color with indicators of the color model $L=55$, $a=79$, $b=68$) was calculated. The arithmetic mean of the difference in the color intensity was calculated and the degree of damage of each tree was determined. The complex environmental conditions by the average colour intensity of the leaves from the trees of the selected area were determined.

To compile the determinant table, the leaves of the drooping birch were divided into 3 types: green, affected by chlorosis and necrosis. In each group, the shades of colours were determined and compared with the control (by the above mentioned algorithm). Then, the maximum and minimum color intensity values were allocated in each group of leaves and the interval selection of the grouping were performed.

A clear tendency was found after the compilation of the determinant table: the more damaged leaves of drooping birch are covered with chlorosis and necrosis, the lower quantitative indicators of dE are. The maximum difference in leaves colours was indicated in healthy leaves (46–56 units).

Environmental conditions of the Alexandrivskiy district of Zaporizhzhia city were characterised as unsatisfactory during spring-summer periods of 2019 (dE = 29,80 units), unlike Khortitskiy and Shevchenkinvkiy districts that had more degrees of dE by 1,7 and 1,3 times, it is an evidence of a satisfactory state and moderate pollution.

The directions for future research are the analysis of environmental conditions in Zaporizhzhia city with the help of phytoindication during a long period of time; the comparative analysis between the developed method and the other known methods of bioindication of atmospheric air and soil contamination.

DOI <https://doi.org/10.26661/2312-2056/2019-24/2-07>

УДК 581.1+581.5

БІОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ АСИМІЛЯЦІЙНОГО АПАРАТУ ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ *PINUS* ЗА ДІЇ ЗАБРУДНЕННЯ ДТЕК ПРИДНІПРОВСЬКА ТЕС

¹Юсупіва Т. І., ¹Лихолат Ю. В., ²Юсупів М. С.,

²Задесенець А. О., ¹Філатова Н. О.

¹Дніпровський національний університет імені Олеся
Гончара

²Фінансово-економічний ліцей наукового спрямування при
Університеті митної справи та фінансів
Дніпровської міської ради
JusyryvaTatjana@i.ua

Досліджено вплив викидів ДТЕК Придніпровська ТЕС (м. Дніпро) на стан хвої видів роду *Pinus* L. за біометричними показниками. Виявлено більшу стабільність морфометричних характеристик хвої порівняно з мікоморфологічними. Запропоновано чутливі тест-параметри (маса, ширина, висота, периметр, площа хвоїнки) для фітоіндикації стану рослин на територіях, забруднених викидами ТЕС (тест-об'єкт *Pinus sylvestris* L.).

Pinus sylvestris L., *P. pallasiana* D. Don., *P. nigra* Arnold.,
морфометричні показники, мікоморфологічні параметри,
однорічна хвоя, техногенне забруднення

Одним із індустріальних гігантів Придніпровського регіону є м. Дніпро, яке має «складну екологічну ситуацію з екологічними проблемами техногенного та природного характеру» [4]. Головний чинник негативного впливу на стан довкілля у місті – викиди більше 200 підприємств, серед яких найбільше забруднення середовища спричинює ДТЕК Придніпровська ТЕС [3]. Для захисту від токсичних речовин, які містяться в емісіях підприємства, навколо ТЕС створено санітарно-захисну лісову зону, в якій домінують представники роду *Pinus* L. Відомо, що чим «більша лісистість регіону, то в ньому краща екологічна ситуація» [7], а переважання в лісах голонасінних підвищує ефективність виконання ними бар'єрної функції: пилозахисні й поглинальні властивості хвойних дерев і чагарників зберігаються цілорічно [13]. Крім того, хвойні рослини є могутнім джерелом фітонцидів, створюють корисне для людини фітосередовище і мають високі декоративні якості [14].

Водночас виконання рослинами функції біологічного очищення середовища негативно позначається на життєвості як окремих видів, так і цілих насаджень та призводить до зміни низки показників вегетативних і репродуктивних органів рослин [2, 5, 6, 14, 20]. Реакції рослинного організму на зміни

умов довкілля корелюють з їх структурними й функціональними характеристиками [2, 16–19]. В першу чергу, змінюються параметри листка як найбільш пластичного органа [8, 10–12, 17, 22, 24], тому на основі діагностики стану асиміляційного апарату деревних рослин можна дати науковий прогноз щодо їх життєвості в урбоекосистемах великих міст [2]. На сучасному етапі комплексні дослідження впливу викидів ТЕС на морфометричні та мікоморфологічні характеристики хвої видів роду *Pinus* L. в умовах степового Придніпров'я практично відсутні.

Мета дослідження – проаналізувати стан біометричних показників асиміляційного апарату представників роду *Pinus* L. за дії забруднення ДТЕК Придніпровська ТЕС.

Матеріали та методи досліджень

Об'єкти дослідження – три представники роду *Pinus* L.: аборигенний для України вид сосна звичайна *P. sylvestris* L. та два інтродуценти – сосни чорна *P. nigra* Arnold. і Палласова *P. pallasiana* D. Don. Їх широко застосовують для створення зелених насаджень в урбоекосистемах степового Придніпров'я.

Матеріал збирали у вересні 2019 р. на двох пробних ділянках, розташованих у штучних лісах м. Дніпро. Техногенна зона – територія, яка прилягає до ДТЕК Придніпровська ТЕС. Частка оксиду сульфуру (IV) у викидах підприємства складає 97,5 % від вмісту цієї сполуки в емісіях усіх підприємств міста, оксиду нітрогену (IV) – 84,7 %, твердих домішок – 64,8 %, оксиду карбону (II) – 8,6 % [3]. Контрольна (умовно чиста) зона – ботанічний сад Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара (ДНУ), де концентрації забруднювачів не перевищують ГДК [4].

Проби відбирали в південно-східному секторі крон модельних дерев з однорічних пагонів другого порядку галушення за однакових умов освітлення на висоті 1,7 м від рівня ґрунту. Довжину хвої вимірювали міліметровою лінійкою. Масу голок зважували на торсійних вагах із точністю 0,001. Виміри морфометричних показників хвоїнок і їх маси здійснювали у 100-кратній повторності.

Коефіцієнт інтенсивності росту хвої розраховували за [12]:

$$K = \frac{M}{L},$$

де K – коефіцієнт, мг/мм, M – маса, мг, L – довжина хвоїнки, мм.

Площу хвоїнки знаходили за формулою [11]:

$$S = 5,14 L \cdot \frac{(a + \frac{b}{2})}{2},$$

де S – площа, мм², L – довжина, мм, a – товщина, мм, b – ширина хвоїнки, мм.

Периметр хвоїнки визначали за формулою Тирена [1]:

$$\Pi = \frac{\pi}{2} \cdot (1,137b + a),$$

де Π – периметр, мм, a – товщина, мм, b – ширина хвоїнки, мм.

Індекс флуктуаційної асиметрії (ІФА) хвої для довжини парних голок розраховували за формулою [24]:

$$\text{ІФА} = 2 (WL - WR) / (WL + WR),$$

де ІФА – індекс, WL – довжина однієї голки в парі, мм, WR – довжина другої голки в парі, мм.

Ступінь порушення стабільності розвитку хвої оцінювали за п'ятибальною шкалою для сосен, наведеної в таблиці 1 [1].

Таблиця 1 – Шкала оцінки відхилень стану організму від умовної норми за величиною показника стабільності розвитку

Table 1 – The scale of deviations estimation of an organism condition from conditional norm on the value of development stability indicator

Бал	Величина показника стабільності розвитку
I	< 0,020 (умовна норма)
II	0,020–0,030 (помірне забруднення)
III	0,030–0,040 (значне забруднення)
IV	0,040–0,050 (сильне забруднення)
V	> 0,051 (екстремальне забруднення)

Ширину й товщину (висоту) хвоїнки визначали на зрізах у центральній її частині під мікроскопом Levenhuk 2L/3L/D2L за збільшення 7 × 10. Зрізи робили з використанням ручного

мікротома і забарвлювали флороглюцином [9]. Розміри гістологічних елементів хвої вимірювали за допомогою окуляр-мікрометра за збільшення 70 разів у 30-разовому повторенні.

Результати обробляли в Microsoft Office Excel 2010. Розраховували середнє арифметичне (M), похибку середнього арифметичного (m). Достовірність результатів визначали за t-критерієм Стюдента ($p < 0,05$).

Результати та їх обговорення

Аналіз таблиці 2 свідчить про те, що викиди ДТЕК Придніпровська ТЕС викликають зміни морфометричних показників хвоїнок лише у двох видів: *P. pallasiana* та *P. sylvestris*. Ростові параметри голок *P. nigra* у забрудненій зоні залишаються практично незмінними (відмінності між контрольними й дослідними значеннями показників недостовірні при $p < 0,05$). Найбільш чутливою до техногенних умов зростання деревною породою за морфометричними показниками є *P. sylvestris*: маса хвоїнки за дії техногенних чинників зменшується і складає 70,5 % від значення показника у рослин контрольної ділянки, що може негативно впливати на продуктивність рослин. Суттєвого впливу викидів ТЕС на довжину голки при цьому не виявлено. У *P. pallasiana* під впливом фітотоксикантів маса хвоїнки майже не змінюється, а її довжина суттєво збільшується порівняно з аналогічним показником рослин ботанічного саду ДНУ (на 22,2 %). І. І. Коршиков [5] пояснює такі випадки тим, що промислові викиди, які містять нітроген, можуть бути підживленням для рослин.

Аналіз літературних даних свідчить про чутливість біометричних показників асиміляційного апарату хвойних рослин до техногенних фітотоксикантів. Показано [22] зниження ростових параметрів хвої *P. sylvestris* (довжини й маси хвоїнки та їх кількості на пагонах) за хронічної дії забруднення середовища промисловими викидами, що, за думкою авторів, свідчить про «системні порушення функціонування рослинного організму». Зменшення довжини та маси хвоїнки *P. pungens* виявлено як під впливом

аерогенного забруднення середовища [15, 24], так і за дії викидів автотранспорту [17].

Таблиця 2 – Вплив викидів Придніпровської ТЕС на морфометричні показники однорічної хвоїнки видів роду *Pinus* ($M \pm SD$, $n=100$)

Table 2 – The impact of the Prydniprovsk TPP emissions on the morphometric indices of the needles of the *Pinus* genus representatives ($M \pm SD$, $n=100$)

Показник	Контроль	Придніпровська ТЕС
<i>Pinus nigra</i>		
Довжина хвоїнки, мм	113,00 ± 9,20	115,93 ± 5,90
Маса хвоїнки, мг	99,92 ± 24,39	106,80 ± 12,20
Коефіцієнт інтенсивності росту хвої, мг/мм	0,88 ± 0,029	0,92 ± 0,13
Індекс флуктуючої асиметрії хвої	0,010 ± 0,003	0,011 ± 0,002
<i>Pinus pallasiana</i>		
Довжина хвоїнки, мм	153,92 ± 9,17	188,07 ± 6,29*
Маса хвоїнки, мг	171,26 ± 22,47	168,55 ± 24,51
Коефіцієнт інтенсивності росту хвої, мг/мм	1,11 ± 0,11	0,89 ± 0,09*
Індекс флуктуючої асиметрії хвої	0,0092 ± 0,0091	0,0057 ± 0,0039
<i>Pinus sylvestris</i>		
Довжина хвоїнки, мм	92,10 ± 8,65	85,75 ± 3,01
Маса хвоїнки, мг	67,09 ± 15,00	47,30 ± 5,42*
Коефіцієнт інтенсивності росту хвої, мг/мм	0,73 ± 0,128	0,55 ± 0,064*
Індекс флуктуючої асиметрії хвої	0,019 ± 0,001	0,014 ± 0,003

Примітка: * – дані достовірні при $p < 0,05$

Т. О. Сухарева [12] використовує коефіцієнт інтенсивності росту хвої як діагностичну ознаку життєвого стану *Picea obovata* Ledeb. у техногенних зонах. Результати наших досліджень свідчать, що цей показник зменшується у рослин *P. pallasiana* на 19,8 %, а у *P. sylvestris* – на 24,7 % порівняно з аналогічним параметром рослин із умовно чистої зони, що дає змогу використовувати його у моніторингових дослідженнях стану рослин сосни Паласова та сосни звичайної на забруднених територіях. Однак для *P. nigra* коефіцієнт інтенсивності росту хвої неінформативний, оскільки за дії токсичних речовин він майже не змінюється (відмінності між контрольним і дослідним значеннями недостовірні при $p < 0,05$).

Дослідні об'єкти – двохвойні сосни і за довжиною їх хвоїнок можна оцінити індекс флуктуючої асиметрії листка – випадкове відхилення від ідеальної симетрії двобічних ознак [23]. Асиметрія мінімальна за оптимальних умов, а за дії різноманітних стрес-факторів середовища вона неспецифічно збільшується [10], тому ІФА вважають кількісним показником порушення стабільності розвитку і використовують для оцінки відхилень в онтогенезі рослин в антропогенному середовищі [1]. За даними [18, 21], ІФА хвої *P. sylvestris* – чутливий індикатор забруднення довкілля. За результатами наших досліджень, у всіх видів сосон показник виявився меншим ніж 0,020 (табл. 2), що відповідає 1 балу шкали – умовній нормі (табл. 1) та свідчить про стабільність ознаки довжини хвої досліджених деревних порід у техногенних урбоєкосистемах.

Аналіз таблиці 3 свідчить про зміни мікроморфологічних ознак хвої об'єктів дослідження в умовах антропогенного забруднення довкілля. Ширина голки змінюється більшою мірою ніж її висота. Так, у виду *P. nigra* ширина хвоїнки суттєво знижується і складає 69,7 % від значення цього показника у контрольних рослин, у *P. sylvestris* – теж зменшується, але не так значно (90,5 %), у *P. pallasiana* – не змінюється (відмінності між контрольним і дослідним варіантами недостовірні при $p < 0,05$).

У двох досліджених нами видів – *P. pallasiana* та *P. sylvestris* – товщина голки в урбанізованому середовищі зменшується, що призводить до зниження у цих деревних порід периметра хвоїнки. Дерева *P. nigra* за дії антропогенного навантаження мають більшу висоту хвоїнок (табл. 3), тому, не зважаючи на зменшення ширини голки, її периметр збільшується порівняно з аналогічною характеристикою сосни чорної із ботанічного саду ДНУ, що ми вважаємо проявом компенсаторних механізмів росту й розвитку та адаптивною реакцією рослин на техногенний стрес.

Таблиця 3 – Вплив викидів Придніпровської ТЕС на мікро-морфологічні показники однорічної хвоїнки видів роду *Pinus* ($M \pm SD, n=30$)

Table 3 – The impact of the Prydniprovsk TPP emissions on the micromorphological indices of the needles of the *Pinus* genus representatives ($M \pm SD, n=30$)

Показник	Контроль	Придніпровська ТЕС
<i>Pinus nigra</i>		
Ширина хвоїнки, мкм	1563,50 $\pm$ 71,05	1089,90 $\pm$ 73,05*
Товщина (висота) хвоїнки, мкм	896,00 $\pm$ 77,98	1140,30 $\pm$ 57,30*
Периметр хвоїнки, мм	4,20 $\pm$ 0,19	5,02 $\pm$ 0,20*
Площа хвоїнки, мм ²	503,042 $\pm$ 53,78	561,542 $\pm$ 29,27*
<i>Pinus pallasiana</i>		
Ширина хвоїнки, мкм	1564,15 $\pm$ 104,57	1501,71 $\pm$ 91,16
Товщина (висота) хвоїнки, мкм	876,55 $\pm$ 38,73	803,57 $\pm$ 53,12*
Периметр хвоїнки, мм	4,17 $\pm$ 0,23	3,83 $\pm$ 0,36*
Площа хвоїнки, мм ²	635,05 $\pm$ 54,92	753,65 $\pm$ 56,28*
<i>Pinus sylvestris</i>		
Ширина хвоїнки, мкм	1548,95 $\pm$ 174,77	1402,00 $\pm$ 96,42*
Товщина (висота) хвоїнки, мкм	678,32 $\pm$ 94,69	621,00 $\pm$ 77,17*
Периметр хвоїнки, мм	3,83 $\pm$ 0,40	3,48 $\pm$ 0,26*
Площа хвоїнки, мм ²	353,09 $\pm$ 48,12	289,71 $\pm$ 24,38*

Примітка: * – дані достовірні при $p < 0,05$

Адаптивною реакцією до техногенних умов зростання у двох представників роду *Pinus* є збільшення площі хвоїнки. Так, за хронічної дії викидів ТЕС цей показник зростає відносно контрольного значення у *P. nigra* на 11,6 %, а у *P. pallasiana* – на 18,7 %. Слід зазначити, що підвищення площі хвоїнки (не зважаючи на істотне зниження її товщини) у цих деревних порід відбувається внаслідок збільшення значення лише одного показника: у *P. nigra* – висоти голки, а у *P. pallasiana* – її довжини. У чутливого виду *P. sylvestris* площа хвоїнки у стресових умовах середовища зменшується. Слід зазначити, що зниження мікроморфологічних параметрів хвої (ширина, товщина, периметр, площа) у рослин *P. pallasiana* спостерігається за умов недостатньої вологості ґрунту [16].

Зменшення площі хвоїнки у рослин *P. pungens* має місце за дії викидів автотранспорту [17].

Таким чином, результати дослідження впливу емісій Придніпровської ТЕС на стан біометричних характеристик асиміляційного апарату видів роду *Pinus* свідчать про зміни морфометричних і мікоморфологічних показників хвоїнки в екстремальних для рослин умовах зростання.

Висновки

1. Хронічна дія емісій ДТЕК Придніпровська ТЕС призводить до змін біометричних показників асиміляційного апарату представників роду *Pinus*. За ступенем зниження стійкості до техногенного середовища за низкою морфометричних і мікоморфологічних характеристик однорічної хвої досліджені види можна розташувати таким чином: *P. nigra* > *P. pallasiana* > *P. sylvestris*.

2. За дії антропогенного навантаження морфометричні параметри хвої виявили більшу стабільність порівняно з мікоморфологічними.

3. Запропоновано застосовувати чутливий до викидів Придніпровської ТЕС за комплексом біометричних характеристик асиміляційного апарату вид *P. sylvestris* як тест-об'єкт для моніторингових досліджень стану рослин у сфері дії SO₂, NO₂, CO і твердих домішок (тест-параметри: маса, ширина, висота, периметр, площа хвоїнки), а стійкий (*P. nigra*) та середньостійкий (*P. pallasiana*) види – для озеленення територій, забруднених емісіями ТЕС.

4. У подальшому заплановано вивчення змін анатомічних показників хвої представників роду *Pinus* в умовах урбоєкосистем м. Дніпро.

Література:

1. Блащинская О. Н. Барьерные свойства древесного растительного покрова (сосна обыкновенная и береза повислая) урбанизированной территории (на примере города Ангарска Иркутской области): Автореф. дисс. ... канд. биол. наук: Экология. Иркутск. 2014. 16 с.
2. Гнатів П. С. Функціональна адаптація деревних рослин до урбанізованого середовища на Заході України:

Автореф. дис. ... докт. біол. наук: Екологія. Чернівці. 2006. 40 с.

3. Екологічний паспорт Дніпропетровської області (2016 р.). URL: <http://old.menr.gov.ua>.

4. Екологічний паспорт м. Дніпро (2018 р.). URL: <https://dniprorada.gov.ua>.

5. Коршиков И. И. Адаптация растений к условиям техногенно загрязненной среды. Киев: Наукова думка, 1996. 238 с.

6. Левон Ф. М. Зелені насадження в антропогенному трансформованому середовищі. Київ: Вид-во ННЦ ІАЕ, 2008. 384 с.

7. Максимів Л. І., Яворська О. М. Економічна оцінка ролі лісових екосистем у регулюванні складу атмосферного повітря. Наукові праці Лісівничої академії наук України. 2005. Вип. 4. С. 47–51.

8. Пашкевич Н. А. Фенотипічна мінливість хвої видів роду *Pinus* L. на території України. Укр. ботан. журн. 2005. 62 (5). С. 657–665.

9. Пермяков А. И. Микротехника. Москва: МГУ, 1988. 48 с.

10. Петрушкевич Ю. М. Вплив промислових умов на величину флуктуючої асиметрії листкової пластинки *Betula pendula*. Наук. зап. Терноп. нац. пед. університету. 2018. 1(72). С. 82–89.

11. Сунгурова Н. Р., Худяков В. В. Ассимиляционный аппарат в культурах сосны. Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2015.8(153). С. 68–74.

12. Сухарева Т. А. Химический состав и морфометрические характеристики хвои ели сибирской в условиях воздушного промышленного загрязнения: дис. ... канд. биол. наук: Экология, Апатиты, 2004. 228 с.

13. Тернопіль. Схема озеленення міста. Київ, 2017. 155 с.

14. Юсипів Т. І. Стан соснових насаджень рекреаційної зони поблизу Придніпровської ТЕС та їх роль в оздоровленні міського середовища Полтава. Матер. Міжнар. наук.-практ. конф. «Біологічні, медичні та науково-педагогічні аспекти здоров'я людини», 4–5 жовтня 2018. С. 239.

15. Юсупіва Т. І., Задесенець А. О., Злосчастєва Д. К. Вплив техногенних умов зростання на зміни морфометричних показників однорічного пагона ялини колючої. Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. 2017. 46. С. 98–102.

16. Bessonova V., Iusypiva T. Morpho-anatomical parameters of the needles of *Pinus pallasiana* D. Don. in the antierosion afforestation. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. 8 (1). P. 851–858. doi: 10.15421/2017_285.

17. Bessonova V. P., Ponomaryova O. A. Morphometric characteristics and the content of plastid pigments of the needles of *Picea pungens* depending on the distance from the highways. *Biosystems Diversity*. 2017. 25(2). P. 96–101. DOI: 10.15421/011714.

18. Chudzinska E., Pawlaczuk E., Celinski K., Diatta J. Response of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) to stress induced by different types of pollutants – testing the fluctuating asymmetry. *Water and Environment Journal*. 2014. 28. P. 533–539. doi.org/10.1111/wej.12068.

19. Iusypiva T., Miasoid G. The Impact of SO₂ and NO₂ Industrial Emissions on Anatomical Stem of *Salix alba*. *International Letters of Natural Sciences*. 2016. 51. P. 6–13. doi: 10.18052/www.scipress.com/ILNS.51.

20. Grytsay Z., Miasoid G. Assessment of Floral Organs State of *Tilia* Genus Representatives under Environment Pollution Conditions caused by Emissions of Prydniprovsk Thermal Power Plant, Dnipropetrovsk city. *International Letters of Natural Sciences*. 2016. 55. P. 52–56. DOI: 10.18052/www.scipress.com/ILNS.55.52.

21. Kozlov M. V., Niemela P. Difference in needle fluctuating asymmetry as a sensitive indicator of pollution impact on Scots pine (*Pinus sylvestris*). *Ecological indicators*. 2002. 1. P. 271–277.

22. Mikhailova T. A., Afanasieva L. V., Kalugina O. V., Shergina O. V., Taranenko E. N. Changes in nutrition and pigment complex in pine (*Pinus sylvestris* L.) needles under technogenic pollution in Irkutsk region, Russia. *Journal of Forest Research*. 2017. 22:6. P. 386–392. DOI: 10.1080/13416979.2017.1386020.

23. Palmer A. R., Strobeck C. Fluctuating asymmetry measurement, analysis, patterns. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 1986. 17. P. 391–421.

24. Yusypiva T. I. Bioecological analysis of *Picea pungens* needles in the deterioral conditions of the DTEK Prydniprovsk thermal power plant. *Ecology and Noospherology*. 2018. 29(2). P. 119–124. doi: 10.15421/031819.

BIOMETRIC INDICATORS OF THE PHOTOSYNTHETIC APPARATUS IN SOME REPRESENTATIVES OF THE GENUS *PINUS* EXPOSED TO THE POLLUTION BY THE DTEK PRYDNIPROVSK TPP

¹Yusypiva T. I., ¹Lykholat Y. V., ²Yusypiv M. S.,

²Zadesenets A. O., ¹Filatova N. O.

¹Oles Honchar Dnipro National University

²Financial and Economic Lyceum at the University of Customs and Finance

JusypivaTatjana@i.ua

Dnipro is one of the industrial giants of the Dnipro region. Technogenic environmental problems of the city are caused by the emissions of more than 200 enterprises, among which the DTEK Prydniprovsk thermal power plant (TPP) produces the largest pollution. Sanitary-protective forest zone was created around the TPP, dominated by representatives of the genus *Pinus* L. At the present stage, complex studies of the impact of the TPP emissions on the morphometric and micromorphological characteristics of *Pinus* L. needles in the steppe Dnipro region are far too rare. The purpose of the study is to analyse the state of biometric indicators of the photosynthetic apparatus of representatives of the genus *Pinus* L. during the contamination by the DTEK Prydniprovsk TPP. The objects of study are the native species of *P. sylvestris* L. and two introduced species *P. nigra* Arnold. and *P. pallasiana* D. Don.

The findings demonstrate that the chronic effect of the emissions of the Prydniprovsk TPP leads to changes in biometric parameters of the *Pinus* genus photosynthetic apparatus. According to the extent of resistance to the technogenic environment by a number of morphometric and micromorphological characteristics of annual needles, the investigated species can be arranged as follows: *P. nigra* > *P. pallasiana* > *P. sylvestris*. Due to anthropogenic

pressure, the morphometric parameters of the needles showed greater stability compared to the micromorphological ones. The research suggest to use *P. sylvestris* as the species, which is the most sensitive to the emissions of the Prydniprovsk TPP by the complex of biometric characteristics of the assimilation apparatus as a test object for monitoring studies of the state of plants exposed to SO₂, NO₂, CO and solid impurities (test parameters: mass, width, height perimeter and area of needle). For greening areas contaminated by the TPP emissions the research offers to use persistent species (*P. nigra*) and medium-persistent species (*P. pallasiana*). In the future, it is planned to study the changes in the anatomical indices of the needles of the genus *Pinus* in the conditions of the urban ecosystems of the Dnipro city.

DOI <https://doi.org/10.26661/2312-2056/2019-24/2-08>

УДК 581.522.5

**ВПЛИВ ТЕХНОГЕННИХ УМОВ м. ДНІПРО НА
СПІВВІДНОШЕННЯ ГІСТОЛОГІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ
ПАГОНА *PICEA PUNGENS* ENGELM.**

Юсипіва Т. І., Полякова Є. О.

**Дніпровський національний університет імені Олеся
Гончара**

JusyprivaTatjana@i.ua

Вивчено вплив антропогенного стресу на співвідношення гістологічних характеристик стебла *Picea pungens* Engelm. f. *viridis* Regel. в умовах м. Дніпро. Виявлено зміни у співвідношенні складових частин стебла бідних пагонів, які свідчать про наявність кількісних і якісних змін структури стебла ялини колючої за дії техногенних умов зростання.

Співвідношення гістологічних параметрів стебла, частка тканини, техногенне забруднення, Picea pungens Engelm.

Для вирішення проблеми фітооптимізації урбанізованого середовища, підвищення його ландшафтно-архітектурних і сануючих властивостей необхідно використовувати стійкі до техногенних умов зростання дерево-кущові породи [4, 13]. При цьому слід враховувати закономірності адаптації рослин в умовах нового (техногенного) ареалу. Відомо, що анатомо-