	0,95		
	Zn– 39,2	1,13		
Регіональний ландшафтний парк «Кременчуцькі плавні» (територія 2)	Глід одноматочковий (<i>Crataegus monogyna Jacq.</i>)	Cd– 0,15	0,94	0,95
		Pb– 0,41	0,97	
		Zn– 17,8	0,95	
	Шипшина звичайна (<i>Rosa canina L.</i>)	Cd– 0,13;	1,06	1,06
		Pb– 0,28;	1,05	
		Zn– 11,5	1,08	
	Жимолость татарська (<i>Lonicera tatarica</i>)	Cd– 0,14;	0,99	0,98
		Pb– 0,32;	0,99	
		Zn– 13,6	0,97	

На основі отриманих результатів констатуємо, що на території 1 концентрація іонів металів помітно вища, ніж на території 2, а отже і значення фітоіндексу в техногенно навантаженій зоні нижчий ніж у природно-заповідній, з чого можна зробити висновки про негативний вплив підприємства на навколишнє середовище, а зокрема на об'єкти фітоіндикації. Так, при переробці нафти до навколишнього середовища надходить значна кількість забруднювачів. І хоча на підприємстві встановлені сучасне очисне обладнання та системи, однак викиди від автотранспорту, залізничного транспорту, а також забруднення унаслідок військових дій підсилюють негативний вплив на біогеоценози. Про що і свідчать отримані дані.

Однак, як можна побачити, фітоіндекс для Кременчуцьких плавнів не є ідеальним, а іноді його значення перевищує значення одиниці. Це зумовлено тим, що територія 2 знаходиться поблизу урбанізованих територій і попадає під вплив таких джерел забруднення як автомобільний транспорт та Крюківський вагонобудівний завод.

Отримані результати корелюють з результатами попередньо проведених досліджень [2–6] з використанням інших методів фітоіндикації з іншими видами рослин. Це вказує на доцільність використання чагарникових видів Глід одноматочковий (*Crataegus monogyna* Jacq.), Шипшина звичайна (*Rosa canina* L.) та Жимолость татарська (*Lonicera tatarica*) як індикаторів забруднення повітря та ґрунту важкими металами.

Головні висновки. В результаті проведеного дослідження встановлено, що на території міста Кременчук має місце забруднення ґрунтів та повітря металами, що свідчить про негативний вплив на стан екологічної безпеки міста та здоров'я його мешканців.

Використовуючи метод фітоіндикації, було встановлено, що рослини-індикатори Глід одноматочковий (*Crataegus monogyna* Jacq.), Шипшина звичайна (*Rosa canina* L.) та Жимолость татарська (*Lonicera*

tatarica) чутливі до забруднення навколишнього середовища металами. Для кожного з металів розраховано значення фітоіндексу, які характеризують ступінь забруднення рослин.

Щодо ефективності фітоіндикаційних досліджень відмічаємо наступне. За результатами дослідження зроблено висновок про стан екологічної безпеки, але він несе лише оціночний характер. Зовні деякі рослини, з яких були відібрані проби на території 1, якне мали ознаки пригнічення та деградації та майже не відрізнялись від їх аналогів з території 2, так і були у негативному стані, що свідчить про пристосування частини рослин до даних умов існування. Тобто дослідження таких рослин методом флюктууючої асиметрії чи за іншими морфологічними ознаками будуть неефективними.

Крім того, значення фітоіндексу для території 2 близькі до 1. Хоча регіональний ландшафтний парк можна вважати екологічно-чистим регіоном, але безпосередня близькість індустріального міста негативно впливає і на стан його екосистеми.

Отже, використання методів фітоіндикації з використанням представлених видів рослин на урбанізованих територіях, де завжди присутня значна кількість джерел екологічної небезпеки (автотранспорт, підприємства, стихійні лиха, військові дії тощо), є доцільним лише як один із перших або як доповнення до інших етапів екологічного моніторингу. Тому доцільність використання фітоіндикаційних методів повинно бути ретельно обґрунтована та доповнена іншими методами моніторингу, щоб отримати повну та достовірну інформацію про екологічний стан досліджуваної території.

Перспективи використання результатів дослідження. Отримані результати підтверджують доцільність проведення подальших заходів для покращення екологічної ситуації на території міста Кременчук, включаючи моніторинг забруднення металами, розробку та впровадження програм екологічного відновлення ґрунтів та захисту здоров'я мешканців від негативного впливу.

Література

1. World Health Organization. Environmental risks to health URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/environmental-risks-to-health> (дата звернення 3 січня, 2023 року)
2. Ригас Т.Є., Харламова О.В., Безденежних Л.А., Шмандій В.М. Моніторинг станів екологічної небезпеки, що формується у техногенно навантаженому комплексі. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. 2016. Вип. 5(100). ч. 2. С. 83–88.
3. Д. В. Колеснік, В. М. Шмандій, Т. Є. Ригас, О. В. Харламова. Оцінка стану екологічної безпеки акваторії кременчуцького водосховища задля збереження ландшафтно-біологічного різноманіття в умовах змін клімату. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. 2021 Вип. 3/2021 (128). С. 24–29.
4. Шмандій В.М., Алексеева Т.М., Харламова О.В. Характеристика стану екологічної небезпеки за показниками деградації ґрунтово-рослинного покриву в урбосистемі. *Науково-технічний журнал «Техногенно-екологічна безпека»*. 2017. № 2. С. 11–17.
5. Алексеева, Т. М. Ґрунтово-рослинний покрив як показник забруднення атмосферного повітря важкими металами. *Український гідрометеорологічний журнал*, 2014. Вип. 14. С. 16–22.
6. Колеснік Д.В., Шмандій В.М., Бігдан С.А. Моніторинг стану атмосферного повітря Кременчуцької індустріально навантаженої зони із застосуванням біоіндикаційного методу. *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Чорнобильська катастрофа: міждисциплінарні дослідження», присвячена 35-роковинам Чорнобильської катастрофи, Львів, 2021, С. 30–36.*

7. Колеснік Д.В. Фітоіндикація як елемент моніторингу стану екологічної безпеки. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Авіація, промисловість, суспільство», Кременчук, 2021 С. 304–306.
8. Г. Р. Козир, С. М. Марчишин, О. О. Баєв та ін. Елементний склад листків настурції великої. Фармац. часопис. № 1, 2010. С. 10–12.
9. С. М. Марчишин, О. В. Полонець, М. С. Гарник, О. Л. Демидяк Елементний склад квіток та листків хризантеми садової багаторічної (*Chrysanthemum × hortorum* Bailey). Український біофармацевтичний журнал, № 5 (52). 2017. С. 46–49.
10. Glińska-Lewczuk M. Z., Walna K. Assessment of environmental quality of urban green areas using plant bioindicators. *Ecological Indicators*. 2011. № 11. 413–420 pp.
11. Żołnierczyk, M., Łukowska M., Saeid M. Bioindication of heavy metal pollution with the use of selected plant species in the areas of former smelters. *Environmental Science and Pollution Research*. 2014. № 21. 1437–1446 pp.