

## ОЦІНКА СТУПЕНЯ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ УРБОЕКОСИСТЕМИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТРАНСПЛАНТАНТІВ МОХІВ

Об'єктами трансплантації, відповідно до вимог фітоіндикаційних досліджень були вибрані три види епіфітних мохоподібних: бокоплідні види на прикладі *Leskea polycarpa* Hedw. і *Leptodictium riparium* (Hedw.) Warnst. та верхоплідний вид *Orthotrichum pumilum* Sw. Дані види є достатньо розповсюджені на території міста Запоріжжя і у сприятливих умовах утворюють достатньо великі площі обростання як на живих, так і на відмерлих деревах.

Оцінка ступеня забруднення атмосферного повітря промислового регіону із застосуванням епіфітних мохоподібних на прикладі *Leskea polycarpa* Hedw., *Leptodictium riparium* (Hedw.) Warnst. і *Orthotrichum pumilum* Sw. дає змогу оцінити, визначити і порівняти екологічні умови досліджуваних територій урбоекосистеми.

Трансплантати трьох видів мохів були розміщені у двох моніторингових зонах м. Запоріжжя:

1. Центральний парк культури та відпочинку «Дубовий Гай» (Зона 1);
2. Санітарно-захисна зона металургійного заводу ПАТ «Запоріжсталь» (Зона 2).

В якості умовно контрольної зони було обрано лісосмугу, розташовану на периферії м. Запоріжжя поза дією вітру від ПАТ «Запоріжсталь».

Для бріоіндикаційних досліджень використовували методи активного моніторингу. Збір рослинного матеріалу проводили в умовно чистій зоні (контроль). Було обрано дерева (живі і повалені), стовбури яких від поверхні землі до висоти 0,5–1,5 м були вкриті епіфітними мохоподібними. Для дослідження було зібрано верхній шар кори з розташованими на ньому дернинками мохів, які утворюють найбільші площі обростання. Всі зібрані дернинки мохів перед трансплантацією було визначено і розділено по видах. Загальну площу дернинок кожного виду було поділено на кількість обраних моніторингових зон, а отримане значення – на кількість ділянок трансплантації. В результаті було отримано 4 однакових за площею груп дернинок, у склад яких увійшли дернинки трьох обраних видів мохів-трансплантантів. Загальна площа трансплантантів склала 160 см<sup>2</sup> у кожній ділянці трансплантації. Прикріплення трансплантантів проводили в кожній зоні на стовбурах дерев виду *Acer negundo* L., які трапляються у всіх зонах трансплантації (відстань між ними у всіх зонах становить приблизно 50 метрів) на висоті близько двох метрів. Вибір висоти зумовлено тим, що у приземному шарі атмосфери концентрується більшість шкідливих речовин, що входять до складу викидів промислових підприємств.

Спостереження за трансплантатами необхідно проводити щомісяця. Зразки для проведення оцінки відбирають через три місяці, коли вже проявилися

суттєві морфологічні зміни. На основі проведених спостережень та отриманих результатів морфологічних змін трансплантантів мохів у подальшому здійснюють оцінювання антропогенного навантаження на навколишнє середовище і ступеня забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя. За основу оцінки антропогенного навантаження було обрано п'ятибальну шкалу, розроблену британським ученим O.L. Gilbert. Він проводив дослідження змін трансплантантів мохів під впливом різних концентрацій двоокису сірки. Дослідником було запропоновано градацію морфологічних змін трансплантантів, виражену в числових значеннях від 5 до 1 балів. У зв'язку зі специфікою досліджуваної нами території та характером морфологічних змін трансплантантів мохів шкалу градації морфологічних змін було модифіковано:

«5» – дернинки практично без ушкоджень;

«4» – ушкодження (знебарвлення та побуріння) декількох листових пластинок на верхівках гаметофітів;

«3» – відмирання менше ніж половини гаметофітів дернинки;

«2» – відмирання більше ніж половини гаметофітів дернинки;

«1» – всі гаметофіти дернинки пошкоджені або повністю відмерлі.

Оцінку стану атмосферного повітря за допомогою трансплантантів мохів проводять за наступною схемою. Згідно до модифікованої шкали проводять оцінку стану трансплантантів у всіх зонах. Ступінь ушкодження дернинок визначають візуально. Необхідно оцінювати стан кожної дернинки в кожній із ділянок трансплантації, а потім підраховують середнє значення балу для кожного виду за формулою 1:

$$A_d = \frac{\sum a}{d}, \quad (1)$$

де  $A_d$  – середнє значення балу для кожного виду на ділянці трансплантації  $D$ ;

$a$  – бал оцінки стану окремої дернинки за модифікованою шкалою;

$\sum a$  – сума балів для всіх дернинок одного виду моху;

$d$  – кількість дернинок даного виду моху.

Потім отримують середнє значення балу оцінки в кожній зоні для кожного виду ( $A_M$ ) за формулою 2. Таку операцію проводять в кожній зоні трансплантації, а також у контрольній зоні.

$$A_M = \frac{\sum A_d}{2}, \quad (2)$$

де 2 – кількість ділянок трансплантації.

Далі за формулою 3 було виведено комплексний показник – орієнтовний індекс забруднення атмосферного повітря (ІЗА<sub>0</sub>) для кожної з досліджуваних зон (за трьома видами мохів):

$$ІЗА_0 = \sum A_M, \quad (3)$$

На основі отриманої п'ятибальної шкали складено оціночну шкалу індексу ІЗА<sub>0</sub>, яка характеризує екологічні умови досліджуваної території на основі морфологічних змін трансплантантів мохів. Під екологічними умовами в даному випадку розуміють ступінь забруднення атмосферного повітря. Кожне значення шкали представляє собою бал п'ятибальної шкали, помножений на 3 – кількість індикаторних видів:

- 15 – сприятливі;
- 14–12 – нормальні;
- 11–9 – субнормальні;
- 8–6 – несприятливі;
- 5–3 – у край несприятливі.

#### **Завдання.**

Відомо, що після біологічних досліджень трансплантантів трьох видів мохів на досліджуваних територіях м. Запоріжжя було отримано певні результати щодо морфологічних змін трансплантантів в різних зонах урбоєкосистеми, див. таблиці 2–4. Необхідно провести оцінку стану забруднення атмосферного повітря на антропогенно змінених територіях м. Запоріжжя із застосуванням трансплантантів мохів. Результати досліджень необхідно занести до таблиці 1. Побудуйте діаграму значень індексу ІЗА<sub>0</sub> досліджених Зон м. Запоріжжя у порівнянні із контролем, зробіть висновки.

Таблиця 1 – Оцінка стану трансплантантів мохів (бали)

Вид моху	Зона 1		Зона 2		Контроль
	Ділянка		Ділянка		
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	
<i>Leskea polycarpa</i>					
A <sub>M</sub>					
<i>Leptodictium riparium</i>					
A <sub>M</sub>					
<i>Orthotrichum pumilum</i>					
A <sub>M</sub>					
ІЗА <sub>0</sub>					

Таблиця 2 – Морфологічні зміни трансплантантів моху *Leskea polycarpa*

Зона 1		Зона 2		Конт- роль
Ділянка		Ділянка		
A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	
знебарвлення та побуріння декількох листових пластинок на верхівках гаметофітів виявили у 5 особин	знебарвлення та побуріння декількох листових пластинок на верхівках гаметофітів виявили у 4 особин	всі гаметофіти дернинки пошкоджені або повністю відмерлі виявили у 5 особин	знебарвлення та побуріння декількох листових пластинок на верхівках гаметофітів виявили у 5 особин	всі 12 дернінок були без ушкоджень
дернинки практично без ушкоджень виявили у 6 особин	дернинки практично без ушкоджень виявили у 8 особин	відмирання більше ніж половини гаметофітів дернинки виявили у 5 особин	дернинки практично без ушкоджень виявили у 6 особин	
відмирання менше ніж половини гаметофітів дернинки виявили у 1 особини		відмирання менше ніж половини гаметофітів дернинки виявили у 2 особин	відмирання менше ніж половини гаметофітів дернинки виявили у 1 особини	

Таблиця 3 – Морфологічні зміни трансплантантів моху *Leptodictium riparium*

Зона 1		Зона 2		Конт- роль
Ділянка		Ділянка		
A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	
знебарвлення та побуріння декількох листових пластинок на верхівках гаметофітів виявили у 2 особин	знебарвлення та побуріння декількох листових пластинок на верхівках гаметофітів виявили у 5 особин	всі гаметофіти дернинки пошкожені або повністю відмерлі виявили у 2 особин	знебарвлення та побуріння декількох листових пластинок на верхівках гаметофітів виявили у 2 особин	всі 12 дернинок були без ушкоджень
дернинки практично без ушкоджень виявили у 9 особин	дернинки практично без ушкоджень виявили у 3 особин	відмирання більше ніж половини гаметофітів дернинки виявили у 2 особин	дернинки практично без ушкоджень виявили у 2 особин	
відмирання менше ніж половини гаметофітів дернинки виявили у 1 особини	відмирання менше ніж половини гаметофітів дернинки виявили у 4 особин	відмирання менше ніж половини гаметофітів дернинки виявили у 5 особин	відмирання менше ніж половини гаметофітів дернинки виявили у 6 особини	
		знебарвлення та побуріння декількох листових пластинок на верхівках гаметофітів виявили у 1 особини	всі гаметофіти дернинки пошкожені або повністю відмерлі виявили у 2 особин	
		дернинки практично без ушкоджень виявили у 2 особин		

Таблиця 4 – Морфологічні зміни трансплантантів моху *Orthotrichum pumilum*

Зона 1		Зона 2		Конт- роль
Ділянка		Ділянка		
A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	
знебарвлення та побуріння декількох листових пластинок на верхівках гаметофітів виявили у 5 особин	знебарвлення та побуріння декількох листових пластинок на верхівках гаметофітів виявили у 6 особин	всі гаметофіти дернинки пошкоджені або повністю відмерлі виявили у 1 особини	всі гаметофіти дернинки пошкоджені або повністю відмерлі виявили у 4 особин	всі 12 дернинок були без ушкоджень
дернинки практично без ушкоджень виявили у 7 особин	дернинки практично без ушкоджень виявили у 2 особин	відмирання більше ніж половини гаметофітів дернинки виявили у 1 особини	відмирання більше ніж половини гаметофітів дернинки виявили у 5 особин	
	відмирання менше ніж половини гаметофітів дернинки виявили у 2 особин	відмирання менше ніж половини гаметофітів дернинки виявили у 5 особин	відмирання менше ніж половини гаметофітів дернинки виявили у 3 особин	
	всі гаметофіти дернинки пошкоджені або повністю відмерлі виявили у 1 особини	знебарвлення та побуріння декількох листових пластинок на верхівках гаметофітів виявили у 3 особин		
	відмирання більше ніж половини гаметофітів дернинки виявили у 1 особини	дернинки практично без ушкоджень виявили у 2 особин		