

Дослідження розподілу забруднюючих речовин показало зниження середньорічних значень NO<sub>2</sub>, CO, і SO<sub>2</sub> у 2022 році порівняно з 2021 роком загалом над територією України, а також перерозподіл обсягів забруднення атмосферного повітря по адміністративних регіонах – зростання рівня забруднення у західних областях і зниження у центральних і східних областях. Подібні тенденції обумовлені впливом російської воєнної агресії, спадом виробництва та вимушеним переселенням жителів регіонів, де ведуться активні бойові дії.

#### Література:

1. Trends and applications of Google Earth Engine in remote sensing and Earth science research: a bibliometric analysis using Scopus database. / [B. Pham-Duc, H. Nguyen, H. Phan et al.]. Earth Sci Inform. 2023. Vol. 16. P. 2355-2371. <https://doi.org/10.1007/s12145-023-01035-2>
2. Давибіда Л. І. Аналіз можливостей і досвіду використання платформи Google Earth Engine для вирішення задач моніторингу довкілля. Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. 2022. №2. С. 75–86. [https://doi.org/10.31471/2415-3184-2021-2\(24\)-75-86](https://doi.org/10.31471/2415-3184-2021-2(24)-75-86)
3. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. [N. Gorelick, M. Hancher, M. Dixon, S. et al.]. Remote Sensing of Environment. 2017. Vol. 202. P. 18-27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
4. Virghileanu M, Săvulescu I, Mihai B-A, Nistor C, Dobre R. Nitrogen Dioxide (NO<sub>2</sub>) Pollution Monitoring with Sentinel-5P Satellite Imagery over Europe during the Coronavirus Pandemic Outbreak. Remote Sensing. 2020; 12(21): 3575. <https://doi.org/10.3390/rs12213575>
5. Cersosimo, A., Serio, C., Masiello, G. TROPOMI NO<sub>2</sub> Tropospheric Column Data: Regridding to 1 km Grid-Resolution and Assessment of their Consistency with in Situ Surface Observations. Remote Sens. 2020, 12, 2212.

### ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЯЛИНИ ЗВИЧАЙНОЇ В УМОВАХ ПРОМИСЛОВИХ ТЕРИТОРІЙ СМТ. МИРОПІЛЬ

**Федорчук І.В., Козак М.І.**

[fedorchuk.ivan@kpmu.edu.ua](mailto:fedorchuk.ivan@kpmu.edu.ua) [maximkozak1980@gmail.com](mailto:maximkozak1980@gmail.com)

*Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка*

*The study examines the prospects of ecotoxicological research based on morphological indicators of common spruce in the conditions of the urban ecosystem of Myropil. It has been established that changes in the color and size of vegetative organs can serve as indicators of soil pollution by heavy metals (Mn) and air (SO<sub>2</sub>).*

**Key words:** *ecotoxicology, phytomonitoring, urban ecology, biomonitoring, morphometric methods, phytoremediation functions.*

Історичний процес підвищення ролі міст у розвитку цивілізації з одночасною трансформацією природного довкілля розглядає урбоекологія. Саме вона сьогодні володіє інструментальними й біологічними методами індикації середовища, які дають можливість виявити дію урбогенних пошкоджуючих факторів і встановити рівень життєвості популяції людей. Тому актуальним питанням є пошук шляхів оптимізації оточуючого природного середовища, вдосконалення системи біомоніторингу урбоєкосистем через пошук та впровадження в практику досліджень інформативних високочутливих біомаркерів забруднення.

У зв'язку з загальною екологізацією різних наукових напрямів, людського мислення загалом, методи біоіндикації усе частіше використовують сучасні науковці, зокрема і в моніторингу навколишнього природного середовища. Під впливом забруднення довкілля змінюються еколого-фізіологічні ознаки: пігментація, забарвлення рослин, фізіологічні процеси. Біоіндикація має певні переваги як метод отримання безпосередньої інформації про зміни стану біоти в конкретних умовах забруднення, але він повинен поєднуватись з хімічними і геофізичними дослідженнями для отримання не лише якісних, а й кількісних відомостей.

Дослідження проводились на території Мирополя Романівського району Житомирської області у різних частинах селища – поблизу автодороги, паперової фабрики, силікатного заводу, гранітного кар'єру на території старого Мирополя (далеко від підприємств) Досліджувані об'єкти: Миропільська паперова фабрика — підприємство целюлозно-паперової промисловості. Виробляє папір, картон та гофрокартон. Знаходиться на лівому березі річки Случ у центрі селища. На підприємстві працюють очисні споруди, але викиди часто перевищують допустимі.

Силікатний завод – підприємство знаходиться на півночі селища на лівому березі річки Случ. Виробляє ажурну огорожу, бетонні блоки, плитку для бруківки. Забруднення відбувається за рахунок викидів важких металів

ТОВ «Граніт» - ведеться добування граніту, щебеневий завод постачає щебенем будівельні фірми області. Знаходиться кар'єр на північному сході селища. Забруднення – радіоактивними елементами, важкими металами.

Миропільська гімназія знаходиться в центрі селища біля автомобільної дороги по якій рухається легковий і вантажний транспорт, через центр селища провозять щебінь і інші матеріали до залізничної станції, рухаються вантажні автомобілі й до інших підприємств.

Миропільська школа I–II ступенів знаходиться в умовно чистій території, далеко від промислових об'єктів та центральної автодороги. Для дослідження реакцій рослин на стресові фактори урбанізованого середовища та наступної оцінки на їх основі стану довкілля було використано комплекс морфометричних методів. Визначення лінійних розмірів хвої та пагонів, а також кількості хвоїнок на 10 см пагона, вага 1000 шт., здійснювали за загальноприйнятими методиками, способом випробування ялинкових хвоїнок [6]. Некротичні та депігментаційні ушкодження хвої діагностували за допомогою лупи. Рівень некротичного ураження визначали у відсотковому еквіваленті. У всіх досліджуваних зонах аналізували не менше 100 хвоїнок із трьох-п'яти дерев, однакових за віком.

Для проведення морфометричної індикації якості довкілля селища Мирополя за допомогою *Picea abies* визначили тривалість життя хвої шляхом огляду пагонів із хвоєю по мутовках, вимірювали її довжину, а також ширину хвоїнки за допомогою міліметрової лінійки, обчислювали масу 1000 штук абсолютно сухих хвоїнок, для цього відраховували 2 рази по 500 штук хвоїнок, висушувала їх у термостаті до абсолютно-сухого стану і зважували. Розглядали за допомогою лупи хвою і замальовувала виявлені некрози кінчиків хвоїнок і всієї поверхні, їх відсоток і характер (точки, крапчастість, плямистість, мозаїчність). Колір пошкодження може бути дуже різним: червонувато-бурим, жовто-коричневим, бурувато-сірим. Ці відтінки є інформативними якісними ознаками.

Хронічний вплив урботехногенних факторів будь-якої інтенсивності має у рослин виражений морфологічний ефект. Це дозволяє проводити доволі точну неспецифічну біоіндикацію якості довкілля урбопромислових комплексів із використанням дендрометричних показників. Найбільш інформативними серед них можна вважати ті, що тісно корелюють із величиною первинної продукції та характеризують газообмін у системі «рослина – середовище». До таких, зокрема, належать морфометричні показники деревних рослин. За розглянутими параметрами в усіх досліджених видів збільшується гетерогенність групової реакції. Найвищі значення показника відмічені для рослин в

районі силікатного заводу та паперової фабрики. Це може бути зумовлено генетичною стійкістю окремих особин до полутантів певного класу або з механізмами адаптації до антропогенних стресорів.

Таблиця 1

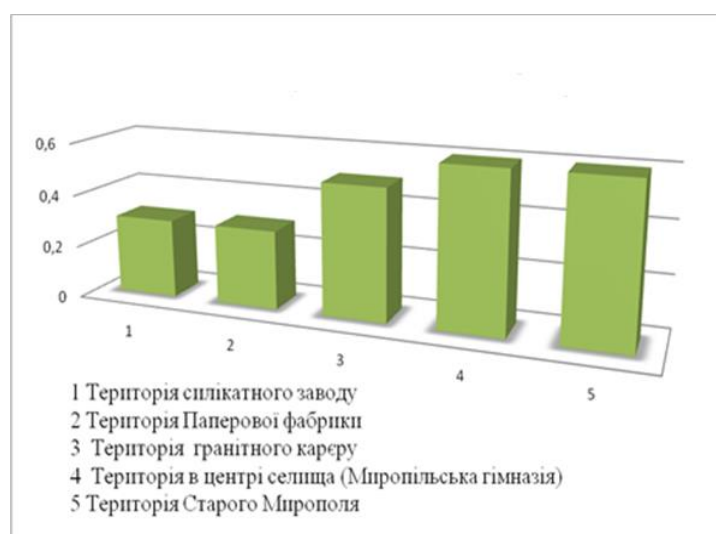
**Залежність дендрологічних вимірів від рівня забрудненості**

Місце відбору зразка	Довжина, мм	Ширина, мм	Площа, мм <sup>2</sup>	Кількість хвоїнок на 10 см пагона, шт.	Вага 1000 шт., г	Mn, мг/кг	Сульфур т/рік
Силікатний завод	12	0,3	3,6	213	3,696	0,36	0,44
Паперова фабрика	14	0,3	4,2	157	4,241	0,345	0,241
Кар'єр	15	0,5	7,5	149	4,896	0,3	0,102
Центр Мирополя	19	0,6	11,4	142	4,332	0,283	0,038
Старий Мирополь	21	0,6	12,6	71	6,554	0,182	0,028

Характерними особливостями дерев, що зростали в умовах інтенсивного транспортно-промислового навантаження (паперова фабрика, силікатний завод) є спотворення крони за рахунок опадання хвої у її нижній та серединній частинах. Рослинам інших районів селища більше притаманне опадання хвої із верхівки крони. Це узгоджується із літературними даними щодо поетапного процесу всихання хвої в міру інтенсифікації урботехногенного впливу [3].

За даними дослідженнями встановлено, що в більш забруднених зонах смт Мирополя, пучки хвоїнок більш зближені і на 10 см пагона їх більше, ніж в чистій зоні. Поряд із зниженням дендрометричних показників *Picea abies* у досліджених районах урбоекосистеми Мирополя відбувається зростання дехромаційних і некротичних ушкоджень хвої

Морфометричні показники *Picea abies* у межах урбоекосистеми Мирополя варіюють у широкому діапазоні числових значень. При цьому, рівень некротичного ураження хвої є найбільш інформативною біоіндикаційною ознакою в умовах урбоекосистеми Мирополя.



**Рис. 1. Варіації довжини хвоїнок (мм) територіях з різним антропогенним навантаженням**

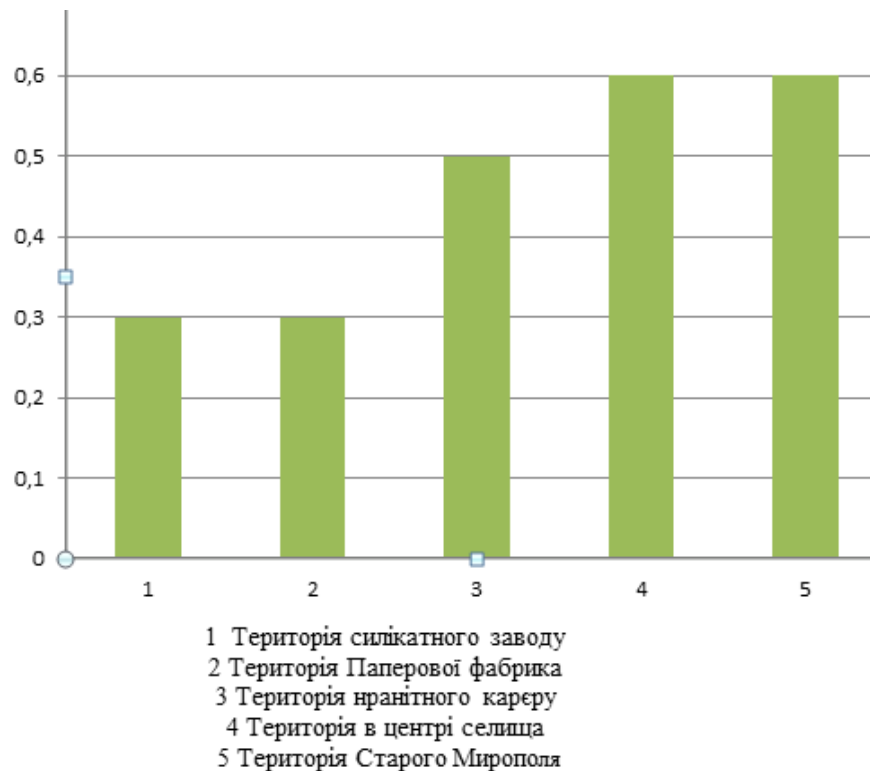


Рис. 2. Варіації ширини хвоїнок(мм) в залежності від території відбору з різним антропогеним навантаженням

За даними лабораторних досліджень викидів, які надали нам підприємства ми взяли для оцінки забруднення декілька показників: повітря – оксиди сульфуру, ґрунт – марганець і його сполуки.

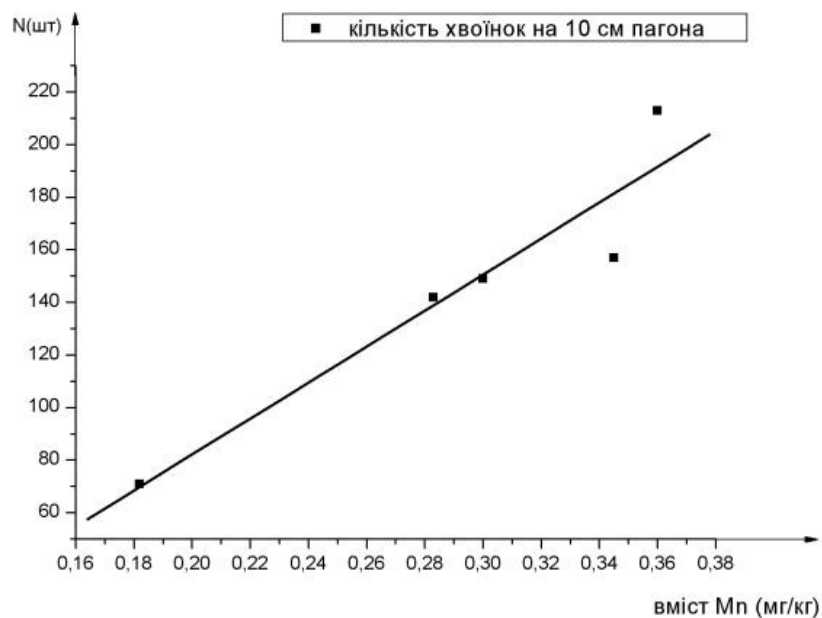


Рис. 3. Залежність кількості хвоїнок від вмісту в ґрунті Mn і його сполук

З графіка ми бачимо, що із зростанням вмісту в ґрунті марганцю і його сполук кількість хвоїнок на 10 см збільшується.

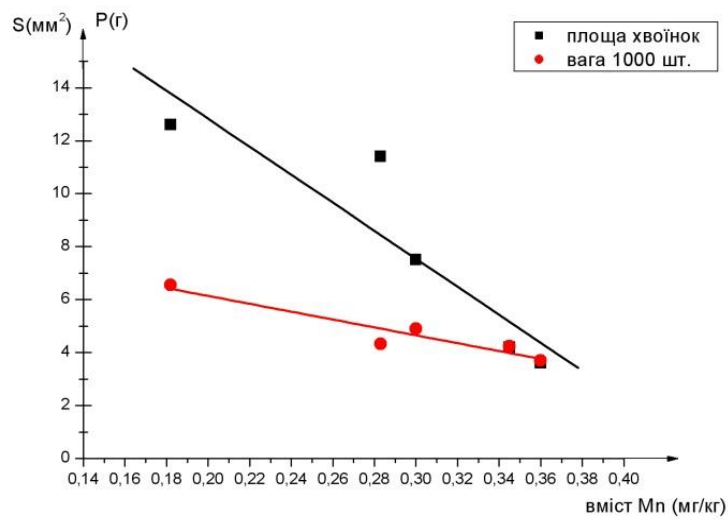


Рис. 4. Залежність довжини і ширини хвоїнок від вмісту в ґрунті Mn і його сполук

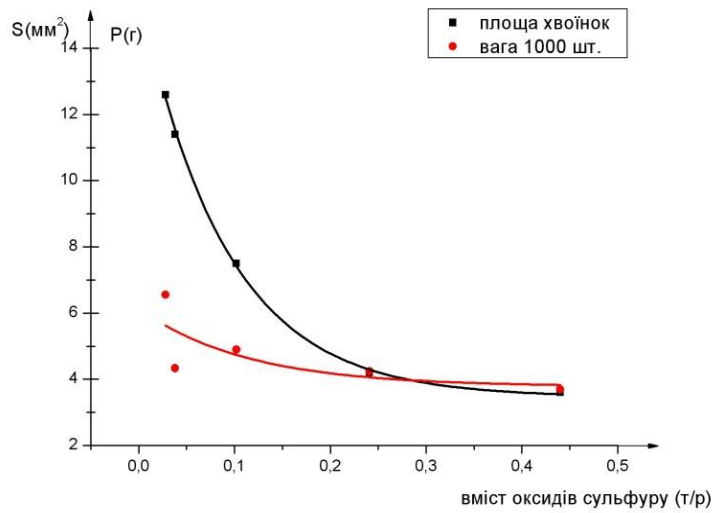


Рис. 5. Залежність довжини і ширини (площі) хвоїнок від вмісту в повітрі оксидів сульфуру

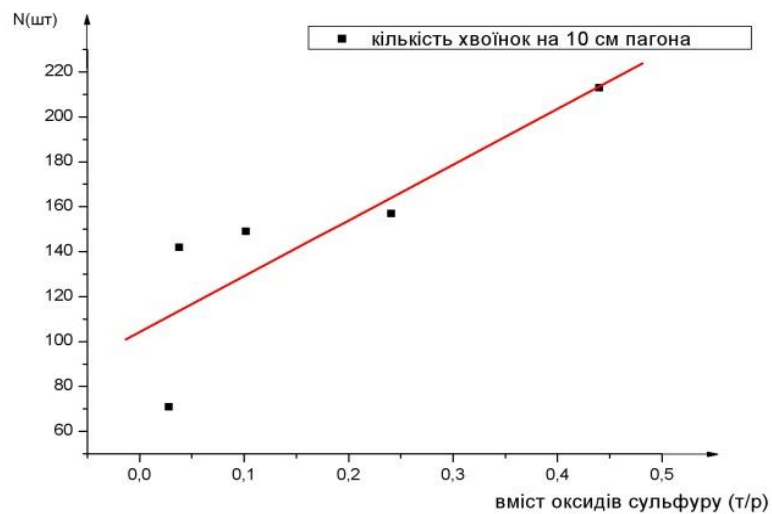


Рис. 6. Залежність кількості хвоїнок від вмісту в повітрі оксидів сульфуру

Прямо пропорційно рівню промислово-транспортного забруднення змінюється кількість хвоїнок на 10 см пагона, а обернено пропорційно-довжина, ширина хвої, тривалість її життя, вага 1000 штук хвоїнок, а також рівень некротичного ураження.

Отже, морфологічні зміни *Picea abies* є інформативною ранньою біоіндикаційною ознакою при здійсненні моніторингових досліджень урбанізованих територій. Фітомеліоративні особливості деревних хвойних рослин, зокрема *Picea abies* під впливом урбаністичного навантаження Мирополя має надзвичайно важливе значення, як з позицій фітосануючих функцій, так і при моніторингових дослідженнях *Picea abies* до комплексу урботехногенних факторів та виявлення можливих способів адаптації до умов урбоєкосистеми.

### Література:

1. Антропогенні зміни біогеоценотичного покриву. За ред. М. А. Голубець. К.: Наук. думка, 1994. 170 с.
2. Волошин І. М. Ландшафтно-екологічні основи моніторингу. Львів: Ліга Прес, 1998. 356 с.
3. Грицай З.В., Юсипіва Т.І. Вплив промислового забруднення на морфометричні показники однорідного пагона деревних рослин. Український ботанічний журнал. 2002. №3. С. 297-301.
4. Гришко В.М. Ріст деревних рослин в умовах техногенного забруднення. Український ботанічний журнал. 2002. №1. С.79-89.
5. Гаврикова В.С. Біоіндикація урбосередовища за показником флуктуючої асиметрії дерев *Acer Saccharinum* L. Екологічні науки. 2018. №6. С. 77-81.
6. Клименко М., Прищепа А., Вознюк Н. Моніторинг довкілля: навч посібник. Рівне: УДУВГП, 2004. 232 с.

## ГЕОТУРИСТИЧНИЙ КОМПОНЕНТ ТУРИСТИЧНО-РЕКРЕАЦІЙНОГО КОМПЛЕКСУ МІСТА КАМ'ЯНЕЦЬ-ПОДІЛЬСЬКИЙ

*Касіяник І.П.<sup>1</sup>, Касіяник Л.В.<sup>2</sup>*

*melny4uk8kasyanik@gmail.com*

<sup>1</sup>*Кам'янець-подільський національний університет імені Івана Огієнка,*

<sup>2</sup>*Національний природний парк «Подільські Товтри»*

*The publication highlights the features of the structure of the geotourism component of the city of Kamianets-Podilskiy as part of the tourist and recreation system. Conditions and resources of development, consumer interest, subjects, main problems and prospects of its functioning are specified.*

**Key words:** *geotourism, tourist resources, paleotour.*

Природні туристичні ресурси м. Кам'янця-Подільського та запит щодо їх використання стали умовою розвитку тут спеціалізованих геотуристичних продуктів [3]. Ефективність реалізації зазначених продуктів проковує розвиток відповідної інфраструктури та розширення їх номенклатури. Крім того вони органічно поєднуються із традиційними екскурсійними форматами підсилюючи та доповнюючи їх. Зазначене демонструє перспективи розвитку геотуристичного компонент туристично-рекреаційного комплексу м. Кам'янець-Подільський. Оцінку сучасного стану геотуристичного компоненту демонструє функціональна структура Рис. 1.