

## СКРИНІНГ ПАЛІНОМОРФОЛОГІЧНОГО ТА ПАЛІНОТОКСИЧНОГО ЕФЕКТУ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЕМІСІЙ

*Морозова Т.В.*, кандидат біологічних наук, Чернівецький національний університет ім. Ю.Федьковича, Чернівці, Україна, t.morozova@chnu.edu.ua, orcid.org/0000-0003-4836-1035

*Хрутьба В.О.*, доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, viktoriia.khrutba@gmail.com, orcid.org/0000-0002-8121-2042

*Кобзиста О.П.*, кандидат біологічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, kobzyshta@ukr.net, orcid.org/0000-0002-9944-0609

## DIAGNOSTIC OF PALINOMORPHOLOGICAL AND PALINOTOXICAL EFFECT OF AVTOTRANSPORT POLLUTION

*Morozova T.V.*, Ph.D (Candidate of Biological Science), Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Institute of Biology, Chemistry and Natural Resources, Chernivtsi, Ukraine, t.morozova@chnu.edu.ua, orcid.org/0000-0003-4836-1035

*Khrutba V.A.*, Doctor of Technical Science, National Transport University, Kyiv, Ukraine, viktoriia.khrutba@gmail.com, orcid.org/0000-0002-8121-2042

*Kobzyshta O.P.*, Ph.D. (Candidate of Biological Science), National Transport University, Kyiv, Ukraine, kobzyshta@ukr.net, orcid.org/0000-0002-9944-0609

## СКРИНІНГ ПАЛИНОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО И ПАЛИНОТОКСИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА АВТОТРАНСПОРТНЫХ ЭМИССИЙ

*Морозова Т.В.*, кандидат биологических наук, Черновицкий национальный университет им. Ю. Федьковича, Черновцы, Украина, t.morozova@chnu.edu.ua, orcid.org/0000-0003-4836-1035

*Хрутьба В.А.*, доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, viktoriia.khrutba@gmail.com, orcid.org/0000-0002-8121-2042

*Кобзистая О.П.*, кандидат биологических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, kobzyshta@ukr.net, orcid.org/0000-0002-9944-0609

**Постановка проблеми.** Деякі види антропогенного впливу, насамперед забруднення повітря і посилення шуму, належать до найсерйозніших техногенних навантажень на компоненти довкілля [7]. Незважаючи на деформаційну функцію у довкіллі, біогеоценологічному покриві і речовинно-енергетичному обміні територій, автомобілізація ще не стала об'єктом комплексних екологічних досліджень. Оскільки, транспорт – один із наймогутніших чинників антропопресингу, особливої актуальності набувають роботи, спрямовані на пошук інформативних біоіндикаторів і біомаркерів для адекватної оцінки стану довкілля та моніторингу транспортного забруднення.

Відомо [12], що кількість забруднюючих речовин у викидних газах залежить від складу транспортного потоку, інтенсивності та режимів руху в умовах міста, які, в свою чергу, визначаються транспортно-планувальними показниками вулично-дорожньої мережі міста, яка характеризується розмірами та конфігурацією міжмагістральних територій, щільністю, довжиною перегонів, організацією руху транспорту і системою регулювання перехресть.

Незважаючи на квазіпостійність складу, атмосфері притаманна висока динамічність, обумовлена переміщенням повітряних мас в горизонтальному і вертикальному напрямках. Наразі атмосфера знаходиться під впливом численних і мінливих екологічних чинників. Гази та аерозолі, що надходять в атмосферу характеризуються високою реакційною здатністю. Відомо, що у процесі згоряння палива утворюється сажа, яка здатна адсорбувати важкі метали та радіонукліди, і за умов осідання на поверхню ґрунтів – сприяти їх забрудненню, а також спричиняти надходження поллютантів у трофічні ланцюги (ґрунт→рослина→тварина).

В умовах антропопресингу у рослин порушуються процеси життєдіяльності, в тому числі і ті, що пов'язані з розмноженням. Об'єктами біомоніторингу можуть слугувати пилокві зерна як трав'янистих, так і деревних рослин. Тому, паліноморфологічні дослідження можуть зайняти вагоме місце в системі багатокомпонентного біоекологічного моніторингу, оскільки реакція генеративної сфери рослин, зокрема пилку, цілком адекватна.

В екологічно несприятливих умовах рослини продукують більшу кількість тератоморфних і стерильних пилкових зерен. Досліджуючи морфологічні особливості пилкових зерен, можна не лише встановлювати наявність гаметопаатогенних сполук у довкіллі, але й проводити порівняльну оцінку рівня забруднення ними різних зон без застосування традиційної методики прямого обліку мутацій чи використання складного лабораторного обладнання. Переваги цього методу в швидкості виконання дослідження та можливості скринінгу великих обсягів проб [1-3].

#### **Аналіз останніх досліджень.**

Сучасні фізико-хімічні методи забезпечують досить точне визначення рівня забруднення довкілля, зокрема, викидами транспорту. Однак, важливим є не лише факт наявності поллютанта, а й реакція біологічних систем. Фітоценози – невід’ємна частина біотичного блоку урболандшафтів, велика площа контакту та інтенсивний газообмін з довкіллям зумовлюють високу їхню чутливість до дії збурюючих чинників. Саме рослини, перебуваючи в умовах тривалої експозиції на урбанізованих територіях, характеризуються рядом переваг при індикації довготермінових тенденцій і буферної здатності біологічних систем по відношенню до комплексу стресорів міського середовища.

Екстраполяція даних, нагромаджених в експерименті, є проблематичною. Саме тому, для отримання об’єктивної оцінки зрушень в біогеоценозах антропогенно трансформованих територій все більшої актуальності і ваги набувають дослідження рослин в конкретних екотопах та пошук інформативних тест-ознак. Однак критерії, методологія і методика оцінки сумарного навантаження довкілля на живі організми ще остаточно не розроблені.

Незважаючи на те, що серед рослин є чимало ефективних індикаторів, залишається актуальним проблема відбору інформативних фітоіндикаторів транспортного забруднення. Особливої ваги набувають дослідження впливу антропопресингу на спадковий апарат та репродуктивну здатність рослин. Серед розповсюджених тестів оцінки небезпеки мутагенів в експериментальних дослідженнях впливу поллютантів найпопулярнішими є цитогенетичні ефекти [2, 4, 6, 9, 11].

Найчутливішими процесами, на які впливають несприятливі і стресові умови, є репродуктивна діяльність і тривалість життя рослин. Так, можуть спостерігатися зрушення як у чоловічій (пилку), так і в жіночій (зародковий мішок) сферах. В першому випадку - це виражається у збільшенні стерильності пилкових зерен, що призводить до пониженого проростання й зменшення росту пилкової трубки, в результаті чого вона не досягає зародкового мішка і не відбувається запліднення. У другому випадку - гине сам зародковий мішок на перших етапах поділу після запліднення. При значному забрудненні повітря у клітинах зародкового мішка підвищується число мутацій і хромосомних аберацій. Визначення фертильності та морфології пилку має велике значення, оскільки ці показники дають можливість охарактеризувати кількість насінневого матеріалу [1].

Наразі не викликає сумніву те, що репродуктивні структури, і насамперед чоловічий гаметофіт, є найчутливішими до дії токсичних інгредієнтів [3, 9]. Дослідження, проведені різними авторами з використанням *Nicotiana tabacum* L., *Vicia cracca* L., *Tussilago farfara* L., *Plantago major* L., *Zea mays* L., *Pinus sylvestris* L., *Larix sibirica* Ledeb. та ін. показали, що в зоні впливу промислових підприємств, автомобільних доріг збільшується кількість стерильних пилкових зерен. Тести на визначення стерильності пилку використовуються як опосередковані показники мутагенної дії. Деякі автори використовують оцінку стану пилку рослин як індикатор забруднення довкілля, зокрема, показано прямий зв'язок між рівнем забруднення і стерильністю пилку [2], утворення великої кількості пилку неспроможного брати участь у репродукційному процесі в умовах високої інтенсивності руху автотранспорту [6]. У дослідженнях [8] показано збільшення безкромальних пилкових зерен в умовах промислового забруднення довкілля, автори вказують на високу чутливість *Padus avium* L. та специфічність реакції пилку на аеротоксиканти у *Siringa vulgaris* L. та *Cerasus vulgaris* L. Застосування таких підходів є доцільним при визначенні мутагенного фону урботехногенних територій [1].

#### **Матеріали і методи дослідження.**

Матеріалом для досліджень слугували суцвіття зібрані з рослин, які ростуть на вулицях урбоекосистеми з різним рівнем автотранспортного навантаження, в якості контролю – які ростуть в зонах відсутності автомобільного руху. Ступінь забруднення оцінювали з урахуванням інтенсивності руху транспорту та розрахованої концентрації CO [11]. Об'єкт дослідження – популяції кульбаби лікарської (*Taraxacum officinale* F. Web. Ex Wigg.), підбілу звичайного (*Tussilago farfara* L.) та вишні звичайної (*Cerasus vulgaris* Mill.). Для скринінгу палінотоксичного впливу аерополлютантів використовували тест на стерильність чоловічого гаметофіту. Розглянуто такі параметри: кількість фертильних і стерильних пилкових зерен, індекс стерильності (ІС), що являє собою величину, яка показує у скільки разів частота індукованого рівня стерильності, викликана дією поллютантів, вище

рівня спонтанної стерильності (контроль) [10]. Палінотоксичний ефект аеротехногенного забруднення середовища ПЕ (%) за показниками стерильності пилку тест-рослин розраховували за формулою [10]. Матеріал фіксували і зберігали до цитологічного аналізу відповідно до рекомендацій Паушевої З.П. Фертильність пилкових зерен визначали йодним методом на тимчасових препаратах. Дослідження морфометричної структури пилкових зерен проводили за допомогою системи морфометричного аналізу зображень, що включає мікроскоп "Konus Crystal-Pro", відеокамеру "Sigeta UCOS 5100 5MP" і персональний комп'ютер. Отримані дані для порівняння приводили до інтенсивних показників [6]. При цьому переглядали ~ 5000 зерен на моніторингову точку.

Збір пилку проводили в період його формування. Якість пилку (накопичення крохмалю в пилковому зерні) оцінювали за інтенсивністю забарвлення (добре, середньо, незабарвлений пилко) в розчині Люголя. Визначення частки безкрохмальних пилкових зерен та обчислення коефіцієнта стерильності пилку ( $K_{ст}$ ) здійснювали за стандартними методиками [4, 9-11]. Отримані результати опрацьовували загальноприйнятими варіаційно-статистичними методами; достовірність виявлених змін визначали за t-критерієм Стюдента. Розрахунки та статистичну обробку даних здійснювали з використанням пакета прикладних програм "Microsoft Excel" та Statistica 6.0 для Windows.

#### **Викладення основного матеріалу.**

Вплив автомобільних доріг і автотранспорту, що рухається ними, на довкілля проявляється у складній взаємодії чинників, які можна розділити на дві групи: дорожні та транспортні. До дорожніх чинників належать: відведення під будівництво автомобільної дороги земельних угідь; порушення єдності й цілісності природного комплексу; зміна природних комплексів і рельєфу місцевості при будівництві. До транспортних – шум і загазованість повітря; забруднення прилеглої до дороги смуги шкідливими речовинами, що містяться у відпрацьованих газах автомобілів.

Оцінка стану повітряного басейну м. Чернівці показує, що об'єм промислового виробництва, розвинутий автотранспорт, разом з транскордонним перенесенням та з частою повторюваністю несприятливих умов розсіювання, створюють осередки різноякісного забрудненого повітря, яке негативно впливає на стан зелених насаджень. За даними обласного статистичного управління, забруднення повітря міста здійснюється стаціонарними та пересувними джерелами, причому у частці, внесеної у забруднення, переважають пересувні джерела – 56,2 % від загального обсягу викинутих шкідливих речовин. Найбільший антропопресинг здійснюють викиди індивідуального автотранспорту. Автотранспортом викидається 28,75 тис. т забруднюючих хімічних речовин, з них: 23 тис. т  $CO$ , що складає 80 %; 3,74 тис. т  $C_nH_m$  – 13 %; 1,73 тис. т  $NO_x$  – 6 %. Щільність викидів автотранспорту становить 3,3 тонн на  $1\text{ км}^2$ . Саме тому нами проведено аналіз інтенсивності руху та концентрації оксиду карбону у повітрі на вулицях міста. Найбільша кількість автомобілів – 1680 од., найменша – 185 од. транспорту за годину. Проведений аналіз інтенсивності руху автомобілів за одну годину, дозволив розрахунковим методом визначити інтенсивність руху автомобілів за добу. Сумарна оцінка завантаженості вулиць автотранспортом проводилась згідно ГОСТ-17.2.2.03-77. Лише на кількох вулицях відмічено низьку інтенсивність руху автотранспорту – кількість транспортних засобів тут становила 4565-7080 автомобілів на добу. Натомість на більшості вулиць відмічено високу інтенсивність руху транспорту – від 18192 одиниць до 40320 одиниць за добу.

Якісний склад автотранспорту на різних вулицях міста відрізняється і залежить від їх розміщення. Тому, крім оцінки загального транспортного навантаження на вулицях міста, нами також проведено оцінку інтенсивності руху різних видів транспорту. По вулицях міста найчастіше рухається легковий транспорт. Найбільш завантажені ним центральні вулиці міста (рис. 1). Найбільша кількість легкових автомобілів проїжджає у точках дослідження № 2 – 944 од./год; №3 – 1620 од./год; №5 – 921 од./год; №11 – 1220 од./год; №15 – 1239 од./год та №22 – 985 од./год. По інших вулицях за годину проїжджає 70 – 193 од./год. Водночас за кількістю вантажного транспорту на цих же вулицях можна спостерігали дещо іншу картину. Найбільшу кількість підраховано у точці дослідження № 8 – 216 од./год; №11 – 193 од./год; № 15 – 423 од./год та № 21 – 285 од./год. Окрім легкових та вантажних автомобілів вулицями міста рухаються автобуси, максимальна їхня кількість відмічена 37 од./год.

Висока інтенсивність руху транспорту, його якісний склад на вулицях міста спричинюють забруднення повітря, саме тому подальші наші дослідження були спрямовані на аналіз вмісту оксиду карбону (II) у приземному шарі повітря. Вміст  $CO_2$  визначали розрахунковим способом і порівнювали з ГДК ( $5\text{ мг/м}^3$ ). Показано, що рівень забруднення приземного прошарку залишається досить високим. Максимальний вміст даної речовини –  $75,8\text{ мг/м}^3$ , що перевищує ГДК у 15,2 рази. Таку концентрацію оксиду карбону (II) можна пояснити як високою інтенсивністю руху транспорту (1640 од /год), так і особливістю даної вулиці – це одна із центральних вулиць, яка характеризується

двосторонньою багатоповерховою забудовою, що перешкоджає добрій аерації, крім того, тут наявне кільцеве перехрестя. Найменша виявлена концентрація чадного газу знаходилася в межах ГДК і складає  $4,2 \text{ мг/м}^3$ . Для візуалізації отриманих результатів нами побудовано геоінформаційну карту, яка дає можливість візуалізувати вміст оксиду карбону у приземному прошарку урбоєкосистеми (рис. 2). Найзабрудненішою є все ж таки центральна частина міста, хоча є підвищений рівень оксиду карбону по всій території міста. Отже, як показали наші дослідження, по вулицях міста рухається велика кількість транспорту, що спричиняє погіршення якості атмосферного повітря, зокрема підвищений рівень оксиду карбону.

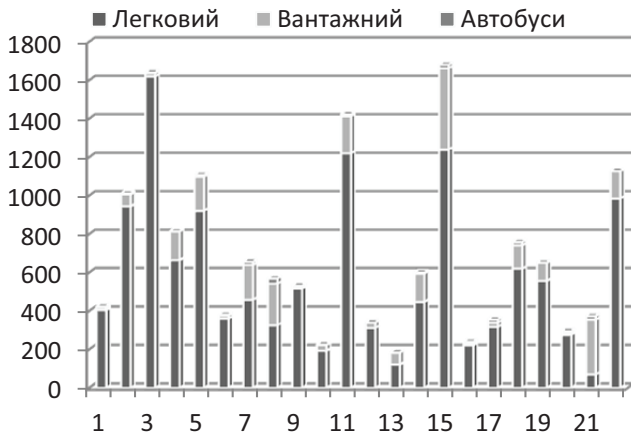


Рисунок 1 - Інтенсивність руху транспорту по вулицях міста за одну годину

Figure 1 - The intensity of traffic on city streets for an hour

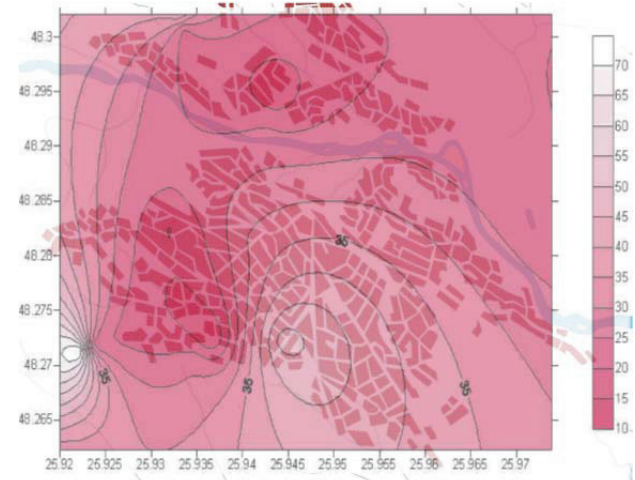


Рисунок 2 - Концентрація оксиду карбону (II) в повітрі урбоєкосистеми,  $\text{мг/м}^3$

Figure 2 - The concentration of carbon oxide (II) in the air urboecosystem  $\text{mg/m}^3$

Фітоіндикатори дають можливість оцінити мутагенну активність багатьох полютантів та спрогнозувати генетичні наслідки забруднення довкілля. Наразі доцільно використовувати опосередковані показники мутагенного впливу на тлі традиційних. До таких методів відноситься скринінг палінотоксичного ефекту шляхом визначення стерильності чоловічого гаметофіту [6]. Відомо, що чоловічий гаметофіт володіє підвищеною чутливістю до впливу позаоптимальних чинників довкілля. Порушення розвитку пилку можуть відбуватися як на ранніх етапах (мейоз), так і пізніше – при поділі генеративної клітини. Отже, саме тому стерильність пов'язана з порушенням в споро- і гаметогенезі може слугувати опосередкованим показником цих порушень. Метод визначення стерильності пилку є одним із ефективних методів оцінки екологічного стану територій. В умовах забруднення середовища кількість пилкових зерен, що містять крохмаль зменшується [2, 4, 8]. Стерильний пилкок виникає під впливом несприятливих умов, особливо холодної сирієї погоди, в період формування пилку в нормальних функціональних пиляках. На формування якості пилкового зерна впливає комплекс факторів екзо- і ендогенної природи, які формують фенотип, найадаптованіший до умов існування. Згідно з дослідженнями [5], внесок чинників у формування пилку без запасу поживних речовин або з малим його вмістом залежить від комплексу чинників: місце збору - 49,6 %; кліматичні умови – 14,2 %; взаємодія чинників – 18,8 %.

Водночас рослини, що не змінюють продукцію abortивного пилку на градієнті забруднення, є толерантними і можуть рекомендуватися для озеленення урбофітоценозів. Запропоновано [6] використовувати *Salix babylonica* L. у антропогенних фітоценозах як толерантну до техногенного стресу культуру.

В усіх без виключення точках дослідження виявлено певний відсоток безкрохмальних пилкових зерен (рис. 3). Найбільше стерильного пилку виявлено у *C. vulgaris* – 27-31 % при значенні показника 8,2 % у контролі (спонтанний рівень). Вище зазначено, що на цих вулицях міста відмічено інтенсивність руху автомобілів 355 - 1422 од./год, концентрація оксиду карбону у приземному прошарку повітря складала 18,8 - 37,7  $\text{мг/м}^3$ . Результати дослідження показали, що між популяціями біоіндикаторів, на градієнті аеротехногенного забруднення, встановлено достовірні відмінності в продукції стерильною пилку. Слід зазначити, що у рослин контрольної зони також виявлено досить високий показник стерильності чоловічого гаметофіту – 5,3 - 9,7 %, водночас продукція abortивного пилку збільшувалася у рослин уздовж вулиць з різною інтенсивністю руху автотранспорту. На більшості досліджених вулиць виявлено достовірне збільшення кількості безкрохмальних пилкових

зерен. Лише на деяких вулицях даний показник залишався на рівні спонтанно індукованих значень, хоча інтенсивність руху транспорту на них досить висока. Очевидно це можна пояснити вдалим інженерно-архітектурним плануванням, адже тут спостерігається хороша аерація, яка забезпечується одноповерховою забудовою, наявністю деревних насаджень, відсутністю перехресть.

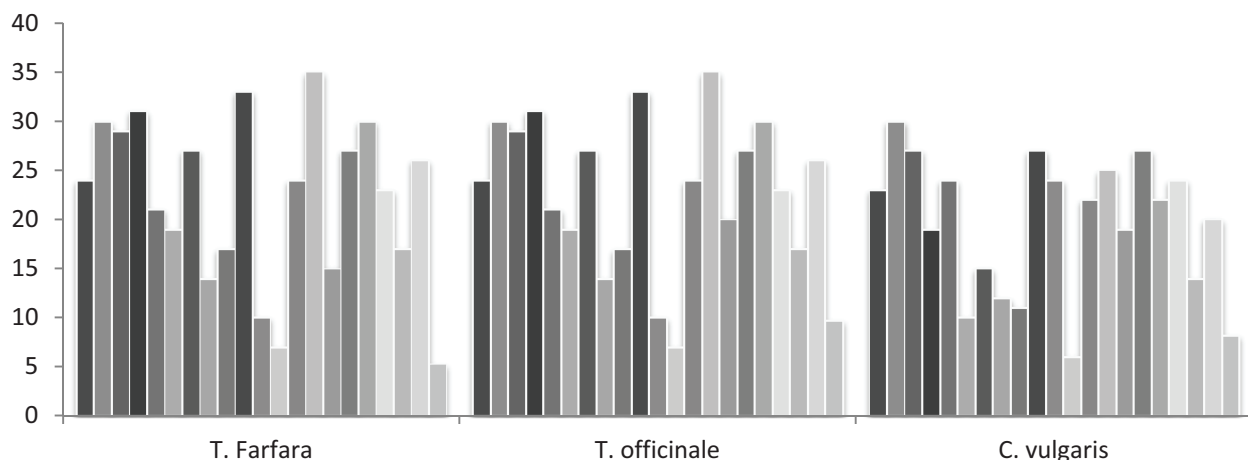


Рисунок 3 - Відсоток стерильних пилкових зерен біоіндикаторів на вулицях міста  
Figure 3 - The pollen sterility of bioindicators in the streets

В літературі наявні дані щодо впливу забруднення середовища на морфо-фізіологічні показники пилку [6]. Показано, що абортивний пилок характеризувався фенотипічними порушеннями, а саме: дрібний (дегенерований), великий (гіпертрофований) і вузький (паличкоподібний). Отже, чоловіча генеративна сфера продукує абортивний пилок, що свідчить про гаметоцидну дію.

На відміну від інших авторів, ми не можемо сказати, що стерильні пилові зерна деформовані, однак серед фертильних були такі, що розрізнялися за розмірами. Мінімальне значення довжини пилового зерна *C. vulgaris* складало 2,9 мкм при значенні показника 3,9 мкм у контролі. Для ширини пилових зерен біоіндикатора відмічена подібна тенденція – мінімальне значення 2,8 мкм при значенні у контролі – 3,8 мкм. В цілому спостерігалось достовірне зменшення пилових зерен даного біоіндикатора у рослин на більшості вулиць. В деяких точках дослідження виявлено достовірне зменшення як довжини, так і ширини пилових зерен біоіндикатора. Варто відмітити, що саме у цих моніторингових точках виявлено високу інтенсивність руху транспорту, що спричиняє значне збільшення концентрації оксиду карбону у приземному прошарку. Отже, проведені нами дослідження дозволяють зробити припущення про причетність оксиду карбону (II) до зміни морфометричних параметрів *C. vulgaris*.

У точках дослідження, де виявлені найвищі значення відсотку стерильності пилових зерен, встановлено достовірне зменшення розмірів фертильних пилових зерен *C. vulgaris*. Аналіз відсотку безкрохмальних пилових зерен *T. officinale* показав, що даний вид більш чутливий порівняно з *C. vulgaris*. Лише у трьох точках дослідження відсоток безкрохмальних пилових зерен залишався на рівні контрольних значень, у інших – достовірно збільшувався. Максимальна кількість стерильних пилових зерен у даного виду перевищувала контрольне значення у 3,6 рази.

Для цього біоіндикатора, як і для вище описаного, встановлено зменшення розмірів пилових зерен. Цікавим виявився факт, що розміри пилових зерен змінювалися не так значно як відсоток безкрохмальних пилових зерен. На відміну від *C. vulgaris* морфометричні параметри пилових зерен *T. officinale* змінювалися однаковою мірою. Співставлення результатів дослідження стерильних пилових зерен *C. vulgaris* та *T. officinale* засвідчило відсутність достовірної різниці між їх біометричними параметрами. Однак, встановлено достовірне зменшення пилових зерен *C. vulgaris*. Водночас для *T. officinale*, у цих же точках дослідження, на тлі практично незмінних морфометричних параметрів спостерігалось достовірне збільшення відсотку стерильних пилових зерен. В цілому довжина пилових зерен *T. officinale* коливалася від 3,5 мкм до 4,9 мкм при значенні 4,5 мкм у контролі. Натомість ширина пилових зерен даного виду змінювалася від 3,6 мкм до 4,8 мкм при значенні 4 мкм у контролі.

Подібна тенденція до збільшення стерильних пилових зерен у рослин на вулицях з інтенсивним рухом автотранспорту виявлена і для *T. farfara*. На відміну від вищеописаних видів для

цього біоіндикатору виявлено достовірне зменшення довжини пилкових зерен у моніторингових точках з інтенсивним автотранспортним навантаженням на тлі достовірного збільшення кількості безкрохмальних пилкових зерен. Цікавим виявився факт, що на деяких вулицях спостерігалось достовірне зменшення ширини пилкових зерен на тлі практично незмінного відсотка безкрохмальності. Мінімальне значення довжини пилкових зерен виявлено складало 2,9 мкм, що на 26 % менше контрольного значення, ширини – 2,8 мкм, при значенні 3,8 мкм у контролі.

Нами відмічено максимальну кількість безкрохмальних пилкових зерен у *T. officinale* та *C. vulgaris* в одних і тих же моніторингових точках, однак розміри пилкових зерен *C. vulgaris* достовірно зменшувалися, а у *T. officinale* – залишалися на рівні контрольних значень. Отже, ці біоіндикатори реагуючи на дію одних і тих же позаоптимальних чинників однаковим відсотком стерильних пилкових зерен, характеризуються різною реакцією на них морфометричних параметрів. Крім того, нами відмічено цікаву особливість пилку *T. farfara*, встановлено зменшення розмірів фертильних пилкових зерен на тлі практично незмінного відсотку їх стерильності. Вищезазначене свідчить про гетерогенність групової реакції рослин.

Біоіндикаційні дослідження окремих зон нооценозів, відмінних за функціональним призначенням і характером забудови, що значною мірою визначає міграцію та концентрування токсичних речовин, показали значні відмінності рівня екогенетичної напруженості. Аналізуючи отримані дані, можна констатувати, що утворення пилку з різноманітними пошкодженнями залежить від ступеню забруднення довкілля. Нами розраховано фітотоксичний ефект аеротехногенного автотранспортного забруднення за біометричними параметрами пилкових зерен біоіндикаторів. Отримані дані щодо кількості фертильних та стерильних пилкових зерен для порівняння приводили до інтенсивних показників, які розраховували за палінотоксичним ефектом (ПЕ, %). Фертильні і стерильні пилкові зерна різняться за вмістом крохмалю: фертильні повністю заповнені, а стерильні не містять його зовсім, або містять сліди. Відповідно, фертильні пилкові зерна забарвлюються у темний колір, а стерильні – не зафарбовуються або наявна слабка пігментація. Основними порушення при мікроспорогенезі є великі стерильні пилкові зерна без крохмалю або з його слідами.

Подалі провели ранжування за класифікацією ЕС<sub>10-90</sub>. Хоча в деяких моніторингових точках даний показник за зміною біометричних параметрів пилкових зерен набував досить високих значень, але в усіх без виключення випадках відмічали ініціальний слаботоксичний ефект. Відмічено інгібування розмірів пилкових зерен на 7,69 - 33,33 %. Натомість за величиною палінотоксичного ефекту згідно ранжування за коефіцієнтом стерильності пилкових зерен виявлено сублетальний вміст токсичних концентрацій поллютантів на дослідженій території. Спостерігалось інгібування продукування фертильного пилку більше 90 % порівняно з контролем. Нами встановлено, що у рослин, які зростають на вулицях з інтенсивним рухом автотранспорту, відмічено достовірне збільшення продукування абортивного (стерильного) пилку. Таким чином, в районах з інтенсивним рухом автотранспорту, забруднюючі речовини виявляють високотоксичну дію на гаметогенез, оскільки підвищується рівень продукування стерильного пилку генеративними органами біоіндикаторів. Якість і ступінь пошкодження сформованого рослинами техногенної зони пилку може служити біотестом мутагенного дії факторів довкілля, які виявляють модифікуючий вплив на гаметофіт. Показник підвищеного продукування абортивних пилкових зерен може бути використаний в системі екологічного моніторингу.

Для об'єктивної оцінки залежності зміни відсотку безкрохмальних пилкових зерен біоіндикаторів від концентрації оксиду карбону у атмосферному повітрі нами проведено парний кореляційний аналіз. Результати проведеного аналізу показали середнього рівня прямий кореляційний зв'язок між концентрацією оксиду карбону (II) та відсотком безкрохмальних пилкових зерен всіх досліджених видів ( $r = 0,52$  та  $0,63$ ). Проведені дослідження дозволяють зробити припущення про причетність оксиду карбону на ряду з іншими кліматичними факторами до збільшення кількості стерильних пилкових зерен у даних видів рослин.

Крім того нами проведено парний кореляційний аналіз між вмістом оксиду карбону (II) та морфометричними показниками пилку досліджених видів-біоіндикаторів. Наші дослідження показали середнього рівня зворотний кореляційний зв'язок між концентрацією оксиду карбону (II) та довжиною пилкових зерен всіх без виключення біоіндикаторів. Відносно ширини пилкових зерен була виявлена інша закономірність, зокрема встановлено слабкий кореляційний зв'язок між концентрацією оксиду карбону та зазначеним морфометричним показником. Отже проведені дослідження показали доцільність використання пилкового методу для діагностики забруднення атмосферного повітря викидами автотранспорту.

Нами проаналізовано парні та окремі кореляційні залежності (табл.1). Прийнято таке позначення показників: 1 – концентрація CO у повітрі; *T. farfara*: 2 – стерильність пилку, 3 – довжина пилкових зерен, 4 – ширина, пилкових зерен, 5 – палінотоксичний ефект; *T. officinale*: 6 – стерильність пилку, 7 – довжина пилкових зерен, 8 – ширина, пилкових зерен, 9 – палінотоксичний ефект; *C. vulgaris*: 10 – стерильність пилку, 11 – довжина пилкових зерен, 12 – ширина, пилкових зерен, 13 – палінотоксичний ефект.

Таблиця 1 - Кореляційна матриця чутливості чоловічого гаметофіту до концентрації CO  
Table 1 - Correlation matrix is sensitivity of gametophyte to CO concentration

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1		0,6	0,30	0,25	-0,6	0,6	-0,14	-0,19	-0,6	0,5	0,30	0,25	-0,5
2	0,63		0,52	0,14	-1,0	1,0	-0,07	-0,17	-1,0	0,6	0,52	0,14	-0,6
3	0,30	0,5		0,47	-0,5	0,5	-0,26	-0,39	-0,5	0,3	1,00	0,47	-0,3
4	0,25	0,1	0,47		-0,1	0,1	-0,42	-0,46	-0,1	0,2	0,47	1,00	-0,2
5	-0,63	-1,0	-0,52	-0,14		-1,0	0,07	0,17	1,0	-0,6	-0,52	-0,14	0,6
6	0,63	1,0	0,48	0,07	-1,0		-0,05	-0,15	-1,0	0,7	0,48	0,07	-0,7
7	-0,14	-0,1	-0,26	-0,42	0,1	-0,0		0,95	0,0	0,2	-0,26	-0,42	-0,2
8	-0,19	-0,2	-0,39	-0,46	0,2	-0,1	0,95		0,1	0,0	-0,39	-0,46	-0,0
9	-0,63	-1,0	-0,48	-0,07	1,0	-1,0	0,05	0,15		-0,7	-0,48	-0,07	0,7
10	0,51	0,6	0,32	0,16	-0,6	0,7	0,15	0,01	-0,7		0,32	0,16	-1,0
11	0,30	0,5	1,00	0,47	-0,5	0,5	-0,26	-0,39	-0,5	0,3		0,47	-0,3
12	0,25	0,1	0,47	1,00	-0,1	0,1	-0,42	-0,46	-0,1	0,2	0,47		-0,2
13	-0,51	-0,6	-0,32	-0,16	0,6	-0,7	-0,15	-0,01	0,7	-1,0	-0,32	-0,16	

Досліджені види мають різну чутливість до комплексу урботехногенних чинників із вираженим гаметоцидним впливом, що діють на аналізованій території та виявляють значну специфічність реакції. Про це свідчить характер зміни тест-ознак різних видів на аналогічних дослідних ділянках. Групування досліджених видів методом повного зв'язку за допомогою метрики Евкліда (рис. 4) свідчить про чутливість чоловічого гаметофіту до автотранспортного забруднення. Найчутливішою тест-ознакою виявилася абортівність пилку, про що свідчить утворений ними вузловий кластер першого порядку на відстані 5 евклідових одиниць, а також біометричні параметри пилкових зерен *T. officinale*, найвіддаленішою тест ознакою виявився палінотоксичний ефект.

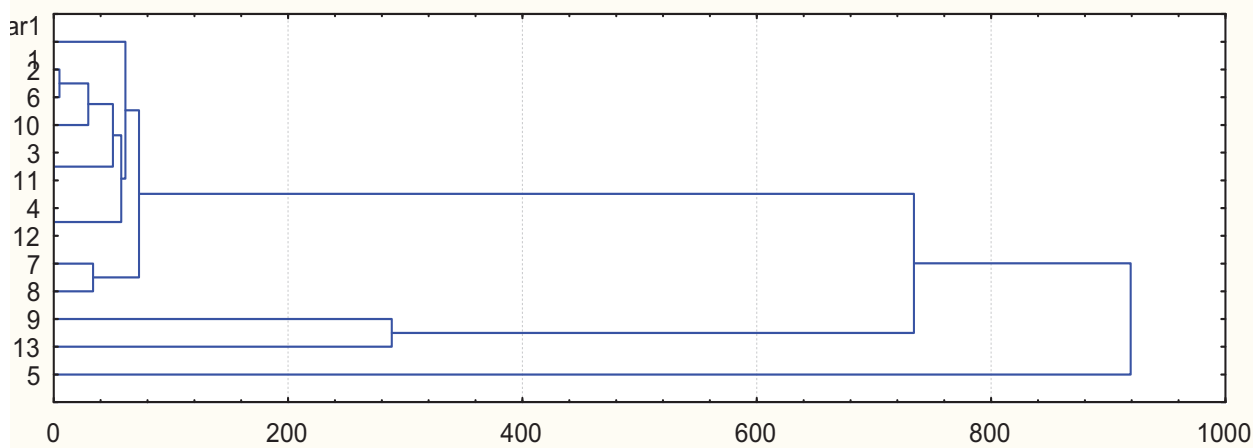


Рисунок 4 - Групування досліджених тест-ознак за чутливістю чоловічого гаметофіту до концентрації CO у повітрі урбоєкосистеми

Figure. 4 - Grouping of the test characteristics in sensitivity of gametophytes to the concentration of CO in the air of the urboecosystem

Паліноморфологічна оцінка абортівного пилку свідчить, що основними зрушеннями при гаметогенезі є формування дрібного, дегенерованого і великого пилку. Формування гіпертрофованих пилкових зерен є наслідком нерозходження тетрад мікроспор при мікроспорогенезі. У свою чергу, утворення дрібного пилку відбувається на ранніх стадіях мікроспорогенезу, коли формуються мікроспори і гамети, що несуть різні пошкодження, елімінуються на ранніх стадіях свого розвитку.

Порушення форми пилку також може свідчити про генетичні зміни, що мають місце при мікроспорогенезі. Зміни в генах, що відповідають за форму пилку, призводять до появи різних аномалій, зокрема, вузьких, або паличковидних, пилкових зерен. Дане явище, мабуть, пов'язано з генотоксичною дією аерополітантів на процеси мікроспорогенезу [6]. Всі фізіологічні процеси в організмі пов'язані і генетично детерміновані. Наслідком порушення генотипу є фенотипічні прояви у вигляді недорозвиненого пилку з різними відхиленнями від норми. Отже, за ступенем пошкодженості пилкових зерен в умовах техногенного стресу, можна діагностувати мутагенну дію чинників довкілля. На градієнті автотранспортного навантаження збільшувалася продукція пилку з різними порушеннями, що може бути наслідком модифікуючого впливу політантів на чоловічий гаметофіт досліджених культур.

#### Висновки.

Пилок рослин в умовах аеротехногенного забруднення урбоєкосистеми відрізняється рівнем дефектності, меншими розмірами, хоча очевидна залежність останнього показника від рівня забруднення не прослідковується. Найчутливішими тест-об'єктами для визначення рівня мутагенності довкілля за опосередкованим показником (стерильність пилку) виявилися *T. officinale* та *T. farfara*. Встановлена чутливість генеративної частини цих рослин до комплексу чинників середовища, їх зростання та перспективність використання в фітоіндикації стану міських екосистем. Виявлена мінливість біометричних та життєвих показників пилку біоіндикаторів в урбоєкосистемах на градієнті антропогенного навантаження, про що свідчить кореляційний аналіз.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бессонова В.П. Оцінка стану пилку деревних рослин в урбатехногенній екосистемі / В.П. Бессонова, Е.П. Бессонов, В.М. Зверковський // Питання біоіндикації та екології. – Запоріжжя: ЗНУ, 2013. – Вип. 18, № 1. – С. 70- 83.
2. Бессонова В.П. Влияние загрязнения окружающей среды на мужскую фертильность декоративных цветочных растений // В.П. Бессонова, Л.М. Фендюк // Ботаничний журнал – 1997. – Т.82, № 5. – С. 38–44.
3. Бессонова В.П. Состояние пыльцы как показатель загрязнения среды тяжелыми металлами / В.П. Бессонова // Экология. – 1992. – В. 5, №1. – С. 13–25.
4. Гороя А.И. Цитогенетическое тестирование качества среды / А.И. Гороя, Т.В. Скворцова, И.И. Климкина, А.В. Павлюченко // Антропогенно-змінене середовище України: ризики для здоров'я населення та екологічних систем. – К.: Чорнобиль інтерінформ, 2003. – С. 502–517.
5. Ерещенко О.В. Влияние экологических факторов на процесс формирования пыльцы березы повислой в условиях городской экосистемы [Электронный ресурс] / О. В. Ерещенко – Режим доступу до ресурсу: <http://izvestia.asu.ru/media/files/issue/7/articles/ru/25-28.pdf>.
6. Ибрагимова Э.Э. Палиноморфологическая и палинотоксическая оценка аэротехногенного загрязнения в урбоэко системах // Самарский научный вестник. – 2015. – № 2(11). – С. 83-86.
7. Кужель В.П. Наслідки шкідливого впливу автомобільного транспорту на навколишнє середовище / В.П. Кужель, О.Ф. Ковальов // Матеріали VIII міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 19–21 жовтня, 2015 р.: Збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – С. 130 -132. - Режим доступу <http://atm.vntu.edu.ua/konf/materialy.pdf>
8. Мельник Н.М. Біоіндикаційна оцінка аеротехногенного забруднення урбоєкосистеми / Н.М Мельник, Т.В. Морозова // Збірка матеріалів Міжнародної конференції "Сучасні проблеми біології, екології та хімії", присвяченої 20-річчю біологічного факультету ЗНУ 29 березня – 1 квітня 2007 р. – Запоріжжя, 2007. – Частина 2. – С. 407-410.
9. Морозова Т. В. Комплексна біоіндикаційна оцінка екологічного стану слабоурбанізованих селитебних територій Чернівецької області: Автореф. дис. ... канд. біол. наук. – Чернівці : ЧНУ, 2005. – 25 с.
10. Пат. 32513 України на корисну модель, МПК (2006) G01N 33/00 G01N 1/00 Спосіб визначення палинотоксичності техногенних хімічних забруднювачів навколишнього середовища. Балічієва Д.В., Ібрагімова Е.Е., Емірова Д.В. Заявка № u200711625; заявл. 22.10.2007; опубл. 26.05.2008, бюл. № 10.
11. Руденко С.С. Загальна екологія: практичний курс. Навчальний посібник У 2 ч. Частина 1. Урбоєкосистеми. / С.С. Руденко, С.С. Костишин, Т.В. Морозова – Чернівці: Книги - XXI, 2008.-342 с.



12. Степанчук О. В. Негативний вплив викидів автомобільного транспорту на вулиці та дороги населених пунктів [Електронний ресурс] / О. В. Степанчук, А. О. Белятинський // Проблеми розвитку міського середовища. – 2011. – Режим доступу до ресурсу: <http://20224-229..pdf>.

#### REFERENCES

1. Bessonova V.P., Bessonov E.P., Zverkovsky V.M. (2013). Assessment of the condition of pollen of woody plants in the urban ecosystem [Assessment of trees in pollen urbatehnogennoy ekosistemme]. Bioindication and ecology questions. Zaporozhye: ZNU – Problems of bioindications and ecology, 18 (1), 70-83. [in Ukrainian].

2. Bessonova V.P., Fendur L.M. (1997). Influence of environmental pollution on male fertility of ornamental flower plants [Are influence environmental pollution on the pollen of ornamental flower plants]. Botanical Magazine – Ukrainian Botanical Journal, 82 (5), 38-44. [in Russian].

3. Bessonova V.P. (1992). Pollen state as an indicator of pollution of the medium by heavy metals [The state of pollen as an indicator of the environmental pollution with heavy metals]. Ecology – Ecology, 5 (1), 13-25. [in Russian].

4. Gorova A.I., Skvortsova T.V. (2003), Cytogenetic Environmental Quality Testing [Cytogenetic testing environmental quality]. Anthropogenic-Changed Environment of Ukraine: Risks to the Health of the Population and Ecological Systems, 502-517. [in Russian].

5. Ereschenko O.V. Influence of ecological factors on the process of formation of birch pollen in the conditions of the urban ecosystem [The Influence of Environmental Factors on the Formation of Birch (*Betula pendula* Roth.) Pollen in Urban Ecosystems].

6. Ibragimova E. E. (2015) Palinomorphological and palynotoxic evaluation of aerotechnogenic contamination in urboecosystems [Palinomorphological and palynotoxic assessment of aerotechnogenic pollution in urboecosystems]. Samara Scientific News – Samara journal of science, 2 (11), 83-86. [in Russian].

7. Kuzhel V.P. (2015) Consequences of the harmful impact of road transport on the environment. Materials of the VIII international scientific-practical conference "Modern technologies and prospects of motor transport development", October 19-21, 2015: Collection of scientific works – Materials VI international scientific practical conference "Modern technologies and prospects of development of motor transport", 130-132. [in Ukrainian].

8. Melnyk N.M., Morozova T.V. (2007) Bioindicative assessment of aerotechnogenic contamination of urboecosystems [The state of trees pollen in industrial zones of Chernivtsy]. Compilation of materials of the International conference "Modern problems of biology, ecology and chemistry" devoted to the 20th anniversary of the biological faculty of ZNU March 29 - April 1, 2007, 2, 407-410. [in Ukrainian].

9. Morozova T. V. (2005) Comprehensive bioindication evaluation of the ecological state of weakly urbanized residential areas of the Chernivtsi region [The different levels bioindication estimation of an ecological condition delicate urbanized ivhabited territories of Chernivtsy area], 25. [in Ukrainian].

10. Pat. 32513 Ukraine on the utility model, IPC (2006) G01N 33/00 G01N 1/00 Method of determining the burnt path of technogenic chemical pollutants of the environment. Balicheyeva D.V., Ibragimova E.E., Yemirova D.V. Application No. u200711625; stated. 22.10.2007; has published 05/26/2008, bul., 10. [in Ukrainian].

11. Rudenko S.S. (2008) General ecology: a practical course. Tutorial Part 2 Part 1. Urboecosystem. [Generic ecology: a practical course Part 1. Urboecosystem], 342. [in Ukrainian].

12. Stepanchuk O.V. (2011) Negative influence of road transport emissions on the streets and roads of settlements [Problems of urban environment development, 5-6, 224-229. [in Ukrainian].

#### РЕФЕРАТ

Морозова Т.В. Скринінг паліноморфологічного та палінотоксичного ефекту автотранспортних емісій / Т.В. Морозова, В.О. Хрутьба, О.П. Кобзиста // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2019. – Вип. 1 (43).

У статті здійснено вивчення гонадотоксичного ефекту автомобілізації урбоекосистеми за показниками стерильності пилкових зерен.

Мета роботи – провести палінологічну індикацію та оцінити можливість використання пилкового методу для діагностики вмісту оксиду карбону (II) в атмосферному повітрі

Оцінка наслідків аеротехногенного забруднення урбоекосистем викидами автомобільного транспорту може здійснюватися за їхнім палінотоксичним і паліноморфологічним впливом на чоловічу генеративну систему рослин. Стаття присвячена вивченню можливості використання

пилкового методу для біоіндикації аеротехногенного забруднення, спричиненого підвищеним вмістом оксиду карбону. Показано негативний вплив підвищеної концентрації оксиду карбону у атмосферному повітрі на тлі кліматичних факторів на морфометричні параметри пилкових зерен, а також на кількість безкрохмальних пилкових зерен. Відмічено, що пилки в умовах аеротехногенного забруднення урбоєкосистеми відрізняються рівнем дефектності та розмірами, хоча очевидна залежність останнього від рівня забруднення не прослідковується. Серед досліджених біоіндикаторів, *T. officinale* та *T. farfara* – найчутливіші тест-об'єкти для визначення рівня мутагенності довкілля за опосередкованим показником (стерильність пилку). Відмічено доцільність використання пилкового методу для діагностики забруднення повітря викидами автотранспорту. Виявлена мінливість біометричних та життєвих показників пилку біоіндикаторів в урбоєкосистемах на градієнті антропогенного навантаження, про що свідчить кореляційний аналіз.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** СТЕРИЛЬНІСТЬ ПИЛКУ, ФЕРТИЛЬНІСТЬ ПИЛКУ, ПАЛІНОТОКСИЧНІСТЬ, АЕРОТЕХНОГЕННЕ ЗАБРУДНЕННЯ, ТЕСТ-ОБ'ЄКТИ, БЕЗКРОХМАЛЬНІ ПИЛКОВІ ЗЕРНА.

#### ABSTRACT

Morozova T.V., Khrutyba V.A., Kobzyska O.P. Diagnostic of palinomorphological and palinotoxic effect of avtotransport pollution. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv. National Transport University, 2019. – Issue 1 (43).

The article carried out a study of the gonadotoxic effect pollution of the avtotransport of the urban ecosystem in terms of the sterility of pollen grains.

The purpose of this work is to carry out a palynological indication and evaluate the possibility of using pollen method for diagnosing content of carbon monoxide (II) in atmospheric air.

Effects assessment of the aerotechnogenic pollution of urban ecosystems by emissions from road transport can be carried out by their palinotoxic and palynomorphological effects on the male generative system of plants. The article is devoted to study the possibility of using the pollen method for bioindication of aerotechnogenic pollution caused by the increased content of carbon monoxide. Shown the negative effect of increased concentration of carbon monoxide in the atmospheric air together with climatic factors on the morphometric parameters of pollen grains, as well as on the amount of starchless pollen grains is shown. Was noted that pollen in the conditions of aerotechnogenic pollution of the urban ecosystem differs in the level of defectiveness and size, although the obvious dependence of the latter on the level of pollution is not traced. Among the studied bioindicators, *T. officinale* and *T. farfara* - most sensitive test objects for determining the level of environmental mutagenicity by an indirect indicator (pollen sterility). The expediency of using the pilzovy method for the diagnosis of air pollution by motor vehicle emissions was noted. Variability of biometric and vital indicators of the bioindicators pollen in the urban ecosystem on the anthropogenic load gradient was found, as evidenced by the correlation analysis.

**KEY WORDS:** STERILITY OF POLLEN, FERTILITY OF POLEN, PALINOTOXICITY, AEROTECHNOGENOUS CONTAMINATION, TEST-OBJECTS, UNSTAINED POLLEN.

#### РЕФЕРАТ

Морозова Т.В. Скрининг палиноморфологического и палинотоксического эффекта автотранспортных эмиссий / Т.В. Морозова, В.А. Хрутьба, О.П. Кобзистая // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К.: НТУ, 2019. – Вып. 1 (43).

В статье осуществлено изучение гонадотоксического эффекта автомобилизации урбоэкосистемы по показателям стерильности пыльцевых зерен.

Цель работы – провести палинологическую индикацию и оценить возможность использования пыльцевого метода для диагностики содержания оксида углерода (II) в атмосферном воздухе.

Оценка последствий аэротехногенного загрязнения урбоэкосистем выбросами автомобильного транспорта может осуществляться по их палинотоксическому и палиноморфологическому влиянию на мужскую генеративную систему растений. Статья посвящена изучению возможности использования пыльцевого метода для биоиндикации аэротехногенного загрязнения, вызванного повышенным содержанием оксида углерода. Показано негативное влияние повышенной концентрации оксида углерода в атмосферном воздухе совместно с климатическими факторами на морфометрические параметры пыльцевых зерен, а также на количество безкрахмальных пыльцевых зерен. Отмечено, что пыльца в условиях аэротехногенного загрязнения урбоэкосистемы отличается уровнем дефектности и размерам, хотя очевидная зависимость последнего от уровня загрязнения не прослеживается. Среди

исследованных биоиндикаторов, *T. officinale* и *T. farfara* – чувствительные тест-объекты для определения уровня мутагенности окружающей среды по косвенному показателю (стерильность пыльцы). Отмечено целесообразность использования пыльцевого метода для диагностики загрязнения воздуха выбросами автотранспорта. Обнаружена изменчивость биометрических и жизненных показателей пыльцы биоиндикаторов в урбоекосистеме на градиенте антропогенной нагрузки, о чем свидетельствует корреляционный анализ.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** СТЕРИЛЬНОСТЬ ПЫЛЬЦЫ, ФЕРТИЛЬНОСТЬ ПЫЛЬЦЫ, ПАЛИНОТОКСИЧНОСТЬ, АЭРОТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ, ТЕСТ-ОБЪЕКТЫ БЕЗКРАХМАЛЬНЫЕ ПЫЛЬЦЕВЫЕ ЗЕРНА.

**АВТОРИ:**

Морозова Тетяна Василівна, кандидат біологічних наук, доцент, Інститут біології, хімії та біоресурсів Чернівецький національний університет ім. Ю.Федьковича, доцент кафедри «Екологія та біомоніторинг», e-mail: t.morozova@chnu.edu.ua, тел. +38 (0372) 584831, Україна, 58012, м. Чернівці, вул. Л.Українки, 25, к. 82.

Хрутьба Вікторія Олександрівна, доктор технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, завідувач кафедри «Екологія та безпека життєдіяльності», e-mail: viktoriia.khrutba@gmail.com, тел. (044) 2885100, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 312.

Кобзиста Оксана Петрівна, кандидат біологічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри «Екологія та безпека життєдіяльності», e-mail: kobzysta@ukr.net, тел. +380963330744, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка 1, кім. 312.

**AUTHOR:**

Morozova Tetyana V., Ph.D (Candidate of Biological Science), Associate Professor, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Institute of Biology, Chemistry and Natural Resources. Associate Professor of the Department of Ecology and Biomonitoring, e-mail: t.morozova@chnu.edu.ua, tel. +38 (0372) 584831, Ukraine, 58012, Chernivtsi, L.Ukrainka Str. 25, k. 82.

Khrutba Viktoria A., Doctor of Technical Science, National Transport University, professor, head of chair the Ecology and life safety, e-mail: viktoriia.khrutba@gmail.com, tel. (044) 2885100, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelianovycha-Pavlenka Str., 1, of. 312.

Kobzysta Oksana P., Ph.D. (Candidate of Biological Science), Associate Professor, National Transport University, Associat of chair the Ecology and life safety, e-mail: kobzysta@ukr.net, tel. (044) 2885100, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelianovycha-Pavlenka Str., 1, of. 312.

**АВТОРЫ:**

Морозова Татьяна Васильевна, кандидат биологических наук, доцент, Институт биологии, химии и биоресурсов Черновицкий национальный университет им. Ю. Федьковича, доцент кафедры «Экологии и биомониторинга», e-mail: t.morozova@chnu.edu.ua, тел. +38 (0372) 584831, Украина, 58012, г. Черновцы, ул. Л.Украинки, 25, к. 82.

Хрутьба Виктория Александровна, доктор технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, заведующая кафедры «Экология и безопасности жизнедеятельности», email: viktoriia.khrutba@gmail.com, тел. (044) 2885100, Украина, 01010, г. Киев, ул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 312.

Кобзистая Оксана Петровна, кандидат биологических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры «Экология и безопасности жизнедеятельности», e-mail: kobzysta@ukr.net, тел. (044) 2885100, Украина, 01010, г. Киев, ул. М. Омеляновича-Павленка 1, ком. 312.

**РЕЦЕНЗЕНТИ:**

Сахно В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідуючий кафедрою автомобілів, Київ, Україна.

Клочко В.В., кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАНУ, Київ, Україна.

**REVIEWER:**

Sakhno V.P., Doctor of Technical Sciences, professor, National Transport University, Head of the automobiles department, Kyiv, Ukraine.

Klochko V.V., Ph.D. (Candidate of Biological Science), senior researcher, Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the NASU, Kyiv, Ukraine.