

ОЦІНКА ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ЖИТОМИРА ЗА ПОКАЗНИКАМИ УШКОДЖЕНОСТІ ПИЛКУ *SPIRAEA* × *VANHOUTTEI*

Р. Матяшук*, І. Ткаченко

Державна установа «Інститут еволюційної екології НАН України»
вул. Акад. Лебедева, 37, Київ 03143, Україна
e-mail: raisakiev2015@gmail.com

Здійснено оцінку стану пилку *Spiraea x vanhouttei* в зелених насадженнях Житомира за різного впливу чинників урботехногенного походження, зокрема, якості атмосферного повітря. Для біоіндикаційних досліджень обрано вид багаторічних рослин чагарникового ярусу. Генеративна частина цих рослин за висотою розташування зазнає тривалого впливу основних складових аерогенного забруднення, як і дихальна система людей. Оцінка стану атмосферного повітря в приземному шарі є важливою під час визначення потенційних наслідків для екосистеми й оцінки ризику для здоров'я населення. Забруднення атмосферного повітря поллютантами від промислових підприємств і автотранспорту – це одна з основних екологічних проблем Житомира й області, хоча, за даними Центральної геофізичної обсерваторії ім. Б. Срезневського (ЦГО), Житомир належить до міст із низьким рівнем забруднення атмосферного повітря. Він займає 23 позицію серед інших міст України. У статті наведено характеристику основних складових забруднення повітря та джерел їхнього надходження.

Для моніторингу стану гаметофіту *S. x vanhouttei* обрано 6 локацій у різних за антропогенним навантаженням і забезпеченістю зеленими насадженнями районах міста. Досліджено чутливість пилку за якісними (фертильність) і кількісними показниками. На більшості досліджених територій рослини зберегли високий репродуктивний потенціал. Істотну втрату (у 2,1–2,25 раза) фертильності пилку відмічали тільки у рослин на території з підвищеним впливом викидів від пересувних джерел.

Про депресивний вплив екзогенних чинників краще свідчить мінливість морфометричних характеристик пилку. Зокрема, відмічено продукування більшої частки морфологічно різноякісних пилових зерен і зменшення його середніх розмірів. Це зумовлено переважно впливом викидів автотранспорту, оскільки на досліджуваній території розташовані найбільші транспортні вузли міста – залізничний вокзал і центральна автостанція. Тим самим підтверджуються висновки ЦГО про домінуючий вплив пересувних джерел у загальному обсязі поллютантів урбоєкосистеми Житомира. Прояви чутливості пилку *S. vanhouttei* до комплексу екзогенних чинників середовища вирощування підтверджують перспективність його використання як середньостійкого виду для біоіндикаційної оцінки стану довкілля.

Ключові слова: *Spiraea x vanhouttei*, пилок, чутливість, забруднення атмосфери, моніторинг

Екологічний моніторинг стану довкілля спрямований, насамперед, на забезпечення захисту людей і охорону біоти від негативного впливу екотоксикантів. За багатьма внутрішніми та зовнішніми статистичними спостереженнями, Україна на сьогодні є однією з найнебезпечніших в екологічному аспекті країн [11, 14, 19, 21, 25]. Дуже важливо також враховувати жакливі екологічні наслідки воєнної агресії російської федерації. Через руйнівний вплив військових дій в атмосферу потрапляють десятки тисяч тонн шкідливих

речовин, вивільняються продукти хімічних реакцій, спричинених вибухами, детонацією ракет і снарядів. Упродовж тривалого періоду від масових обстрілів руйнуються або пошкоджуються об'єкти критичної інфраструктури, нафтобази, складські комплекси, промислові підприємства, які використовують у своїй діяльності різні хімічні речовини [17].

За таких обставин здійснювати моніторингові дослідження стану довкілля можливо лише із застосуванням методично й економічно доступних підходів. На сьогодні державна система моніторингу довкілля перебуває у стані, який потребує суттєвого технічного, технологічного переоснащення, зміни принципів організації та забезпечення системних міжвідомчих комунікацій [4]. Розширення дослідної бази за рахунок ефективного використання потенціалу, зокрема, біоіндикаційних досліджень може сприяти практиці експрес-оцінки ймовірних ризиків для урбоєкосистеми [6, 8, 9, 15, 22]. Біоіндикаційна оцінка стану довкілля за комплексом показників є важливим доповненням під час аналізу наявних екологічних ризиків для екосистем і здоров'я людини [23, 26, 27]. Напрацювання результатів оцінки в різних за комплексом чинників містах і регіонах України сприяє вдосконаленню самої системи екомоніторингу. Зокрема, використання методичних рекомендацій «Обстеження та районування території за ступенем впливу антропогенних чинників на стан об'єктів довкілля з використанням цитогенетичних методів» (Наказ МОЗ України № 116 від 13.03.2007 р.) у низці наших робіт підтверджує перспективність використання пилку різних за стійкістю до аерогенного забруднення видів рослин для цих цілей [10]. Отримані результати дають можливість робити науково обґрунтовані висновки щодо стану довкілля та давати рекомендації для зонування територій за екологічними ризиками для населення [7, 9, 28]. Дослідження стану пилку *Spiraea x vanhouttei* (Briot) Zabel. в зелених насадженнях Житомира здійснено з метою визначити чутливість цього виду до умов вирощування в різних урбоєкосистемах України.

Матеріали та методи

Для досліджень обираємо рослини чагарникового ярусу, оскільки їхня генеративна частина зазнає довготривалої дії основних складових аерогенного забруднення в зоні максимального впливу на дихальну систему людей [7]. Рослинний матеріал відбирали у фазу квітання *Spiraea x vanhouttei* (травень 2024 р.) на 6 локаціях паркових, лісопаркових екосистем і вуличних ландшафтів м. Житомира (рис. 1).

Стан генеративної сфери визначали за фертильністю зрілих пилкових зерен (%) з використанням йодного методу [2] та за морфометричними показниками сухого пилку (розмір зерен за довжиною полярної осі P та екваторіального діаметра E , мкм). У кожному варіанті досліджено не менше 300 пилкових зерен. Також визначали рівень морфологічної різноманітності пилку (гіпотрофовані пилкові зерна в 1,5–2 рази менші та гіпертрофовані – у 1,3–1,5 рази крупніші) для доповнення висновку про ступінь екологічної напруженості території [20]. Розраховували індекс форми ІФ як середнє значення співвідношення довжини та ширини екваторіальних проекцій пилкових зерен. Наближення значення індексу до 1,0 свідчить про зменшення видовженості форми пилкового зерна [1]. Типова форма зерен сухого пилку представників роду *Spiraea* L. – сфероїдна [29]. За співвідношенням P/E пилкові зерна належать до класу *prolate* (витягнута) [24]. Препарати досліджували за допомогою мікроскопа Nikon Eclipse E100 з фотоапаратом Canon 1300D BODY і програмного забезпечення. Вимірювання здійснювали у програмі AxioVision Rel. 4.8. Статистичну обробку даних проводили за загальноприйнятими методами дисперсного аналізу згідно з рекомендаціями [2, 3] за допомогою програми MS Excel 97-2003.

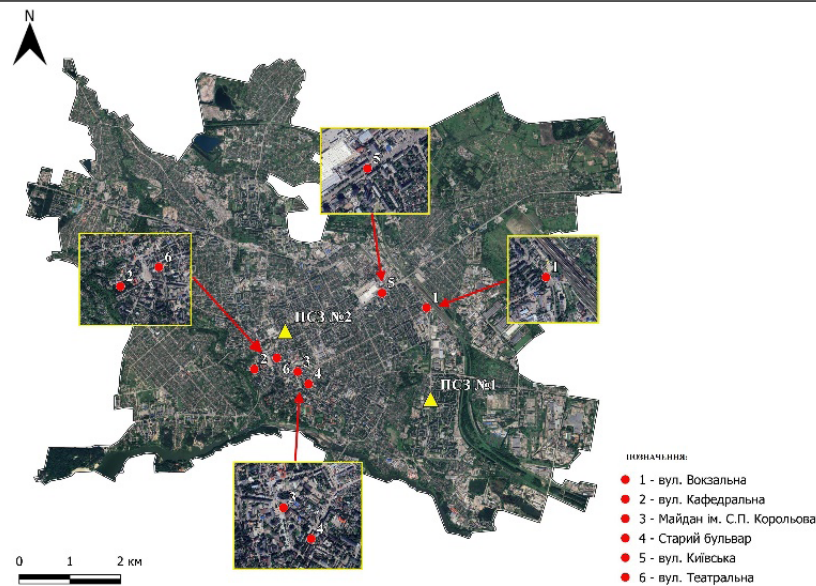


Рис. 1. Розташування дослідних ділянок (позначка ●) і стаціонарних постів спостережень (ПСЗ) Центральної геофізичної обсерваторії ім. Б. Срезневського (позначка ▲) у Житомирі

Для оцінки метеорологічних умов середовища вирощування рослин і аналізу стану забруднення атмосферного повітря використано відомості Центральної геофізичної обсерваторії ім. Б. Срезневського (далі – ЦГО) та інформація Державної служби статистики України (зокрема, Головного управління статистики у Житомирській області).

Територія досліджень

Житомирщина розташована у двох природно-кліматичних зонах – Лісостепу (19 %) та Поліссі (81 %). Ці території суттєво відрізняються за геологічною будовою, ландшафтною структурою, ґрунтами, лісистістю і видовим складом рослинного світу. Клімат області помірно континентальний. За даними 2022 р. середня річна температура була на рівні 8,6–9,1 °C і перевищила кліматичну норму на 0,5–0,7 °C, а загальна кількість опадів становила 629–771 мм (108–115 % норми) [18]. Адміністративним, економічним і культурним центром області є Житомир із населенням 260,1 тис. осіб (станом на 01.02.2022 р). (<https://www.zt.ukrstat.gov.ua>). Територія в адміністративних межах міста становить 6083 га, із них забудовані землі займають 66,4 %, сільськогосподарські – 24,9 %, відкриті землі без рослинного покриву або з незначним рослинним покривом – 3,7 %, ліси й інші лісовкриті площі – 2,4 % (144,6 га), внутрішні води – 2,6 %. Ландшафтно-рекреаційної та озеленої території (станом на 01.01.2014 р.) тут налічують 479,6 га, земель природоохоронного призначення – 71,6 га. У системі озеленення міста наявні усі три групи озелених територій, які визначають за функціональною ознакою: загального користування, обмеженого користування та спеціального призначення. Група насаджень загального користування становить 335,0 га, фактична забезпеченість – 77,3 %. До 2035 р. заплановане збільшення площі об'єктів даної групи насаджень до 16,0 м²/особу, як передбачено нормативами, з подальшим збільшенням до 17,7 м²/особу.

Провідною галуззю економіки міста є промисловість (харчова, легка та перероблення сільськогосподарської продукції). До Житомира пролягають п'ять автомобільних доріг

державного значення. Загальна протяжність магістральної мережі міста – 140,7 км (із них магістральних вулиць загальноміського значення – 72,3 км, районного значення – 68,4 км). Загальний рівень автомобілізації – 311,5 автомобіля на 1000 мешканців (зокрема, рівень автомобілізації легковими автомобілями – 276,2 автомобіля на 1000 мешканців) [16]. Власне забруднення атмосферного повітря викидами від автотранспорту і промислових підприємств (теплове й енергетичне устаткування, добувна та обробна галузь господарства) є однією з основних екологічних проблем області [5]. Понад 85 % від загального обсягу викидів у атмосферне повітря міста надходить від автотранспорту і підприємств: ТОВ «ОБО», філія «Житомирський завод ізоляційних матеріалів «IZOVAT», ПрАТ «Біо Мед Скло», КП «Житомиртеплокомуненерго», ТОС «Житомирський картонний комбінат» (рис. 2) [12, 13].

За індексом забруднення атмосфери ІЗА, який враховує ступінь забруднення атмосферного повітря за п'ятьма пріоритетними забруднювальними домішками, у 2023 р. Житомир займав 23 місце серед міст України. За цим показником упродовж 2019–2023 рр. у місті зафіксовано низький рівень забруднення атмосферного повітря (3,81–4,2 умовних одиниць) (рис. 3).

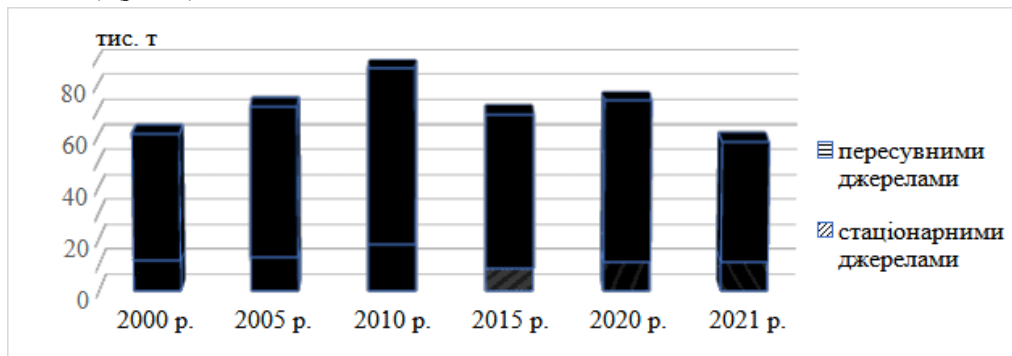


Рис. 2. Кількість викидів забруднювальних речовин і парникових газів, тис. т (дані ЦГО)

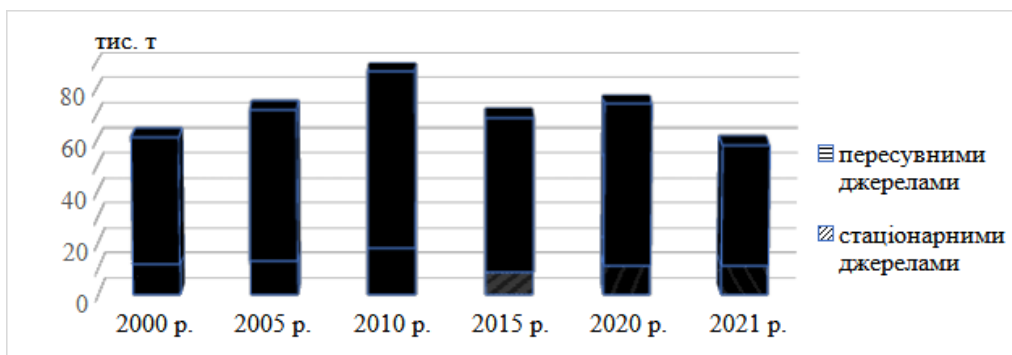


Рис. 3. Індекс забруднення атмосфери м. Житомира (дані ЦГО)

У першому півріччі 2024 р. відмічено підвищений рівень забруднення атмосферного повітря в Україні (ІЗА = 6,4 ум. од.) (<http://cgo-sreznevskyi.kyiv.ua/uk/diialnist/khimichne-zabrudnennia>). Переважаючими політантами тестової урбоєкосистеми є оксид вуглецю (II) (CO), діоксид азоту (NO₂), діоксид сірки (SO₂), леткі органічні сполуки, пил (рис. 4). Їхня частка перевищує 90 % від загальної кількості викидів в атмосферне повітря міста [12].

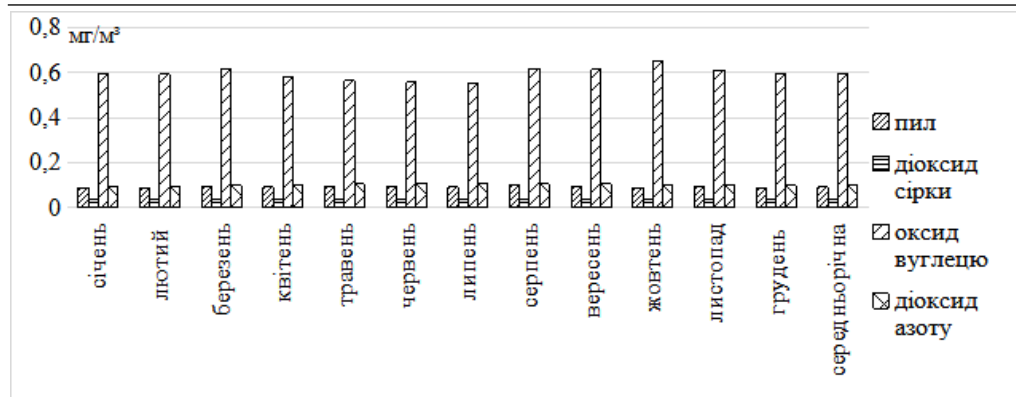


Рис. 4. Характеристика забруднення атмосфери міста у 2023 р. за середньою концентрацією домішок, $\text{мг}/\text{м}^3$ (дані ЦГО <http://cgo-sreznevskiy.kyiv.ua>)

Результати і їхнє обговорення

Обрані нами території міста трохи відрізняються за рівнем забруднення атмосфери, і відмінність впливу чинників урботехногенного походження позначається на стані пилку досліджених рослин. Дані стаціонарного посту спостережень № 1 (вул. Вітрука, 31) трохи перевищують показники вмісту забруднювальних речовин по ПСЗ № 2 (вул. Грушевського, 14/20) і середні по місту. Також ділянки відрізняються за рівнем антропогенного навантаження (зокрема, щільністю забудови, інтенсивністю транспортного сполучення), а також станом зеленої інфраструктури як основного фактора зменшення руйнівного впливу урбосередовища на живі організми. Максимальною різницею за ІЗА між даними ПСЗ є у березні–квітні, тобто в період активного розвитку генеративних органів *S. vanhouttei*. Як імовірна реакція на це – у рослин на ділянці 1 (вул. Вокзальна) виявилися винятково низькі показники фертильності пилку (41 % та 59 %, відповідно, у закритому бутоні та в період масового квітування) (рис. 5).

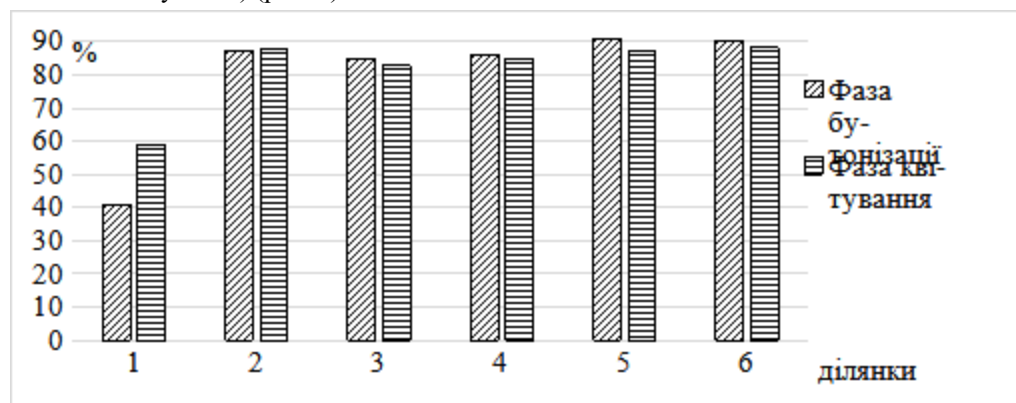


Рис. 5. Фертильність (%) пилку *S. vanhouttei* на дослідних ділянках Житомира (карту розташування ділянок див. на рис. 1)

Саме ця територія (за даними ПСЗ № 1) серед обраних нами зазнає посиленого впливу викидів забруднювальних речовин і парникових газів, який зумовлюють пересувні та стаціонарні джерела від розташованих поблизу транспортних вузлів (залізничний вокзал

і центральна автостанція). Також причиною підвищеного вмісту поллютантів у приземному шарі повітря на цій території є менша, порівняно з іншими районами міста, частка зелених насаджень (див. рис 1).

Загалом, результати дослідження фертильності пилку на моніторингових ділянках Житомира підтвердили відмічений нами високий репродуктивний потенціал *S. vanhouttei* [7]. Також підтверджено, що вищі життєві показники пилок цього виду має у фазу завершення бутонізації (до 85–91 %) з тенденцією певної втрати фертильності з початком квітання рослин на всіх ділянках. Водночас уже за якістю сформованого пилку рослин-біоіндикаторів можна дати оцінку ступеня екогенетичної трансформації дослідженої території [8].

Вплив чинників урботехногенного походження на довкілля спричиняє зміни не лише життєздатності пилку рослини цього виду, але й депресивні морфологічні зміни, які можуть слугувати індикаторними ознаками під час біомоніторингових досліджень (рис. 6).

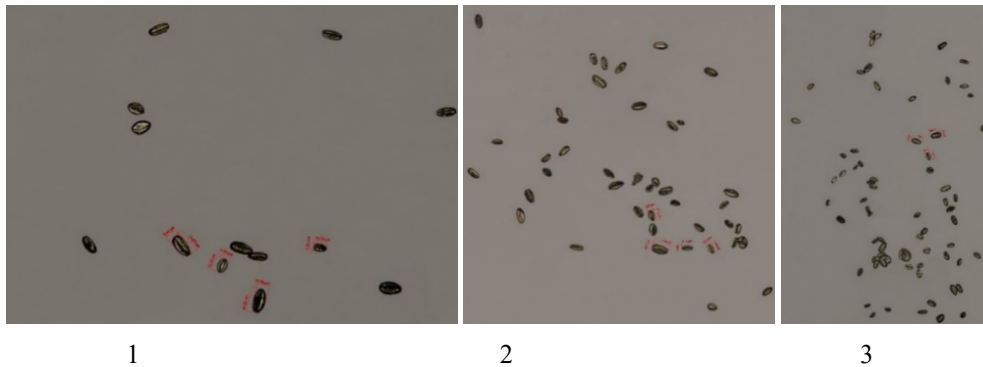


Рис. 6. Загальний вигляд і параметри зерен свіжозібраного пилку *S. vanhouttei* у фазу бутонізації (1) та квітання рослин (2, 3) на дослідних ділянках Житомира

Зокрема, за вирощування рослин в умовах більшого антропогенного навантаження (ділянка 1) в популяції свіжозібраного пилку відмічено вищу мінливість зерен за морфометричними показниками (див. таблицю). Вже у фазу бутонізації рослин сформовані пилкові зерна мають менші розміри, порівняно зі середніми параметрами пилку на інших дослідних ділянках. Зростаючий інгібуючий вплив комплексу позаоптимальних чинників на ділянці 3 (майдан ім. С. П. Корольова) також зумовлює пролонговане зменшення середніх розмірів зерен у фазу масового квітання рослин. Додатковим інформативним показником цього впливу є зміна індексу форми пилкових зерен.

Параметри пилкових зерен *S. vanhouttei* на дослідних ділянках Житомира, мкм

Ділянка	Фаза бутонізації			Фаза квітання		
	Р	Е	ІФ	Р	Е	ІФ
1. вул. Вокзальна	8,45±1,45	16,09±2,28	0,522	8,35±1,10	15,79±2,14	0,528
2. вул. Кафедральна	9,07±1,20	18,02±2,17	0,503	9,34±1,05	18,09±2,16	0,516
3. Майдан ім. С. П. Корольова	9,46±1,09	18,04±1,91	0,527	9,27±0,96	17,74±1,91	0,525
4. Старий бульвар	8,97±1,18	17,83±2,56	0,506	9,58±1,18	18,62±2,37	0,516
5. вул. Київська	9,28±1,04	18,29±2,21	0,509	9,40±1,01	18,38±2,04	0,511
6. вул. Театральна	9,58±0,97	18,65±1,73	0,513	9,39±1,06	18,14±2,27	0,519

Примітки: Р – довжина полярної осі, Е – довжина екваторіального діаметра, ІФ – індекс форми

На інших дослідних ділянках істотних морфометричних змін у стані пилку в різні фази генеративного розвитку не відмічено, якість сформованого пилку була досить високою.

Фенотипічні прояви чутливості пилку *S. vanhouttei* до комплексу екзогенних чинників середовища вирощування реалізувались у формуванні дегенерованих (дрібних) і гіпертрофованих (аномально крупних) зерен (див. рис. 6). Більше морфологічно аномального пилку відмічено на ділянках 1, 2, 4. Здебільшого переважала частка гіпотрофованих зерен за довжиною полярної осі (рис. 7).

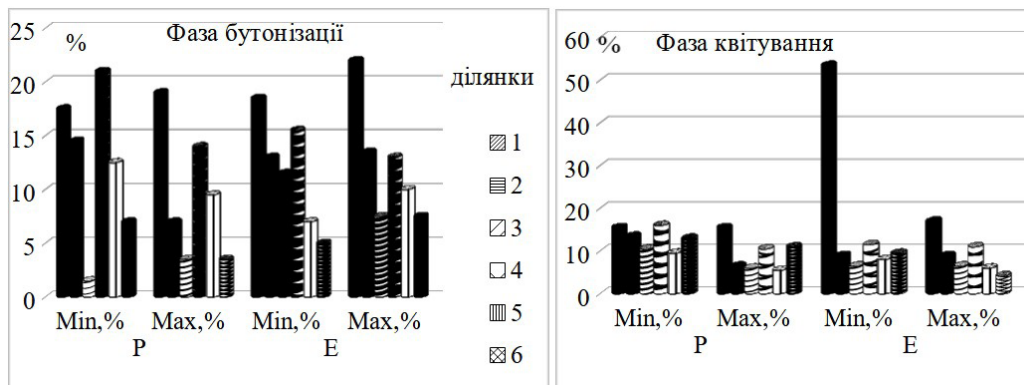


Рис. 7. Продуктування аномальних зерен *S. vanhouttei* за довжиною полярної осі Р та екваторіального діаметра Е сухого пилку (нумерацію ділянок див. на рис. 1 і в таблиці)

При цьому вже у фазу завершення бутонізації рослин в популяції пилку виявлено значну кількість (до 22 %) аномальних зерен. На прикладі рослин ділянки 1 можна простежити найчіткіший негативний вплив позаоптимальних чинників на гаметогенез *S. vanhouttei* за продуктуванням понад 53 % морфологічно різноякісних зерен у фазу квітування рослин. Найменшу мінливість морфометричних показників пилку (менше 10 % за кожним параметром) відмічено на ділянках 3, 5 та 6, що узгоджується і з результатами оцінки його фертильності, підтверджуючи менш активний вплив поллютантів та інших факторів повітряного середовища на генеративні органи рослин.

Хоча вид *S. vanhouttei* не внесено до переліку рекомендованих фітоіндикаторів під час визначення загальної токсичності повітряного басейну за тестом «Стерильність пилку» [10], реакція рослин на стан навколишнього середовища (як за кількісними, так і за якісними показниками пилку) свідчить про потенційну перспективність використання цього виду як середньостійкого фітоіндикатора забруднення навколишнього повітря.

Висновки. Результати оцінки стану пилку *S. vanhouttei* підтверджують відомості про низький рівень забруднення атмосферного повітря у Житомирі. Показники фертильності пилку на більшості досліджених ділянок відповідають високому репродуктивному потенціалу рослин цього виду. Найбільше порушення гаметогенезу *S. vanhouttei* встановлено на території з підвищеним впливом викидів від пересувних джерел (вул. Вокзальна). Зокрема, фертильність пилку рослин була у 2,1–2,25 раза нижчою, ніж на інших моніторингових ділянках міста. Ці дані узгоджуються з висновком ЦГО щодо домінуючого впливу викидів від автотранспорту у загальному обсязі поллютантів урбоєкосистеми Житомира.

На територіях із підвищеним впливом чинників урботехногенного походження істотніше проявляються депресивні морфологічні зміни пилку *S. vanhouttei*. Відмічено зменшення середніх розмірів пилкових зерен у рослин в період масового квітування. Продуктування морфологічно різноякісних пилкових зерен проявилось у збільшенні частки гіпотрофованих за довжиною полярної осі зерен. Підвищений об'єм аномального

за розмірами та формою пилку наявний у закритому бутоні ще до масового квітування рослин. Це підтверджує довготривалий інгібуючий вплив комплексу позаоптимальних чинників на мікроспорогенез *S. vanhouttei*. Встановлені прояви чутливості пилку *S. vanhouttei* до комплексу екзогенних чинників середовища вирощування підтверджують перспективність його використання як середньостійкого виду для біоіндикаційної оцінки стану довкілля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гнатюк А. М., Гурненко І. В. Морфологічні особливості пилкових зерен видів родини Colchicaceae DC. флори України // Інтродукція рослин. 2013. № 2. С. 57–62. http://nbuv.gov.ua/UJRN/IR_2013_2_11
2. Дегтярьова Н. І. Лабораторний і польовий практикум з генетики: навч. посіб. для студ. природнич. ф-тів пед. ін-тів. К.: Вища школа, 1973. 272 с.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
4. Екологічний паспорт міста Києва, 2023. 159 с. <https://ecodep.kyivcity.gov.ua/files/2023/10/11/ekopasport.pdf>
5. Звіт про стратегічну екологічну оцінку проєкту плану заходів на 2024-2027 роки з реалізації стратегії розвитку Житомирської області на період до 2027 року <https://oda.zht.gov.ua/wp-content/uploads/2023/05/Zvit-pro-SEO-z-urahuvannyam-konsultatsij.pdf>
6. Матяшук Р. К., Ткаченко І. В. Пилок рослин чагарникового ярусу міського зеленого простору як індикатор стану атмосферного повітря мегаполісу (на прикладі представників роду Форзиція) // Вісн. Харків. ун-ту. Сер. екол. 2021. № 25. С. 135–156. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-25-12>
7. Матяшук Р. К., Ткаченко І. В. Чутливість пилку спіреї Вангутта до стану атмосферного повітря мегаполісу // Natural Resources of Border Areas under a Changing Climate. The 5th International Scientific Conference: the program, abstracts (Ukraine, Chernihiv, September 21–24, 2021). Chernihiv: Publishing House “Desna Polygraph”. 2021. Р. 58.
8. Миленка М. М. Життєздатність пилку деревних рослин як критерій якості навколишнього середовища // Екологія та ноосферологія. 2009. Т. 20. № 1–2. С. 181–187.
9. Мірошник Н. В., Ліханов А. Ф., Матяшук Р. К. та ін. Біоіндикаційна оцінка стану паркових екосистем міста Києва. К.: Академперіодика, 2023. 200 с. <https://doi.org/10.15407/akademperiodyka.488.200>
10. Наказ МОЗ України № 116 від 13.03.2007 р. “Про затвердження методичних рекомендацій «Обстеження та районування території за ступенем впливу антропогенних чинників на стан об’єктів довкілля з використанням цитогенетичних методів»” // Офіційний вісник України. 2007. № 4. С. 186–209. <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0116282-07#Text>
11. Огляд стану забруднення навколишнього природного середовища на території України за даними спостережень гідрометеорологічних організацій у 2020 р. URL: http://cgo-sreznevskyi.kyiv.ua/index.php?fn=u_zabrud&f=ukraine.
12. Огляд стану забруднення навколишнього природного середовища на території України за даними мережі моніторингу гідрометеорологічних організацій за I півріччя 2024 року. <http://cgo-sreznevskyi.kyiv.ua/uk/diialnist/khimichne-zabrudnennia>
13. Огляд стану забруднення навколишнього природного середовища на території України за даними мережі моніторингу гідрометеорологічних організацій у 2023 році. К., 2024. 41 с. [oglyad-stanu-zabrudnennya I-2024.pdf](http://oglyad-stanu-zabrudnennya-I-2024.pdf)

14. *Погребенник В., Шибанова А.* Дослідження стану забруднення атмосферного повітря. Дискурс. Науковий та педагогічний супровід сталого розвитку: колективна монографія. Суми, 2019. С. 56–70. https://www.researchgate.net/publication/340417971_
15. *Прутула Н.* Доцільність використання соняшнику (*Helianthus annuus* L.) як фітоіндикатора антропогенного навантаження середовища // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2021. № 84. С. 68–75. <http://dx.doi.org/10.30970/vlubs.2021.84.06>
16. Проект «Внесення змін до генерального плану міста Житомира» (на розрахунковий етап до 1.01.2035 р.) <https://zt-rada.gov.ua/files/upload/sitefiles/doc1548080024.pdf>.
17. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища міста Києва у 2022 році. 2023. 125 с. // <https://ecodep.kyivcity.gov.ua/files/2023/10/11/dopovid.pdf>
18. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища Житомирської області у 2022 році. <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoryng/regionalni-dopovidi-pro-stan-navkolyshnogo-seredovyssha-v-ukrayini/>
19. *Черба О. В., Квасов В. А.* Комплексна оцінка антропогенного впливу на природне середовище України. *Науково-освітній вимір природничих наук*: монографія. Рига: Baltija Publishing, 2023. С. 256–273. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-289-0-12>
20. *Швець Л. С.* Біоіндикація інтенсивності забруднення довкілля за показниками фертильності пилових зерен різних рослин // *Досягнення біології та медицини*. 2011. № 1 (17). С. 41–44. <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/47479>
21. Щорічник стану забруднення атмосферного повітря на території України за даними спостережень гідрометеорологічних організацій за 2021 рік. ЦГО ім. Бориса Срезневського. К., 2022. 254 с.
22. *Balogun A.-L., Tella A., Baloo L., Adebisi N.* A review of the inter-correlation of climate change, air pollution and urban sustainability using novel machine learning algorithms and spatial information science // *Urban Climate*. Vol. 40. December 2021, 100989. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100989>
23. *Brumberg H. L., Karr C. J.* AAP COUNCIL ON ENVIRONMENTAL HEALTH. Ambient Air Pollution: Health Hazards to Children // *Pediatrics*. 2021. Jun. No 147 (6). e 2021051484. doi: 10.1542/peds.2021-051484.
24. *Erdtman G.* Pollen Morphology and Plant Taxonomy-Angiosperms // *Almqvist and Wiksell*. Stockholm. 1952. 539 p.
25. Health risk of fir pollution in Europe – HRAPIE: technical report. WHO Regional Office for Europe. Copenhagen, 2022. <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2022/health-impacts-of-air-pollution>
26. *Kandel A., Pokhrel K.* Study of Urban Sprawl and Its Impact on Vegetation, Land Surface Temperature and Air Pollution Using Remote Sensing and GIS in Kathmandu Valley from 2015 to 2020 // *J. Geoscience and Environment Protection*. 2024. Vol. 12. N 3. P. 28–53. <https://doi.org/10.4236/gep.2024.123003>
27. *Mahmood S., Ali A. & Jumaah H. J.* Geo-visualizing the hotspots of smog-induced health effects in district Gujranwala, Pakistan: a community perspective // *Environmental Monitoring and Assessment*. 2024. Vol. 196. N 457. <https://doi.org/10.1007/s10661-024-12619-w>
28. *Matyashuk R. K., Tkachenko I. V.* Changeability of quantitative and quality signs of pollen of *Robinia pseudoacacia* L. is in the conditions of megalopolis // *Ecology and Noospherology*. 2023. Vol. 34. N 2. P. 70–80. doi:10.15421/032311
29. PalDat – Palynological Database an online publication on recent pollen. <https://www.paldat.org/search/genus/Spiraea>

ASSESSMENT OF THE QUALITY OF THE ATMOSPHERIC AIR IN ZHYTOMYR BY INDICATORS OF DAMAGE TO THE POLLEN OF THE BIO-INDICATOR PLANT

R. Matiashuk, I. Tkachenko

*Institute for Evolutionary Ecology, NAS of Ukraine
37, Lebedev St., Kyiv 03143, Ukraine
e-mail: raisakiev2015@gmail.com*

An assessment of the state of *Spiraea x vanhouttei* pollen in the green areas of Zhytomyr under the influence of various factors of urbotechnogenic origin was carried out. A species of perennial plants of the shrub layer was selected for bioindicative studies. The generative part of these plant species is exposed to the main components of air pollution for a long time, as is the human respiratory system. Assessment of the state of atmospheric air in the surface layer is important for determining potential consequences for the ecosystem and assessing the risk to public health.

Atmospheric air pollution by emissions of pollutants from industrial enterprises and motor vehicles is one of the main environmental problems of Zhytomyr and the region. Although in general, according to the data of the CGO named after B. Sreznovskyi, Zhytomyr belongs to the cities with a low level of atmospheric air pollution. It occupies the 23rd position among other cities of Ukraine. The article describes the characteristics of the main components of air pollution and their sources. To monitor the state of the gametophyte *S. x vanhouttei*, 6 locations were selected in different districts of the city, which differ in terms of anthropogenic load and the presence of green spaces. The sensitivity of pollen was studied by qualitative (fertility) and quantitative indicators. In most of the studied territories, plants have retained a high reproductive potential. A significant loss (by 2.1–2.25 times) of pollen fertility was noted only in plants in the territory with increased influence of emissions from mobile sources.

The depressive effect of exogenous factors is more evidenced by the variability of morphometric characteristics. In particular, the production of morphologically diverse pollen grains and the reduction of their average size. In particular, the production of a larger share of morphologically diverse pollen grains and a decrease in their average size was noted. This is also due mainly to the impact of emissions from motor vehicles, as this is the area where the city's largest transport hubs are located – the railway station and the central bus station.

Thus, the conclusions of the Central Geophysical Observatory named after B. Sreznovsky regarding the dominant influence of mobile sources in the total amount of pollutants in the urban ecosystem of Zhytomyr. The established manifestations of the sensitivity of *S. vanhouttei* pollen to a complex of exogenous factors of the growing environment confirm the prospects of its use as a medium-resistant species for bioindicative assessment of the state of the environment.

Keywords: *Spiraea x vanhouttei*, pollen, sensitivity, atmospheric pollution, monitoring