

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

***«Питання біоіндикації та екології»
«Problems of bioindications and ecology»***

Випуск 24, № 2

Періодичне наукове видання

Запоріжжя, 2019

ББК 28. 081
УДК 504. 064. 36: 54В74
В 74

Редакційна колегія:

Головний редактор – **Омельянчик Л.О.**, д.фарм.н., професор Запорізького національного університету.

Відповідальний редактор – **Бессонова В.П.**, д.б.н., професор Дніпровського державного аграрно-економічного університету.

Члени редколегії: **Бовт В.Д.**, д.б.н., професор Запорізького національного університету; **Бражко О.А.**, д.б.н., професор Запорізького національного університету; **Гнатів П.С.**, д.б.н., професор Львівського національного аграрного університету; **Грицан Ю.І.**, д.б.н., професор Дніпровського державного аграрно-економічного університету; **Домніч В.І.**, д.б.н., професор Запорізького національного університету; **Левон Ф.М.**, д.с.-г.н., професор, провідний науковий співробітник Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України; **Лихолат Ю.В.**, д.б.н., професор Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара; **Marco Landi**, доктор філософії, університет Фізіології та біохімії рослин, м. Піза, Італія; **Popescu Cristian Gheorghe**, к.с.-г.н., Пітештський університет, м. Пітешті, Румунія; **Рильський О.Ф.**, д.б.н., професор Запорізького національного університету; **Сараров А.С.**, д.с.-г.н., професор, генеральний директор Казахського НДІ ґрунтознавства та агрохімії ім. У.У. Успанова, академік Академії сільськогосподарських наук Республіки Казахстан; **Сарабєєв В.Л.**, к.б.н., доцент Запорізького національного університету; **Сергійчик С.О.**, д.б.н., професор Білоруського державного економічного університету (Білорусія); **Фролов О.К.**, д.б.н., професор Запорізького національного університету; **Іванченко О.Є.**, технічний редактор, к.б.н., доцент Дніпровського державного аграрно-економічного університету; **Яковлева-Носарь С.О.**, відповідальний секретар, к.б.н., доцент Запорізького національного університету.

В 74 *Питання біоіндикації та екології*: Періодичне наукове видання. Запоріжжя : ЗНУ, 2019. Вип. 24, № 2. 237 с.

До наукового видання включено наукові статті з проблем індикації забруднення навколишнього середовища, антропогенного впливу на рослинний і тваринний світ, медико-екологічних проблем, охорони природи та раціонального природокористування.

Може бути корисним екологам, ґрунтознавцям, ботанікам, зоологам, спеціалістам у галузі охорони довкілля.

Випускається за рішенням Вченої ради ЗНУ з 1995 року

Журнал включений до переліку наукових фахових видань, у яких можуть публікуватися результати наукових досліджень в галузі «Біологічні науки» (постанова президії ВАК України від 13.07.2015 р. № 747).

Свідцтво про державну реєстрацію КВ № 15440-4012 Р, видане Міністерством юстиції України 19.06.2009 р.

ББК 28.081
УДК 504. 064. 36: 54В74
ISSN 2312 – 2056

– *Питання біоіндикації та екології. 2019. Вип. 24, № 2* –

– *Розділ 1 Природні і техногенні екосистеми* –

DOI <https://doi.org/10.26661/2312-2056/2019-24/2-01>

UDK 582.581.6:57.08(477.64-23п)

**DENDROFLORA OF THE RAVINE VELYKA
MOLODNYAHA (KHORTYTSIA ISLAND) UNDER THE
ANTHROPOGENIC INFLUENCE**

Yakovlieva-Nosar S. O.

Zaporizhzhia National University

krokus17.zp@gmail.com

The biodiversity of the dendroflora of the ravine Velyka Molodnyaha located in the northeast part of Khortytsia island was analyzed. The taxonomic composition of the dendroflora includes 45 species, 54.5 % of them are native, the rest are introductions (45.5 %). Among the introduced species, 35.0 % are of North American origin. The list of the wood species of the dendroflora at the 20th forest compartment is investigated. The resource potential of the ravine forest has been identified.

Ravine forest, biodiversity, localization of wood species, demonstration of anthropogenesis, resource potential

The ravine forests of the Zaporizhzhia region belong to the southern variant of the ravine forests of the Steppe Zone of Ukraine according to O. L. Belgard [3], which is situated "at the intersection of the Dnieper meridian and the south Ukrainian latitudinal green corridor of the ecological network of green corridors of Ukraine" according to A. P. Travliev [9]. They, under the afforestation of the Steppe, especially the southern ones, perform important environmental transformative functions. The studying, constant monitoring of the condition, protection and restoration of these areas of forest vegetation is an urgent and important scientific task. This is especially true for the ravines of Khortytsia Island, as the vegetation here not only grows under severe hydrothermal conditions, but also undergoes significant anthropogenic influence. The need for sustainable use of forest resources is also mentioned in the Concept of Conservation and Sustainable Use of Forest Genetic Resources, which aims to help maintain the stability of functioning and biodiversity of Ukrainian forests [1].

Therefore, the aim of our research is to investigate the species composition of the dendroflora and the localization of its

representatives of the territory of the ravine Velyka Molodnyaha under anthropogenic influence.

Materials and Methods

The research was carried out in the ravine forest of the ravine Velyka Molodnyaha, located on the island of Khortytsia, which is a part of the recreational sphere of Zaporizhzhia residents and tourists (Fig. 1). The island is located in the subzone of the forb-fescue-feather grass steppe (southern Steppe).

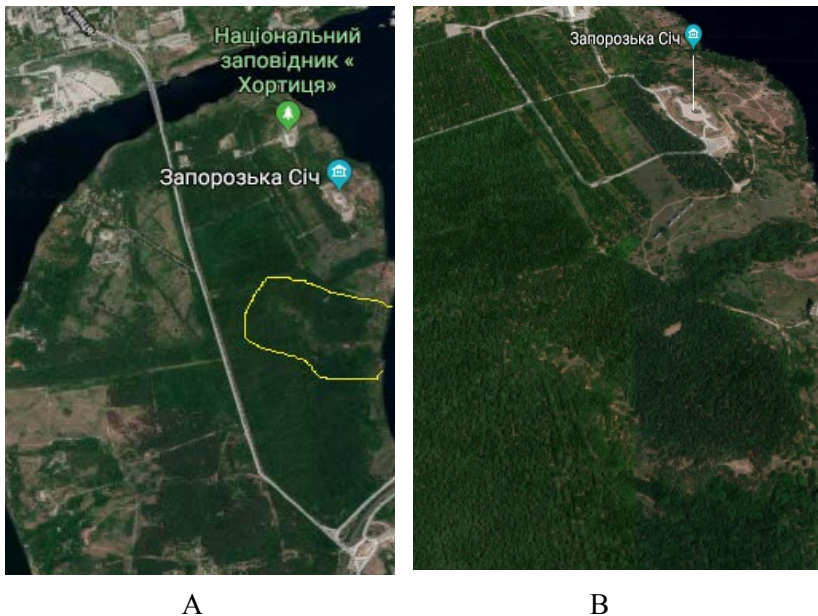


Figure 1 – The location of the ravine Velyka Molodnyaha on the map of Khortytsia island (A) and mapping of the plot (B) (<https://www.google.com/maps/>) (coordinates of the extreme points: the tops – 47°85'23.60 N 35°07'04.32 E; mouths – 47°85'02.10 N 35°07'78.62 E)

The ravine Velyka Molodnyaha is located on lands that have been subordinated to the Khortytsia National Forest Division for several years. The species of the dendroflora of the ravine forest were determined using the "Determinant of the Higher Plants of Ukraine" [7] and reference publications [6].

Results and Discussion

The ravine in the plan is reminiscent of a fox tail that bents northwards. It was named after a Cossack character, Molodnyaha, who looked younger than his age. According to other legends, young Cossacks were passing the riding test in the ravine, and their skills in weapon possession were tested [8].

According to the forest plantation plan (Fig. 2) and our research, the second stratum is the plantation of the "tail" part of the ravine; the 9th and 10th strata form the main part of the ravine forest; the 5th, 8th, and 12th strata represent the mouths of the ravine. Anti-erosion plantations surrounding the natural ravine grow onsite the 1st, 3rd, 4th, 6th, 7th and 11th strata.



Figure 2 – Forest plantation plan of the 20nd forest compartment (M 1:25 000)

Our research has determined the species composition of the dendroflora of the ravine forest of the ravine Velyka Molodnyaha (Table 1).

45 species of 34 genera and 20 families form the dendroflora of the ravine forest of Velyka Molodnyaha. The number of native species is 24, or 54.5 %; 21 were introduced, or 45.5 %. The proportion of North American species is 35.0 % of the total number of introduced plants (or 7 species).

Table 1 – Taxonomic list of dendroflora of the ravine Velyka Molodnyaha

№ п/п	Family	Species	Primary range
1	2	3	4
<i>Pinophyta</i> Division			
1.	<i>Cupressaceae</i> F. Neger	<i>Thuja occidentalis</i> L.	North America
2.	<i>Pinaceae</i> Lindl.	<i>Pinus pallasiana</i> D. Don	Mediterranean coniferous forests
3.		<i>P. sylvestris</i> L.	Ab.
<i>Magnoliophyta</i> Division			
4.	<i>Aceraceae</i> Lindl.	<i>Acer negundo</i> L.	North America
5.		<i>A. tataricum</i> L.	Ab.
6.		<i>A. platanoides</i> L.	Ab.
7.	<i>Anacardiaceae</i> Lindl.	<i>Cotinus coggygia</i> Scop.	Mediterranean
8.	<i>Berberidaceae</i> Torr. et Gray	<i>Berberis vulgaris</i> L.	Ab.
9.	<i>Caprifoliaceae</i> Vent.	<i>Lonicera tatarica</i> L.	Europe, Eastern Siberia, Central Asia
10.	<i>Celastraceae</i> R. Br.	<i>Euonymus europaea</i> L.	Ab.
11.	<i>Fabaceae</i> Lindl.	<i>Amorpha fruticosa</i> L.	North America
12.		<i>Caragana arborescens</i> Lam.	Siberia, Kazakhstan
13.		<i>Gleditsia triacanthos</i> L.	North America
14.		<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	North America
15.		<i>Sophora japonica</i> L.	China, Korea, Japan
16.	<i>Fagaceae</i> Dum.	<i>Quercus robur</i> L.	Ab.
17.	<i>Hydrangaceae</i> Endl.	<i>Philadelphus coronarius</i> L.	Southern Europe
18.	<i>Juglandaceae</i> Lindl.	<i>Juglans regia</i> L.	Central Asia
19.	<i>Moraceae</i> Link	<i>Morus nigra</i> L.	Iran, Afghanistan

Table 1 (cont'd)

1	2	3	4
20.	<i>Oleaceae</i> Hoffmgg. et Link	<i>Fraxinus excelsior</i> L.	Ab.
21.		<i>F. lanceolata</i> Borkh.	North America
22.		<i>Ligustrum vulgare</i> L.	Ab.
23.		<i>Syringa vulgaris</i> L.	Balkan Peninsula
24.	<i>Rhamnaceae</i> Juss.	<i>Rhamnus cathartica</i> L.	Ab.
25.	<i>Rosaceae</i> Adans.	<i>Armeniaca vulgaris</i> Lam.	Tian Shan mountain forests
26.		<i>Cerasus fruticosa</i> (Pall.) G. Woron.	Ab.
27.		<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	Ab.
28.		<i>Prunus domestica</i> L.	Transcaucasia, Asia Minor, Iran
29.		<i>P. spinosa</i> L.	Ab.
30.		<i>P. divaricata</i> Ledeb.	Caucasus, Central Asia
31.		<i>Pyrus communis</i> L.	Ab.
32.		<i>Ribes aureum</i> L.	Ab.
33.		<i>Rosa canina</i> L.	Ab.
34.		<i>Spiraea hypericifolia</i> L.	Ab.
35.	<i>Salicaceae</i> Mirb.	<i>Populus nigra</i> L.	Ab.
36.		<i>P. alba</i> L.	Ab.
37.		<i>P. tremula</i> L.	Ab.
38.		<i>Salix alba</i> L.	Ab.
39.	<i>Sambucaceae</i> Link.	<i>Sambucus nigra</i> L.	Ab.
40.	<i>Simarubaceae</i> Lindl.	<i>Ailanthus altissima</i> Swinge	Northern China
41.	<i>Ulmaceae</i> Mirb.	<i>Ulmus carpinifolia</i> Rupp. ex Suckow	Ab.
42.		<i>U. laevis</i> Pall.	Ab.
43.		<i>U. pumila</i> L.	Asia
44.		<i>U. scabra</i> Mill.	Ab.

Table 1 (cont'd)

1	2	3	4
45.	<i>Vitaceae</i> Lindl.	<i>Parthenocissus quinifolia</i> (L.) Planch.	North America

Pinophyta Division is represented by 3 species, *Magnoliophyta* Division is represented by 41 species. The largest species saturation is characterized by the family *Rosaceae* (10), followed by the family *Fabaceae* (5), 4 species are from the families *Oleaceae*, *Salicaceae* and *Ulmaceae*; 3 species are members of the *Aceraceae* family. The rest of the families are represented by 1–2 species.

In comparison, the biodiversity of the dendroflora of the ravine forest of the ravine Ushviva located next to the studied ravine is 36 species from 29 genera and 15 families. The planting core is formed by 22 native species (61.1 % of the total tree species). It is established that the share of introduced species in the composition of the ravine is 38.9 % (14 species), of which 42.9 % (6 species) originate from North America [10]. While in the beam Shyroka, which is located in the southwestern part of Khortytsia island, we have registered 54 species of woody plants belonging to 43 genera and 26 families. The indigenous species of the dendroflora of the ravine forest make up 48.1 % and the introduced species – 51.9 %. In this case, the highest proportion of participation among introduced species belongs to the species of North American origin (11 species, or 39.3 % of the total number of introduced species) [11]. Therefore, there is a distribution of North American species in the studied dendrocenoses of our ravine forests. Such situation resulted from their introduction from artificial erosion plantations fringing the ravines, and also, to some extent, from the use of these species at the present time or in the past for landscaping of cultivated landscapes (the ravine Shyroka used to be the territory of the sanatorium-preventorium of Titanium & Magnesium Combine).

Thus, the largest variety of dendroflora is recorded in the the ravine Shyroka, and the lowest – in the ravine Ushviva. At the same time, the highest percentage of participation in the plantation of native species is observed in the ravine Ushviva, and the lowest

– in the ravine Shyroka. Dendrocenoses of the ravine Velyka Molodnyaha in the above positions occupies an intermediate position.

A series of researches on the North Steppe ravine forests have also shown participation the North American species in them. Thus, in the ravine "Viys'kova balka" (Dnipro region) from 46 representatives of dendroflora 4 species originate from North America (*Acer negundo* L., *Elaeagnus argentea* Pursh., *Robinia pseudoacacia* L., *Gleditsia triacanthos* L.). Both of the latter species, according to the authors, are represented by a large number of specimens and exhibit high adaptive potential to growth conditions [4]. In the other ravine – Lyubymivska (Lyubymivsky Forestry of the Dnieper Region) 32 species were registered, of which 5 species (*Acer negundo*, *Gleditsia triacanthos*, *Robinia pseudoacacia*, *Celtis occidentalis*, *Elaeagnus argentea*) originate from North America [5]. It is emphasized in the article that in the steppe afforestation it is necessary to use introduced species that have been cultivated in the steppe zone of Ukraine for a long time more widely (in particular, *Robinia pseudoacacia*, *Gleditsia triacanthos*, *Acer negundo*, *Morus alba*, *Ulmus pumila*, *Juglans regia*, *Pinus nigra*, etc.), but to prevent their introduction into natural forest phytocenoses.

In our opinion, it is necessary to regularly monitor the rate of natural regeneration of introduced plants under the conditions of such unique natural complexes as ravine forests. As noted by O. S. Abduloeva et al. [2] *Acer negundo*, *Amorpha fruticosa*, *Robinia pseudoacacia*, *Parthenocissus quinquefolia*, and some other species belong to the group of transformers that exhibit wide ecological amplitude and significant adaptive potential when expanding the ecological range. They can be considered as objects of threat to the biological diversity of natural phytocenoses.

We also conducted an analysis of the localization of tree species at the territory of the ravine by strata within the 20th forest compartment. *Morus nigra*, *Acer negundo*, *Fraxinus lanceolata*, *Armeniaca vulgaris*, species *Ulmus* (*U. laevis*, *U. pumila*, *U. carpiniifolia*), species of the genus *Populus* and *Salix alba*, mostly grow in the mouth of the ravine and in the plantings surrounding it. *Euonymus europaea*, *Rhamnus cathartica*, *Ligustrum vulgare*, *Amorpha fruticosa* grow at the strata 5 and 12 (Fig. 2). At the site of the former settlement of Zaporizhzhia Sich

(ceased to exist in 1988, now its remains are situated on the hilly terrain of the mouth of the ravine) registered *Thuja occidentalis*, *Philadelphus coronarius*, *Syringa vulgaris*, *Cerasus fruticosa*, *Prunus domestica*, *Ribes aureum*, *Parthenocissus quinquefolia* ornamental and fruit tree plants.



Figure 3 – Sandy beach at the mouth of the ravine Velyka Molodnyaha



Figure 4 – Forest at the territory of the 10th stratum, the 20th forest compartment

On the territory of the main part of the ravine (8th, 9th and 10th strata), the dominant wood species is *Quercus robur*, with its share in the plantation reaching 60 % (9th stratum). There is also a significant number of undergrowth and single specimens of the self-sowing of this species. Associated species in the dendrocenoses of these species are *Robinia pseudoacacia*, *Fraxinus excelsior*, *F. lanceolata*, *Ulmus pumila*, *U. scabra*. It should be noted that the share of *Ailanthus altissima* (20 %, 9th stratum) is also significant, which forms dense thickets with a large number of self-sowing and undergrowth per unit area, which is a potential threat to the natural oak forest. The undergrowth includes *Crataegus monogyna*, *Sambucus nigra*, *Ligustrum vulgare*, *Caragana arborescens*. There are specimens of *Rosa canina*, *Berberis vulgaris*, *Rhamnus cathartica*, *Acer tataricum*, which emerge from the forest tent in open spaces. *Spiraea hypericifolia* and *Pyrus communis* are also represented in the forest.

In the "tail" part of the ravine Velyka Molodnyaha (2nd stratum) the predominant species are *Fraxinus lanceolata*, *Acer negundo*, *Pyrus communis*, *Quercus robur*, *Ulmus scabra*, *Robinia*

pseudoacacia, occasional – *Acer platanoides*, *Armeniaca vulgaris*; undergrowth formed by *Crataegus monogyna*, *Ligustrum vulgare*, *Rhamnus cathartica*, *Caragana arborescens*, less common *Berberis vulgaris* and *Acer tataricum*. On the border between the 4th strata and the 17th forest compartment there is an alley plantation, on one side of which grows *Pinus pallasiana* with the introduction of *Pinus sylvestris*, and on the other – *Lonicera tatarica*. Not far from this plantation are the *Cotinus coggygia* groups. Apparently, this used to be the places for walks of settlers, given the decorative effect of the plantations.

The ravine forest of the ravine Velyka Molodnyaha has a certain resource potential: it includes valuable honey (*Pyrus communis*, *Armeniaca vulgaris*, *Ligustrum vulgare*, *Robinia pseudoacacia*) and medicinal plants (*Sambucus nigra*, *Rhamnus cathartica*, *Morus nigra*). The group of medicinal plants also includes *Syringa vulgaris*, the thicket of which is at the mouth of the beam is of purely anthropogenic origin. Other medicinal, as well as vitamin-bearing plants (*Prunus spinosa*, *Rosa canina*, *Crataegus monogyna*, *Berberis vulgaris*) are relatively rare in the area of the ravine. The harvesting form of recreation is represented in harvesting a large number of fruits of *Armeniaca vulgaris*, *Morus nigra*, and, to a lesser extent, of *Juglans regia*, *Prunus divaricata*, *Berberis vulgaris* (due to their rare occurrence in the ravine).

In the future, it is advisable to conduct a phytocenological survey of plantations of other ravine forests complexes of the southern Steppe.

Conclusions

1. Dendroflora of the ravine Velyka Molodnyaha is represented by 45 species from 34 genera and 20 families. The percentage of original species in the formation of dendrocenoses of the ravine is 54.5 % of the total number of species. A significant contribution to the planting have introduced species (45.5 %), with 35.0 % of them being North American species.

2. The localization of the main forest and associated wood species as well as undergrowth shrub species in the territory of the ravine by stratum within the 20th forest compartment is analyzed.

3. In the composition of dendrocenoses of the ravine there are 4 invasive species: *Ailanthus altissima*, *Parthenocissus*

quinquifolia, *Robinia pseudoacacia* and *Acer negundo*. In this case, the population of *Ailanthus altissima* is concentrated at the 9th stratum, *Acer negundo* – at the 2nd stratum, and *Parthenocissus quinquifolia* – at the mouth of the ravine, a small number of its specimens occur at other strata of the forest compartment. Specimens of *Robinia pseudoacacia* are found in large numbers throughout the entire ravine, but their share in the 9th and 10th strata, as well as in the erosion plantations surrounding the studied ravine, is particularly significant.

4. The resource potential for the indirect use of the ravine Velyka Molodnyaha includes valuable honey, medicinal, vitamin and edible woody plants.

References:

1. Krynytskyj H. T., Hayda Y. I., Yatsyk R. M., Parpan V. I., & Los, S. A. *Close-to-nature forestry as the basis for sustainable forest management in Ukraine. Науковий вісник НЛТУ України. 2017. 27(8). P. 37–44. DOI*[10.15421/40270805](https://doi.org/10.15421/40270805).
2. Абдулоєва О. С., Шевчик В. Л., Карпенко Н. І. *Інвазійні чужинні види вищих рослин у рослинних угрупованнях Канівського природного заповідника. Заповідна справа в Україні. 2009. Т. 15, вип. 2. С. 31–36.*
3. Бельгард А. Л. *Лесная растительность юго-востока УССР. Киев : Изд-во КГУ им. Т. Г. Шевченко, 1950. 263 с.*
4. Бессонова В. П., Зайцева И. А., Немченко М. В. *Дендрофлора урочища «Войсковая балка» (Днепропетровская область). Фиторазнообразие Восточной Европы. 2017. Т. XI, № 2. С. 70–77.*
5. Бессонова В. П., Пономарьова О. А. *Таксономічна характеристика деревних насаджень та дендроресурси балки Любимівської. Питання біоіндикації та екології. Запоріжжя : ЗНУ, 2018. Вип. 23, № 1. С. 17–31. DOI*[10.26661/2312-2056/2018-23/1-02](https://doi.org/10.26661/2312-2056/2018-23/1-02).
6. Калініченко О. А. *Декоративна дендрологія. Київ : Вища школа, 2003. 199 с.*
7. *Определитель высших растений Украины / [Доброчаева Д. Н., Котов М. И., Прокудин Ю. Н. и др.]. Киев: Фитосоциоцентр, 1999. 548 с.*

8. Супруненко В. П. *Остров Хортиця: популярная энциклопедия. Балки, ложбины, яры. Запорожье : Просвіта, 2012. С. 23–25.*

9. Травлеев А. П., Белова Н. А., Боговин А. В., Дубина А. А. *Байрачные леса бывшей порожистой части Днепра – составная часть экологической сети юга Украины. Экологія та ноосферологія. 2005. Т. 16, № 3–4. С. 75–94.*

10. Яковлева-Носарь С. О. *Наслідки антропогенного впливу на дендрофлору балки Ушивива (о. Хортиця). Питання біоіндикації та екології. Запоріжжя: ЗНУ, 2019. Вип. 24, № 1. С. 3–22. DOI [10.26661/2312-2056/2019-24/1-01](https://doi.org/10.26661/2312-2056/2019-24/1-01).*

11. Яковлева-Носарь С. О., Бессонова В. П. *Дендрофлора балки Широка (острів Хортиця). Науковий вісник НЛТУ України. 2018. Т. 28, № 2. С. 26–31. DOI [10.15421/40280203](https://doi.org/10.15421/40280203).*

**ДЕНДРОФЛОРА БАЛКИ ВЕЛИКА МОЛОДНЯГА
(ОСТРІВ ХОРТИЦЯ)
ЗА АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ
Яковлева-Носарь С. О.**

**Запорізький національний університет
krokus17.zp@gmail.com**

Байрачні ліси Запорізького регіону, віднесені О. Л. Бельгардом [1] до південного варіанту байрачних лісів степової зони України, за умов безлісся Степу, особливо південного, виконують важливіші середовище-перетворювальні функції. Вивчення, постійний моніторинг стану, охорона і відновлення цих осередків лісової рослинності є актуальним і важливим науковим завданням. Особливо це стосується байрачних комплексів острова Хортиця, оскільки тут рослинність не тільки зростає за жорстких гідротермічних умов, але й зазнає суттєвого антропогенного впливу. Про необхідність невиснажливого використання лісових ресурсів зазначається і в «Концепції збереження та сталого використання лісових генетичних ресурсів», що покликана сприяти збереженню стабільності функціонування та біорізноманіття лісів України [3].

У зв'язку зі зазначеним, мета нашої роботи – дослідження видового складу дендрофлори та локалізації її

представників на території балки Велика Молодняга за антропогенного впливу.

Дослідження проводили у байрачному лісі балки Велика Молодняга, що знаходиться на острові Хортиця, який входить до рекреаційної сфери мешканців м. Запоріжжя та туристів. Острів розташований у підзоні різнотравно-типчакково-ковилового Степу (південний Степ).

Згідно з планом лісонасаджень та нашими дослідженнями, 2-ий виділ – це насадження «хвостової» частини балки; 9-ий і 10-ий виділи формують основну частину байрачного лісу; 5-ий, 8-ий та 12-ий виділи презентують дендроценоз гирла балки. На території 1-го, 3-го, 4-го, 6-го, 7-го і 11-го виділів зростають протиерозійні насадження, що оточують природний байрачний ліс балки.

Дендрофлору байрачного лісу балки Велика Молодняга формують 45 види з 34-х родів і 20-ти родин. Кількість аборигенних видів становить 24, або 54,5 %; інтродукованих – 21, або 45,5 %. Частка участі північноамериканських видів складає 35,0 % від усієї кількості інтродукованих рослин (або 7 видів).

Відділ *Pinophyta* презентований 3-ма видами, відділ *Magnoliophyta* – 41-м видом. Найбільшою видовою різноманітністю характеризується родина *Rosaceae* (10), за нею йде родина *Fabaceae* (5), по 4 види включають родини *Oleaceae*, *Salicaceae* і *Ulmaceae*; 3 види входять до родини *Aceraceae*. Решта родин представлена 1–2-ма видами.

Проаналізовано локалізацію основних лісотвірних і супутніх деревних порід, а також чагарникових видів, що утворюють підлісок, на території балки за виділами у межах 20-го кварталу.

У складі дендроценозу балки присутні 4 інвазійних види: *Ailanthus altissima*, *Parthenocissus quinquefolia*, *Robinia pseudoacacia* та *Acer negundo*. При цьому ценопопуляція *Ailanthus altissima* зосереджена у 9-му виділі, *Acer negundo* – 2-му виділі, а *Parthenocissus quinquefolia* – у гирлі балки, незначна кількість його екземплярів зустрічається в інших виділах кварталу. Особини *Robinia pseudoacacia* зустрічаються у значних кількостях по території усього байраку, але особливо істотна їх частка участі у складі

насаджень 9-го і 10-го виділів, а також у протиерозійних насадженнях, що оточують досліджену балку.

Байрачний ліс балки Велика Молодняга має певний ресурсний потенціал: до його складу входять цінні медоносні (*Pyrus communis*, *Armeniaca vulgaris*, *Ligustrum vulgare*, *Robinia pseudoacacia*) та лікарські рослини (*Sambucus nigra*, *Rhamnus cathartica*, *Morus nigra*). До групи лікарських рослин належить і *Syringa vulgaris*, зарості якої на території гирла балки є суто антропогенного походження. Інші лікарські, як і вітаміноносні рослини (*Prunus spinosa*, *Rosa canina*, *Crataegus monogyna*, *Berberis vulgaris*), зустрічаються відносно рідко на території балки. Збиральна форма рекреації проявляється у відчуженні великої кількості плодів *Armeniaca vulgaris*, *Morus nigra*, набагато менше споживається *Juglans regia*, *Prunus divaricata*, *Berberis vulgaris* (у зв'язку з їх рідким траплянням на території балки).

DOI <https://doi.org/10.26661/2312-2056/2019-24/2-02>

УДК 574.4:595.7

ОСОБЛИВОСТІ НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ В ЕДАФОТОПАХ УРБОФІТОЦЕНОЗІВ ЗА ДІЇ ВИКИДІВ ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Зайцева І. О., Поворотня М. М.

Дніпровський національний університет

імені Олеся Гончара

irinza.ldfr@gmail.com

Придніпровська та Криворізька ТЕС є вагомим джерелом екологічно небезпечних викидів у Дніпропетровській області. Установлено вміст важких металів у вугіллі, що використовується як паливо на ТЕС, та щорічні обсяги викидів Hg і Pb – металів I та II класів небезпеки. Досліджено особливості та характер накопичення важких металів у ґрунтах за дії викидів ТЕС у переважному напрямку руху повітряних мас. Визначено перевищення ГДК ртуті та свинцю на відстані до 7 км від ТЕС з максимальними значеннями на віддаленні 2 і 4 км (4 ГДК по Hg, 2 ПДК по Pb) на території житлових масивів, а також в умовному контролі – в ботанічному саду ДНУ (1,2 ГДК). Максимальне накопичення Cd, As, Zn, Cu відзначено на відстані 0,5–2 км, яке досягає 4,9–4,2 ГДК для кадмію; 5,1–3,6 ГДК для миш'яку і значно нижчих значень для цинку і міді (1,0–1,3 ГДК).

Техногенні екосистеми, теплоенергетика, ґрунти, коефіцієнти накопичення, ртуть, свинець, кадмій, миш'як, цинк, мідь

У техногенно змінених екосистемах найбільш актуальним питанням є вивчення кумулятивної здатності компонентів біогеоценозів відносно різних хімічних інгредієнтів, у тому числі важких металів. В екобіологічних дослідженнях значна увага приділяється вивченню особливостей поглинання токсикантів з атмосферного повітря й ґрунту та їх накопичення рослинними компонентами біоценозів на територіях з високим рівнем розвитку промисловості, про що свідчать численні наукові публікації [1, 8, 11, 12]. Зокрема, деревні рослини здатні накопичувати значну кількість важких металів, адсорбуючи їх. Як було встановлено у дослідженнях В. П. Бессонової [3], В. М. Гришка [5] високі коефіцієнти накопичення окремих металів такими породами, як клен-явір, клен ясенелистий, горобина звичайна, тополі канадська, китайська та італійська, береза повисла свідчать про їх здатність до вилучення значних кількостей поллютантів з навколишнього середовища. Акумуляція зеленими насадженнями шкідливих аерозолів, хімічних елементів та сполук із повітря та ґрунту є бар'єром для їх подальшого розповсюдження, тому вивчення особливостей забруднення едафотопів інгредієнтами промислових викидів є необхідною передумовою комплексної оцінки стану біоценозів на антропогенно змінених територіях.

У районах з інтенсивним техногенним виробництвом, у тому числі теплових електростанцій (ТЕС), утворюються особливі зони геохімічного забруднення. При згорянні вугілля в атмосферне повітря потрапляє велика кількість забруднюючих речовин, що обумовлено як обсягами використання, так і складом вугілля. Так, майже половина видобутого в Україні вугілля (46 %) використовується на потреби теплових електростанцій, а це складає близько 30 млн. т на рік [18]. ТЕС є основним джерелом забруднення довкілля ртуттю, свинцем – металами І класу небезпеки, кадмієм та інших [20, 10]. В екотопах поблизу Бурштинської ТЕС відзначаються підвищені концентрації валових і рухомих форм важких металів (Fe, Cu, Zn, Mn) порівняно із фоновими

значеннями [7, 15]. При дослідженні впливу Луганської ТЕС встановлено, що коефіцієнт кореляції між забрудненням ґрунтів та атмосферного повітря становить 0,99, тобто забруднення ґрунтів відбувається внаслідок осадження металів на їх поверхні. Найбільша акумуляція важких металів спостерігається у верхніх шарах ґрунту, на глибині до 20 см, проте виявляють проникнення металів на глибину більше одного метра [17, 22, 23]. Здатність до акумуляції як у верхніх шарах, так і в більш глибоких, вказує на наявність довготривалого впливу важких металів на ґрунт і на рослини в зоні дії викидів ТЕС.

На території Дніпропетровської області до найбільш небезпечних за кількістю та токсичністю викидів підприємств відносяться Криворізька та Придніпровська ТЕС, які входять, відповідно, до числа десяти та ста найбільш вагомих об'єктів-забруднювачів довкілля в Україні. Про це свідчать показники загального обсягу викидів, які становлять, відповідно, 146 та 84 тис. т на рік [9]. На Криворізькій ТЕС викиди важких металів майже вдвічі перевищують обсяги викидів Придніпровської ТЕС через більший відсотковий вміст вугілля у складі палива (відповідно 97,27 та 88,49 %), решту якого складають природний газ (2,41 та 11,43 %) та мазут (0,32 та 0,08 %). Вплив цих об'єктів на компоненти довкілля дотепер залишається недостатньо вивченим. У зв'язку з цим актуальним є проведення моніторингових досліджень в умовах Степового Придніпров'я, зокрема визначення кількісного вмісту важких металів у ґрунтах урбоценозів у залежності від відстані до джерела забруднення – ТЕС, що і було метою нашої роботи.

Матеріали та методи досліджень

Дослідження проводили на шести моніторингових ділянках: в зоні дії Криворізької (I м.д.) та Придніпровської ТЕС з різним рівнем урбо- і техногенного навантаження (II, III, IV), умовний контроль (V – ботанічний сад ДНУ), контроль в екологічно чистому районі (VI – в Межовському районі). Відбір проб ґрунту проводили за відповідною методикою для аналізу вмісту металів [14]. Визначення вмісту рухомих сполук важких металів у ґрунтах – Pb, Hg, Cu, Zn, Cd проводили методом атомно-адсорбційної спектроскопії на атомному

спектрографі ААС-115-М1, похибка вимірювань не перевищувала 3 %. Екстракцію важких металів проводили 2н розчином HCl. За цим методом визначали й вміст важких металів у пробах вугілля, яке використовується на Придніпровській (ПдТЕС) та Криворізькій (КрТЕС) теплоелектростанціях.

Результати та їх обговорення

Придніпровська ТЕС знаходиться на території міста Дніпро і безпосередньо впливає на стан навколишнього середовища, поряд з іншими джерелами забруднення [16]. Основним паливом на ПдТЕС є вугілля марки «антрацит АШ» та марки «Т» – пісне вугілля. Антрацит є вугіллям високої якості із вмістом вуглецю до 95 %, з виходом летких речовин менше 8 %. Вугілля марки «Т» має дещо нижчий відсоток вуглефікації (85–92 %) і більший вихід летких речовин (8–18 %) [13].

Криворізька ТЕС розташована в місті Зеленодольськ, на відстані більше 50 км від м. Кривий Ріг, що робить можливим відокремити вплив викидів ТЕС від викидів інших підприємств. Основним видом палива, що використовується на КрТЕС, є вугілля марки «Т», «П», «Ж», яке має переважно низьку калорійність, високу зольність і значну вогкість [13], внаслідок чого збільшується кількість викидів при згорянні цього палива.

За результатами аналізу вмісту важких металів у вугіллі (табл. 1) можна відзначити, що у найбільшій кількості міститься Zn і Mn.

Досить високий вміст Pb у пробах вугілля вказує на значний внесок теплових електростанцій у забруднення довкілля цим токсичним металом. Вміст Hg у вугіллі порівняно незначний, на 1–2 порядки менший за вміст свинцю – 0,05 та 0,15 мг/кг, що узгоджується з іншими відомостями за літературними даними – від 0,05 до 0,4 мг/кг [4], проте зважаючи на високу небезпечність ртуті та низький допустимий поріг вмісту ртуті в компонентах екосистем (значно нижчий за всі інші важкі метали), викиди продуктів згоряння палива на теплоелектростанціях можуть становити значну екологічну загрозу забруднення ртуттю.

– *Питання біоіндикації та екології. 2019. Вип. 24, № 2 –*

Таблиця 1 – Вміст важких металів у вугіллі – паливі теплових електростанцій

Table 1 – The content of heavy metals in coal as fuel at thermal power plants

Досліджуваний елемент	ПдТЕС, мг/кг	КрТЕС, мг/кг
Цинк	32,82±0,984	29,89±0,896
Марганець	26,09±0,782	16,36±0,409
Свинець	7,47±0,209	8,59±0,257
Мідь	2,41±0,043	1,95±0,058
Миш'як	0,10±0,009	0,10±0,028
Кадмій	0,05±0,003	0,03±0,015
Ртуть	0,05±0,003	0,10±0,021

У перерахунку на обсяги споживання вугілля КрТЕС і ПдТЕС, кількість найбільш небезпечних металів (Hg і Pb) представлена в таблиці 2.

Таблиця 2 – Обсяги викидів Hg і Pb тепловими електростанціями

Table 2 – The amount of Hg and Pb emissions of thermal power plants

ТЕС	Обсяги вугілля, т/рік	Кількість металів у викидах ТЕС, т/рік	
		Hg	Pb
Криворізька	3 млн	0,30	25,77
Придніпровська	2 млн	0,10	14,94

Результати показали, що теплові електростанції щороку викидають у повітря значні обсяги небезпечних важких металів – ПдТЕС близько 15 т сполук свинцю та 100 кг сполук ртуті, Криворізька ТЕС сполук Pb на 70 % більше, сполук Hg – у три рази більше, що становить небезпеку для навколишнього середовища поряд із промисловими викидами інших підприємств. Дослідження екосистем Степового Придніпров'я, які проводилися протягом останніх десятиріч, вказують на зростання вмісту важких металів Pb, Cu, Ni у 1,5–2 рази, Hg – 2–14 разів у різних едафотопях внаслідок зростання техногенного навантаження [6, 19, 21]. Визначення впливу викидів ТЕС на довкілля доцільно провести на прикладі більш потужної Криворізької ТЕС, поблизу якої

відсутні будь-які інші підприємства, у порівнянні з даними з накопичення поліютантів у компонентах біоценозів в зоні дії Придніпровської ТЕС. Результати визначення вмісту важких металів у ґрунтах пробних майданчиків представлені в таблиці 3.

Отримані дані показують, що вміст важких металів у ґрунтах, насамперед, залежить від обсягів викидів ТЕС, а також від відстані до джерела забруднення. Так, в зоні дії більш потужної Криворізької ТЕС з більшими обсягами викидів (табл. 2) порівняно з Придніпровською ТЕС, на відстані 500 м відзначено більший кількісний вміст Hg, Pb, As і особливо Cu. В зоні дії ПдТЕС на відстані 500 м, порівняно з КрТЕС, виявлено більшу кількість у ґрунтах таких елементів, як Cd і Zn, що пов'язано із більшим вмістом цих металів у вугіллі, що використовується на Придніпровській ТЕС.

У цілому, порівнюючи дані за I і II пробних майданчиків (на відстані 500 м), можна відзначити загальні риси впливу теплоелектростанцій на навколишнє середовище, які полягають у забрудненні ґрунтів, насамперед такими важкими металами, як Hg, вміст якого перевищує ГДК у 2,8 та 2,1 разів в едафотобах біля КрТЕС та ПдТЕС, Cd (2,9 та 4,9 ГДК відповідно), As (5,4 та 5,1 ГДК), Pb (1,5 ПДК на обох пробних майданчиках).

Для деяких важких металів, а саме Cd, As, Zn, спостерігається максимальний вміст у ґрунтах на відстані від джерела забруднення до 1000 м. При цьому рівень забруднення едафотопів перевищує ГДК у 4–5 разів і становить для Cd 7,33 мг/кг, As – 10,89 мг/кг, Zn – 87,35 мг/кг. При віддаленні від джерела забруднення вміст даних металів у ґрунтах знижується і досягає рівня ГДК: для цинку вже на відстані 2000 м, для кадмію – 3000 м від ТЕС, тоді як миш'як розповсюджується на більш великі відстані – вміст елементу на віддаленні 4000 м перевищує ГДК у 2,9 разів.

Найбільший інтерес представляють дослідження накопичування у ґрунтах та характеру розповсюдження металів I та II класу небезпеки, які є специфічними інгредієнтами викидів теплових електростанцій – ртуті та свинцю, особливо з огляду на обсяги вмісту даних металів у викидах ТЕС (табл. 2). Порівняльний аналіз акумуляції Hg та Pb ґрунтами в зоні дії Криворізької та Придніпровської ТЕС показує,

що на КрТЕС вміст ртуті більший на 35% за відповідний показник на ПдТЕС (4,32 мг/кг), перевищує ГДК майже втричі і становить 5,83 мг/кг.

Враховуючи, що відстань від джерела забруднення є однаковою, різниця кількості ртуті у ґрунтах I та II пр. м. може бути обумовлена різними обсягами використовуваного вугілля (табл. 2), що підтверджує виключну роль продуктів згоряння вугілля у забрудненні навколишнього середовища ртуттю. Щодо вмісту Pb, в едафотопах на відстані 500 м від ТЕС встановлено перевищення ГДК на I та II пр. м. у 1,5 рази.

Особливості розповсюдження Hg та Pb, на відміну від інших металів (рис. 1), проявляються у перевищенні їх кількості відносно ГДК в едафотопах пробних майданчиків, розташованих на великих відстанях від джерела забруднення (до 7000 м), з урахуванням рози вітрів, тоді як кількість інших досліджуваних важких металів, наприклад Cu, не перевищує ГДК вже на відстані 2000–4000 м. На такому віддаленні від ТЕС встановлено максимальний вміст ртуті і свинцю в едафотопах, які знаходяться у житлових масивах. При віддаленні вміст досліджуваних важких металів знижується до рівня ГДК на відстані 7000 м від джерела забруднення, у приміській зоні.

Максимально забрудненими ртуттю виявилися ґрунти на відстані 2 км від теплової електростанції (4 ГДК), що може бути пов'язане з особливостями руху повітряних мас, висотою труб та незначною масою часточок, що містять ртуть, у складі викидів. При подальшому збільшенні відстані від джерела забруднення вміст ртуті зменшується. Наближення кривої до значень норми зі зростанням відстані вказує на те, що ТЕС є єдиним або найбільшим джерелом забруднення едафотопів ртуттю.

Розподілення Pb у ґрунтах має хвилеподібний характер з максимальним вмістом на відстані 3–4 км на території житлового масиву (2 ГДК). Така особливість може бути наслідком наявності інших джерел надходження свинцю у навколишнє середовище, що впливають на забрудненість ґрунтів даним металом на різних відстанях від теплової електростанції.

Таблиця 3 – Вміст важких металів та коефіцієнти їх накопичення у ґрунтах пробних майданчиків
 Table 3 – The content of heavy metals and coefficients of accumulation in soils of test sites

ТЕС	Пробний майданчик	Відстань, м	Важкі метали*						
			Hg	Pb	Cd	As	Zn	Cu	
КрТЕС	I	500	$5,83 \pm 0,174$ 2,8	$49,24 \pm 0,803$ 1,5	$4,34 \pm 0,130$ 2,9	$10,89 \pm 0,326$ 5,4	$61,52 \pm 1,845$ 0,7	$60,39 \pm 1,811$ 1,1	
		500	$4,32 \pm 0,108$ 2,1	$47,31 \pm 0,993$ 1,5	$7,33 \pm 0,179$ 4,9	$10,22 \pm 0,292$ 5,1	$78,55 \pm 2,230$ 0,9	$25,06 \pm 0,501$ 0,5	
ПдТЕС	II	1000	$6,76 \pm 0,118$ 3,2	$46,05 \pm 0,921$ 1,4	$5,51 \pm 0,145$ 3,7	$8,60 \pm 0,258$ 4,3	$87,35 \pm 1,476$ 1,0	$35,56 \pm 0,935$ 0,6	
		2000	$8,44 \pm 0,226$ 4,0	$25,09 \pm 0,715$ 0,8	$6,26 \pm 0,102$ 4,2	$7,11 \pm 0,206$ 3,6	$68,30 \pm 1,338$ 0,8	$72,24 \pm 1,271$ 1,3	
		3000	$6,35 \pm 0,125$ 3,0	$58,71 \pm 1,109$ 1,8	$1,43 \pm 0,030$ 1,0	$5,64 \pm 0,101$ 2,8	$50,32 \pm 0,930$ 0,6	$38,25 \pm 1,074$ 0,7	
IV	III	4000	$5,77 \pm 0,094$ 2,7	$64,35 \pm 1,802$ 2,0	$1,35 \pm 0,026$ 0,9	$5,85 \pm 0,096$ 2,9	$40,20 \pm 1,204$ 0,5	$28,37 \pm 0,431$ 0,5	
		7000	$2,55 \pm 0,062$ 1,2	$11,62 \pm 0,168$ 0,4	$0,16 \pm 0,004$ 0,1	$1,53 \pm 0,037$ 0,8	$32,18 \pm 0,965$ 0,4	$5,78 \pm 0,130$ 0,1	
V (ботсад)	VI (контроль)	5500	$2,64 \pm 0,052$ 1,3	$12,58 \pm 0,295$ 0,4	$0,23 \pm 0,006$ 0,2	$2,43 \pm 0,072$ 1,2	$25,24 \pm 0,732$ 0,3	$8,43 \pm 0,253$ 0,2	
			$1,78 \pm 0,024$ 0,8	$10,57 \pm 0,230$ 0,3	$0,32 \pm 0,009$ 0,2	$2,11 \pm 0,059$ 1,1	$13,51 \pm 0,397$ 0,2	$4,37 \pm 0,109$ 0,1	

* Примітка: у чисельнику – вміст важких металів, мг/кг; у знаменнику – коефіцієнт накопичення

– Питання біоіндикації та екології. 2019. Вип. 24, № 2 –

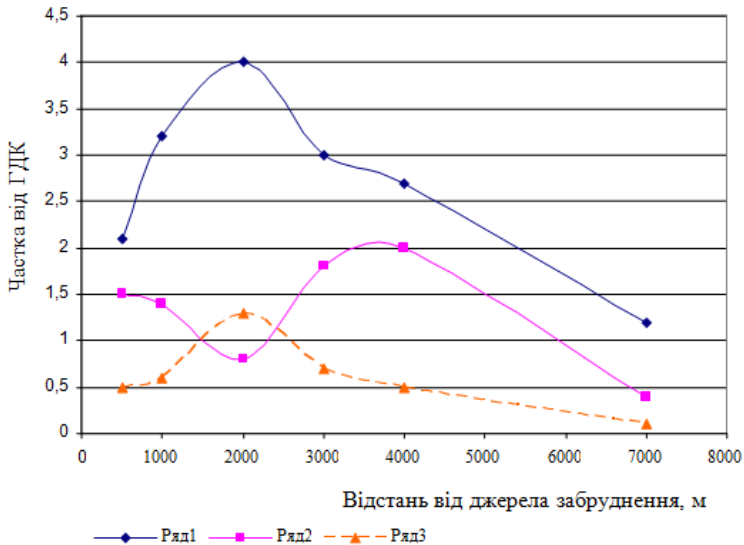


Рисунок 1 – Відносний вміст важких металів у ґрунтах на різних відстанях від Придніпровської ТЕС (ряд 1 – Hg; ряд 2 – Pb; ряд 3 – Cu)

Figure 1 – Relative content of heavy metals in soils at the various distances to Prydniprovsk TPP

Аналіз розповсюдження Hg та Pb – металів I та II класу небезпеки в зоні дії викидів Придніпровської ТЕС у переважаючих напрямках рози вітрів показав перевищення рівня ГДК на відстанях 2–4 км, де знаходяться великі житлові масиви міста Дніпро. Відомо, що особливу небезпеку становлять іони свинцю і ртуті, які знаходяться у ґрунтового поглинальному комплексі і мають синергичні властивості, про що свідчить визначений ГДК для даного комплексу (Pb+Hg: ГДК=20,0+1,0), який є нижчим, ніж для кожного металу окремо (32,8 та 2,1 мг/кг відповідно) [2].

Таким чином, селітебні території в зоні дії викидів ТЕС потребують обов'язкового проведення середовищепокращуючих заходів для запобігання негативних наслідків накопичення ртуті й свинцю та їх сполук. До таких заходів, у першу чергу, належать фітомеліоративні, які дозволяють за

допомогою насаджень вилучати з повітря значну кількість небезпечних речовин – компонентів викидів ТЕС.

Висновки

1. Придніпровська та Криворізька ТЕС є вагомим джерелом екологічно небезпечних викидів у Дніпропетровській області, в результаті роботи яких у повітря потрапляє відповідно 84751 та 146529 т/рік забруднюючих речовин, у тому числі важких металів 422 та 748 т/рік.

2. У вугіллі, що використовується як паливо на ПдТЕС, міститься більша кількість цинку, марганцю, міді, кадмію, ртуті, дещо менша – свинцю, проте з урахуванням обсягів щорічного споживання вугілля, КрТЕС викидає у повітря сполук Рb на 70 % більше, а сполук Hg – металу I класу безпеки – у 3 рази більше.

3. Установлено високий вміст Hg у ґрунтах на відстані 500 м від джерела забруднення – Криворізької ТЕС – 5,83 мг/кг (2,8 ГДК), який на 35 % перевищує показник на Придніпровській ТЕС (2,1 ГДК).

4. Визначено особливості розподілу важких металів у едафотобах в залежності від відстані до ТЕС у переважному напрямку руху повітряних мас. Максимальне накопичення Cd, As, Zn, Cu спостерігається на відстані 500–2000 м, яке досягає 4,9–4,2 ГДК для кадмію; 5,1–3,6 ГДК для миш'яку, і значно нижчих значень для цинку і міді (1–1,3 ГДК).

5. Максимальне накопичення Hg у ґрунтах відзначається на відстані 1000–3000 м, Рb – на відстані 3000–4000 м від джерела забруднення. Вміст Hg в едафотобах у 3–4 рази перевищує ГДК і становить 6,35–8,44 мг/кг, вміст Рb знаходиться в межах 1,8–2,0 ГДК і становить 58,71–64,35 мг/кг.

6. На відстані 4–7 км від джерела забруднення вміст ртуті в ґрунтах залишається високим як на житлових територіях (2,7–1,2 ГДК), так і в умовному контролі в ботанічному саду (1,2 ГДК), в той час як вміст свинцю становить 0,4 ГДК. Найнижчі значення коефіцієнта накопичення Hg і Рb відзначено в ґрунтах екологічно чистої зони – 0,8 і 0,3 ГДК відповідно.

Література:

1. Баранов В. І., Гузь М. М., Гавриляк М. С., Пащук С. П. Вивчення вмісту важких металів у деревних рослин на девастрованих ґрунтах породного відвалу вугільних шахт. Науковий вісник НЛТУ України. 2010. Вип. 20.1. С. 68–72. DOI: <https://doi.org/10.15421/40281001>.

2. Беспамятков Т. П., Кротов Ю. А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Ленинград : Наука, 1985. 528 с. DOI: 10.1007/s11814-015-0137-4.

3. Бессонова В. П., Зайцева І. А. Вміст важких металів у листі дерев і чагарників в умовах техногенного забруднення різного походження. Питання біоіндикації та екології. 2008. Вип. 13, № 2. С. 62–77.

4. Волостнов А. В., Арбузов С. И., Осипова Н. А. [и др.]. Ртуть в углях Сибири. Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты. Матер. Междунар. симпозиума. Москва : ГЕОХИ РАН, 2010. 99–104. DOI:10.1260/0144-5987.27.6.401

5. Гришко В. М., Сициков Д. В., Піскова О.М. [та ін.]. Важкі метали: надходження в ґрунти, транслокація у рослинах та екологічна небезпека. Донецьк, 2012. 306 с.

6. Гришко В. М. Данильчук О. В., Сицикова О. В. Вміст різних за рухомістю форм важких металів в едафотонах, що зазнають техногенного впливу. Вісник Дніпропетр. ун-ту. Серія Біологія. Екологія. 2001. Вип. 10. Т. 1. С. 181–185.

7. Довганич Н. В. Оцінка ступеня забруднення цинком системи ґрунт–вода–рослина території Буришинської теплоелектростанції та зони активного її впливу. Ґрунтознавство. 2011. Т.12, № 3–4. С. 49–54.

8. Евсеева Т., Юранева И., Храмова Е. Механизмы поступления, распределения и детоксикации тяжелых металлов у растений. Физиология растений. 2003. Т. 133. С. 218–229. DOI: 10.1016/j.plantsci.

9. Екологічний паспорт Дніпропетровської області. Дніпропетровськ. 2009. 130 с. DOI:10.31210/viznyk2019.02.08.

10. Жданов В. В., Єрмаченко О. Б., Котов В. С. та ін. Забруднення об'єктів середовища викидами підприємства теплоенергетики як фактор впливу на еколого–гігієнічну

ситуацію. *Питання експер. та клін. медицини. Донецьк : ДонНМУ. 2008. Вип. 12. Т. 1. С. 68–71.*

11. Корнелюк Н. М. Особливості біологічної акумуляції важких металів деревною рослинністю в умовах антропогенного тиску (на прикладі південної промислової зони м. Черкаси. *Вісник Черкаського націон. ун-ту. Серія біол. науки. 2009. Вип. 156. С. 37–44.*

12. Кулагин А. А., Шагиева Ю. А. *Древесные растения и биологическая консервация промышленных загрязнителей. Москва : Наука, 2005. 190 с.*

13. *Мала гірнича енциклопедія / За ред. В. С. Білецького. Донецьк: Донбас, 2004. Т. 1. 640 с.*

14. *Методические указания по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. Москва : Гидрометиздат, 1981. С. 45–73.*

15. Паньків З. Забруднення важкими металами ґрунтів міста Буриштин Івано–Франківської області. *Вісник Львів. ун-ту. Серія географічна. 2007. Вип. 34. С.189–192. DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/vgg.2007.34.2624>.*

16. Сердюк С. Н. *Биогеохимические исследования загрязнения тяжелыми металлами территории г. Днепрпетровска. Вісник аграрної науки. 2008. Вип. 12. С. 177–183.*

17. Тютюнник Ю. Г. *О зависимости содержания тяжелых металлов в городских почвах от уровня загрязнения атмосферы. Агрехимия. 1992. №7. С. 115–117.*

18. Удод Є.І. *Паливно-енергетичні ресурси. Перспективи України. Новини енергетики. 2005. № 1. С. 57–61.*

19. Цветкова Н. Н., Дубина А. О. *Миграция органоминеральных веществ тяжелых металлов в искусственных дубовых насаждениях степной зоны Украины. Вісник Дніпропетр. ун-ту. Біологія. Екологія. 2001. Вип. 9. Т. 1. С. 67–70.*

20. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. *Ртуть в углях – серьезная экологическая проблема. Биосфера. 2010. Т.1, № 2. С. 237–247. doi:10.1029/2004GL021748.*

21. Якуба М. С. Типологічні особливості накопичення важких металів у підстилці та опаді штучних насаджень Присамар'я Дніпровського. *Екологія та ноосферологія*. 2008. Т. 19, № 3–4. С. 67–76. DOI 10.1016/S0038-0717(97)00163-6.

22. Ge Y., Murray P. Trace metal speciation and bioavailability in urban soils. *Environ. Pollut.* 2000. V. 107, № 3. P. 137–144. DOI:10.1016/S0269-7491(99)00119-0.

23. Sterckeman T., Douay F. Vertical distribution of Cd, Pb and Zn in soils near smelters in the North of France. *Environ. Pollut.* 2000. V. 107, № 3. P. 377–389. DOI:10.1016/S0269-7491(99)00165-7.

PECULIARITIES OF HEAVY METAL ACCUMULATION IN EDAPHOTOPES OF URBOPHYTOCENOSSES UNDER THE ACTION OF EMISSIONS OF THERMAL POWER PLANTS

Zaytseva I. O., Povorotnya M. M.

Oles Honchar Dnipro National University

irinza.ldfr@gmail.com

In the areas with intensive technogenic production, including the thermal power plants (TPP), special zones of geochemical contamination are formed. In the territory of Dnipropetrovsk region, the most dangerous enterprises in terms of quantity and toxicity of emissions are Kryvyi Rih TPP and Prydniprovsk TPP. As a result of their operation 84.751 t/year and 146.529 t/year of contaminating agents, including heavy metals (422 t/year and 748 t/year, respectively), are emitted into the air. Impact of these production facilities on the environmental components is still poorly known.

Studies were conducted on four monitoring sites in the area of operation of Kryvyi Rih TPP and Prydniprovsk TPP and sites of conditional control (botanical garden) and control in the environmentally sound area outside the city limits. The content of mobile compounds of heavy metals Pb, Hg, Cu, Zn, Cd in soils was determined by atomic adsorption spectrometry using the atomic spectrograph AAC-115-M1.

Results of studies show that coal used as a fuel at PdTPP consists mostly of zinc, manganese, copper, cadmium, mercury, with slightly less amount of lead, but taking into account the annual coal consumption KrTPP emits 70 % more Pb compounds

and 3 times more compounds of Hg (metal of I hazard category) into the air.

The obtained data show that the content of heavy metals in soils depends primarily on the amount of TPP emissions and the distance to the source of contamination. For example, in the area of operation of more powerful Kryvyi Rih TPP with higher volumes of emissions (compared to Prydniprovsk TPP), the larger quantitative content of Hg, Pb, As and in particular Cu was observed at the distance of 500 m. In the area of operation of PdTPP, at the distance of 500 m, compared to KrTPP, more elements such as Cd and Zn are found in soils, which is due to higher content of these metals in the coal used at the Prydniprovsk TPP. It can also be noted that general features of the environmental impact of thermal power plants lie in the contamination of soils mostly with heavy metals like Hg, the content of which exceeds MPC 2.8 and 2.1 times in the edaphotopes near KrTPP and PdTPP at the distance of 500 m, Cd (2.9 and 4.9 MPC accordingly), As (5.4 and 5.1 MPC), and Pb (1.5 MPC).

Peculiarities of the distribution of heavy metals in edaphotopes depending on the distance from the TPP in the predominant direction of air mass movement are determined. Maximum accumulation of Cd, As, Zn, Cu is observed at the distance of 500–2000 m; it reaches 4.9–4.2 MPC for cadmium, 5.1–3.6 MPC for arsenic, and much lower values for zinc and copper (1–1.3 MPC).

Peculiar features of distribution of Hg and Pb, as distinct from other metals, are manifested in the excess of their amount with regard to MPC in the edaphotopes of test sites located at the large distances from the source of contamination (up to 7000 m), whereas the amount of other heavy metals under study, for example, Cu, does not exceed MPC already at the distance of 2000–4000 m. Maximum accumulation of Hg in soils is recorded at the distance of 1000–3000 m, Pb – at the distance of 3000–4000 m from the contamination source. The content of Hg in the edaphotopes exceeds MPC 3–4 times, making 6.35–8.44 mg/kg; the content of Pb is within 1.8–2.0 MPC and makes 58.71–64.35 mg/kg. Approximation of the curve of Hg content to the normal values with increasing distance indicates that the TPP is the only

source or the largest source of contamination of the edaphotopes with mercury.

Analysis of the distribution of Hg and Pb (metals of I and II hazard categories) in the area of emissions of the Prydniprovsk TPP shows the increase in the level of MPC at the distances of 2–4 km, where large residential estates of the Dnipro city are located. Therefore, residential territories in the area of TPP emissions require the obligatory implementation of the environment improvement measures which primarily include phyto-melioration to prevent the negative effects of accumulation of mercury and lead and their compounds.

DOI <https://doi.org/10.26661/2312-2056/2019-24/2-03>

УДК 582.28:549.28:574.2(477.64)

**БІОІНДИКАЦІЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ В
ОТОЧУЮЧОМУ СЕРЕДОВИЩІ
ЙОНСЕЛЕКТИВНИМИ ЕЛЕКТРОДАМИ
В ОПЕНЬКУ ОСІННЬОМУ**

Луганська О. В., Єщенко Ю. В., Бовт В. Д.

Запорізький національний університет

130805olga@gmail.com

Об'єктом дослідження були їстівні гриби виду *Armillaria mellea* (опеньок осінній) та субстрат, на якому вони зростали. Гриби вирощували за методикою лабораторії клітинної та організменної технології посівного міцелію (методика екстенсивна, субстрат стандартизований). Збирання матеріалу для дослідів (плодові тіла та субстрат) проводилось у різних екологічних районах м. Марганець (у межах міста), в заводському районі, на узбережжі Каховського водосховища та в м. Запоріжжя (район Кушугумської затоки, в районі звалища 3-го Шевченківського району) та в грибах, культивованих у штучних умовах. В кожному районі було взято та проаналізовано 15 проб. Для кожної проби визначали вміст важких металів у плодovому тілі та в субстратах, на яких вони зростали.

Гриби, важкі метали, йони металів, забруднення, концентрація металів, ґрунт, йонселективні електроди

У сучасній Україні практично відсутня достовірна, доступна й зрозуміла населенню інформація про забруднення конкретних ділянок сільськогосподарських угідь тими або

іншими техногенними речовинами, а також про ступінь небезпеки вирощування продовольчої продукції на такому ґрунті. Землекористувачі не мають картограм забруднення ґрунтів, а проведена екологами оцінка носить локальний характер і не спрямована на практичне використання. Більше того, у країні дотепер немає загальноприйнятої концепції охорони й раціонального використання ґрунтових ресурсів.

Усі компоненти екосистем, включаючи ґрунти, рослини, тварин і людину, містять фонові кількості важких металів, що не спричиняють негативного впливу на нормальне функціонування кожного окремого організму й системи в цілому. Перевищення природного рівня концентрації важких металів у живих організмах призводить до порушення метаболізму, викликаючи в людини й тварин ряд захворювань [1, 5]. При природній (фоновій) концентрації важкі метали в ґрунті міцно пов'язані з її складовими частинами, важкодоступні для рослин і не впливають шкідливо, але як тільки умови дозволяють токсичним металам перейти в ґрунтовий розчин, з'являється пряма небезпека забруднення (і ґрунту, і всіх компонентів екосистеми) [2, 5].

Добре відомий той факт, що гриби є екоконцентраторами важких металів. Однак питання про вміст важких металів у субстратах, на яких культивуються гриби, не вивчалоя [1, 3].

Гриби – це найбільша в природі група рослинних організмів, вони надзвичайно різноманітні як за формою, розміром, так і за функціями, що виконують у навколишньому середовищі. Зараз описано близько 100 тис. видів грибів. Вони мають досить своєрідний хімічний склад: поряд з речовинами, які властиві рослинам, у них зустрічаються і такі, що характерні для тварин (наприклад глікоген, хітин).

Хімічний склад їстівних грибів свідчить про те, що в них досить поживних речовин [1]. Одним із способів, що дозволяє трохи урізноманітнити раціон, є споживання в їжу грибів. Їх можна використовувати як приправи до страв, оскільки вони значно поліпшують їх поживність, смак, аромат і сприяють засвоєнню їжі [1, 5].

Поштовхом до проведення біоіндикаторних досліджень є погіршене екологічне становище в нашому регіоні – Запорізькій області і в цілому в Україні. Антропогенний і техногенний вплив на ґрунт в останні десятиліття підсилюються [2,3].

Але універсальної методики очищення ґрунту немає й не буде, оскільки «хімічна дія» з видалення важкого металу завжди залежатиме від характеру даного ґрунту, його властивостей і ступеня забруднення, від реакції рослин, що зростають на ньому, і багатьох інших факторів [1, 5]. Дослідження в даній області останнім часом стали пріоритетними. Тим більше, що в Україні практично відсутня спеціалізована література з цього питання (крім декількох монографій). У Росії такий моніторинг проводиться давно і досить успішно; було опубліковано ряд робіт, присвячених проблемі концентрування важких металів в об'єктах навколишнього середовища [1, 3, 5].

Серед забруднювачів промислового походження найбільш масовими є важкі метали із питомою вагою більшою, ніж у заліза [1, 5].

Сильне коливання природних концентрацій важких металів обумовлює труднощі при оцінці підвищення вихідної їхньої концентрації за рахунок діяльності людини [2, 3, 5].

Важкі метали особливо небезпечні тим, що мають здатність накопичуватися, утворюючи високотоксичні металовмісні сполуки, і потім втручатися в метаболічний цикл живих організмів. Швидко змінюючи свою хімічну форму при переході з одного природного середовища в інше, вони не піддаються біохімічному розкладанню, але вступають у хімічні реакції один з одним і неметалами. Крім того, важкі метали є каталізаторами відомих (і невідомих) хімічних реакцій, у тому числі й протікають у ґрунтах. Ґрунт у свою чергу не тільки накопичує металеві забруднення, але виступає як природний переносник їх в атмосферу, гідросферу й живу матерію [1,5].

Зрозуміло, що найголовніше в житті рослинного світу – це взаємодія хімічних елементів. Збалансованість хімічного складу живих організмів – основна умова їхнього

нормального росту й розвитку, при цьому має значення як нестача, так і надлишок металевих елементів [3, 5].

В екосистемах Землі не можна виділити більш важливі або менш значимі складові частини, оскільки нормальне функціонування їх можливо тільки в збалансованій взаємодії всіх складових. Однак у нашому житті є єдина ланка, піклуючись про яку, можна не втратити надію на виживання людства. Ця ланка – ґрунт, його природний шар. Тонкий, усього в кілька сантиметрів, цей шар годує нас, і, зруйнувавши його, ми погубимо все живе. Техногенне забруднення ґрунту призводить не тільки до втрати родючості й зменшення біомаси, що формується в ньому, але й наступному забрудненню інших.

Актуальність роботи:

1) гриби – макроміцети є ймовірним джерелом отруєнь важкими металами (можливо хронічних);

2) вищі базидіоміцети можна використовувати в якості харчової добавки до раціону людини, як джерело мікроелементів;

3) можливість використання макроміцетів в якості біоіндикаторів забрудненості важкими металами повітря та ґрунту.

Метою роботи було: оцінити роль природних грибів – макроміцетів (опенька осіннього), як екоконцентраторів важких металів, для цього:

1) визначили концентрацію важких металів у плодкових тілах грибів, які ростуть у різних екологічних зонах м. Марганцю та м. Запоріжжя;

2) визначили концентрацію важких металів у субстратах, на яких ростуть гриби в природному середовищі;

3) дослідили роль природних базидіоміцетів, як біоіндикаторів вмісту важких металів у повітрі та ґрунті.

Матеріали та методи досліджень

В умовах сьогодення для визначення важких металів у біологічних об'єктах використовуються спектрофотометрія, полярографія, потенціометрія, йонна хроматографія, атомно-абсорбційна й атомно-емісійна спектроскопія (АЕС) [4]. Але ці методи дуже коштовні та технічно складні. Тому для

визначення вмісту важких металів використали йоноселективні електроди [6]. При їх визначенні особливу увагу звертали на якість реактивів, води, посуду для аналізу, слідували за чистотою в лабораторії.

Всі реактиви, вода, фільтри, посуд і дозуючі прилади було перевірено на забруднення важкими металами, що визначаються. Способом визначення забруднення й обліку його при аналізі слугує контрольний дослід, який включає всі стадії визначення, крім взяття наважки аналізованого матеріалу. Контрольний дослід виконували з кожної серії наважок не менш ніж у триразовому повторенні, а його середній результат віднімали від результатів аналізу зразків.

Якщо в контрольному досліді значення співпадають з кількістю мікроелемента в зразку, то методом виключення знаходять джерело забруднення і усувають його; очищують недоброякісний реактив або замінюють його чистим.

Рухливі форми мікроелементів визначали у повітряно-сухому ґрунті, подрібненому та пропущеному крізь сито з круглими отворами діаметром 2 мм. Висушування, подрібнення та просіювання ґрунту проводили у тих самих умовах і приладах, що і для визначення мікроелементів [4, 6].

Для аналізу здатності плодкових тіл концентрувати важкі метали розраховували коефіцієнт акумуляції за формулою:

$$N=C_1/C_2,$$

де N – коефіцієнт акумуляції;

C₁ – вміст металу в плодкових тілах гриба;

C₂ – вміст металу в субстраті, на якому зростав гриб.

Статистична обробка експериментальних даних проводилась за допомогою комп'ютерної програми Microsoft Excel.

Результати та їх обговорення

Аналіз вмісту важких металів у плодкових тілах опенька осіннього, вирощеного в межах м. Марганець, представлений у таблиці 1.

Концентрація усіх досліджених важких металів у плодкових тілах опенька осіннього, вирощеного в м. Марганець, значно перевищує встановлені гранично

допустимі концентрації (ГДК) (рис. 1). При цьому найбільше в плодових тілах грибів міститься Cd і Pb, спостерігається перевищення ГДК у 3,0 і 2,7 рази, відповідно. Стосовно інших металів (Cu і Zn) перевищення ГДК значно менше – у 1,7 та 1,6 рази, відповідно.

Таблиця 1 – Вміст важких металів у плодових тілах опенька осіннього, вирощеного в м. Марганець

Table 1 – Content of heavy metals in fruiting bodies of honey fungus grown in Marhanets

Важкі метали	Концентрація, мг/кг	ГДК, мг/кг	Коефіцієнт акумуляції
Cu	17,03 ± 0,41	10,0	1,9
Zn	32,34 ± 1,84	20,0	0,5
Pb	1,36 ± 0,56	0,5	0,7
Cd	0,30 ± 0,21	0,1	1,3

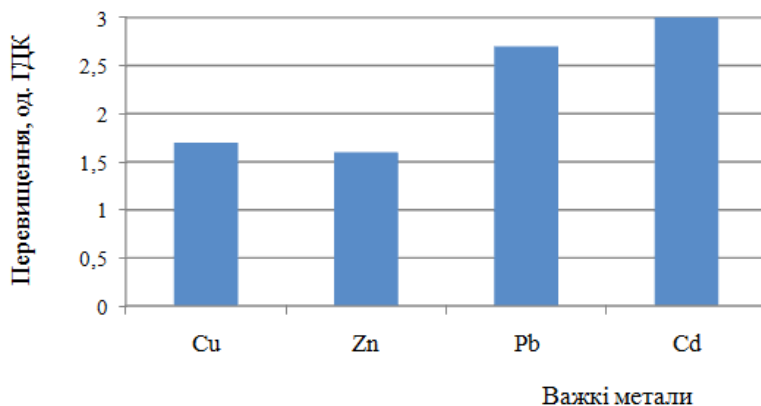


Рисунок 1 – Перевищення вмісту важких металів у плодових тілах опенька осіннього відносно ГДК (м. Марганець)

Figure 1 – Excess of the content of heavy metals in the fruiting bodies of fungi relative to MPC (Marhanets)

Аналіз здатності плодових тіл концентрувати важкі метали показав, що найбільший коефіцієнт акумуляції у плодовому тілі гриба спостерігається для Cu та Cd (1,9 і 1,3,

відповідно). Це означає, що плодове тіло опенька осіннього накопичує більшу кількість важких металів, ніж субстрат. Інші метали (Zn і Pb) не накопичуються у плодових тілах досліджених грибів, оскільки цей показник менший за 1 (табл. 1).

Величини вмісту важких металів у плодових тілах опенька осіннього, вирощеного в заводському (промисловому) районі м. Марганець, наведені у таблиці 2.

Таблиця 2 – Вміст важких металів у плодових тілах опенька осіннього, вирощеного в заводському районі м. Марганець

Table 2 – The content of heavy metals in the fruiting bodies of honey fungus grown in the Factory district of Marhanets

Важкі метали	Концентрація, мг/кг	ГДК, мг/кг	Коефіцієнт акумуляції
Cu	20,20 ± 4,62	10	1,5
Zn	31,62 ± 1,86	20	0,5
Pb	2,63 ± 0,93	0,5	0,4
Cd	0,41 ± 0,23	0,1	0,4

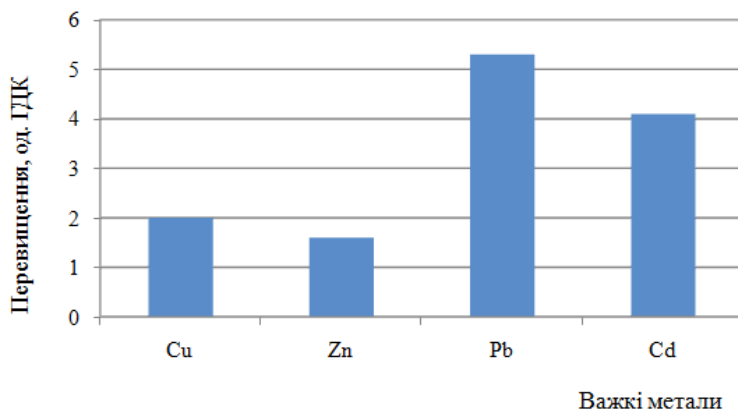


Рисунок 2 – Перевищення вмісту важких металів у плодових тілах опенька осіннього відносно ГДК (заводський район м. Марганець)

Figure 2 – Excess content of heavy metals in the fruiting bodies of fungi relative to MPC (factory district, Marhanets)

Показано, що концентрація усіх важких металів значно перевищує встановлені ГДК. Найбільше в плодових тілах грибів міститься Pb і Cd, спостерігається перевищення ГДК у 5,3 і 4,1 рази відповідно, а стосовно інших металів (Cu і Zn) перевищення ГДК є значно меншим – у 2,0 і 1,6 рази, відповідно (рис. 2).

При цьому найбільший коефіцієнт акумуляції у плодовому тілі гриба спостерігається для Cu (1,5). Це означає, що воно накопичує більшу кількість цього металу, ніж субстрат. Інші метали (Zn, Pb і Cd) плодове тіла опенька осіннього не накопичують, тобто коефіцієнт менший за 1 (табл. 2).

Аналіз вмісту важких металів у плодових тілах опенька осіннього, вирощеного на узбережжі Каховського водосховища м. Марганець, показано в таблиці 3 та на рисунку 3.

Таблиця 3 – Вміст важких металів у плодових тілах опенька осіннього, вирощеного на узбережжі Каховського водосховища, м. Марганець

Table 3 – The content of heavy metals in the fruiting bodies of honey fungus grown on the coast of the Kakhovka reservoir, Marhanets

Важкі метали	Концентрація мг/кг	ГДК, мг/кг	Коефіцієнт акумуляції
Cu	13,60 ± 2,29	10	1,2
Zn	11,91 ± 1,23	20	1,3
Pb	0,56 ± 0,36	0,5	0,3
Cd	0,22 ± 0,14	0,1	0,1

Дослідження показали, що концентрація важких металів (Cu, Zn, Pb, Cd) у плодових тілах опенька осіннього, вирощеного на узбережжі Каховського водосховища м. Марганець, дещо перевищує встановлені ГДК. Найбільше в плодових тілах грибів міститься Cd і Cu, при цьому спостерігається перевищення ГДК у 2,2 і 1,4 рази, відповідно. За вмістом Pb відзначається перевищення ГДК у 1,1 раза. Вміст Zn не перевищує ГДК (рис. 3).

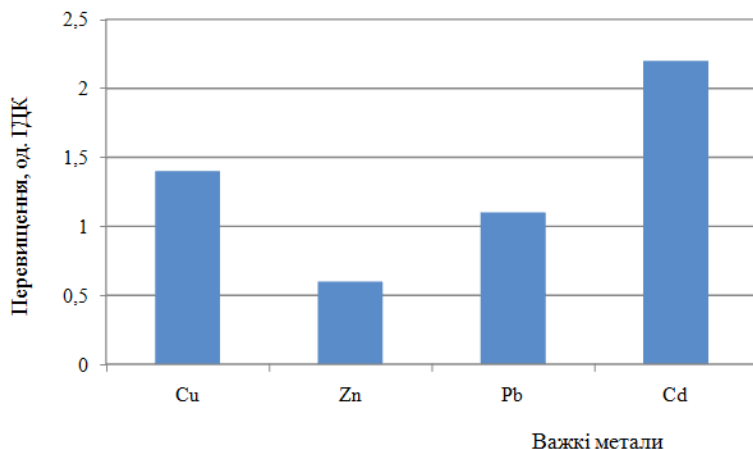


Рисунок 3 – Перевищення вмісту важких металів у плодових тілах опенька осіннього відносно ГДК (узбережжя Каховського водосховища, м. Марганець)

Figure 3 – Excess content of heavy metals in the fruit bodies of fungi relative to MPC (the coast of the Kakhovka reservoir, Marhanets)

Найбільший коефіцієнт акумуляції у плодовому тілі дослідженого гриба спостерігається для Cu та Zn (1,2 і 1,3, відповідно). Отже, плодове тіло опенька осіннього накопичує більшу кількість цих важких металів порівняно зі субстратом. Інші метали (Pb і Cd) плодове тіло гриба не накопичує, тобто $N < 1$ (табл. 3).

Аналіз вмісту важких металів у плодових тілах опенька осіннього, вирощеного в районі Кушугумського залива м. Запоріжжя, відображено в таблиці 4 і на рисунку 4.

Як показано в таблиці 4, концентрація важких металів (Cu, Zn, Pb, Cd) у плодових тілах опенька осіннього, вирощеного в районі Кушугумського залива м. Запоріжжя, значно перевищує встановлені ГДК. Найбільше в плодових тілах грибів міститься Cu і Cd, при цьому спостерігається перевищення ГДК у 2,0 і 2,6 рази, відповідно. Стосовно інших металів – Zn і Pb, – перевищення ГДК менше – у 1,9 та 1,8 рази, відповідно.

Таблиця 4 – Вміст важких металів у плодових тілах опенька осіннього, вирощеного в районі Кушугумського залива, м. Запоріжжя

Table 4 – Content of heavy metals in fruiting bodies of honey fungus grown in the area of Kushugum Bay, Zaporozhzhia

Важкі метали	Концентрація мг/кг	ГДК, мг/кг	Коефіцієнт акумуляції
Cu	19,86 ± 2,29	10	1,6
Zn	38,42 ± 1,23	20	0,6
Pb	0,92 ± 0,36	0,5	0,3
Cd	0,26 ± 0,14	0,1	0,4

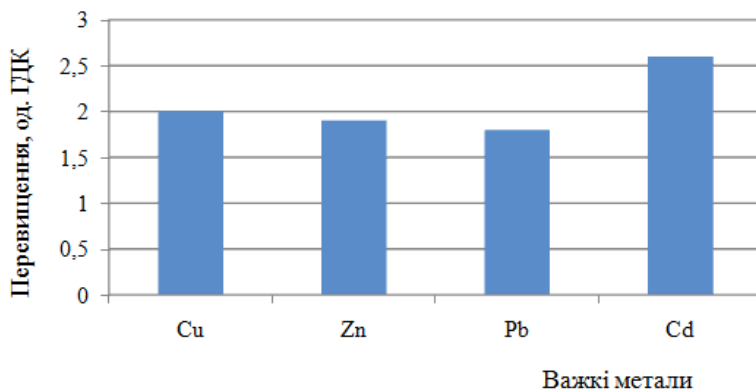


Рисунок 4 – Перевищення вмісту важких металів у плодових тілах опенька осіннього відносно ГДК (район Кушугумського заливу, м. Запоріжжя)

Figure 4 – Excess content of heavy metals in the fruiting bodies of fungi relative to MPC (Kushugum Bay, Zaporizhzhia)

Щодо здатності плодових тіл накопичувати важкі метали, то найбільший коефіцієнт акумуляції спостерігається для Cu (1,6). Отже, плодове тіло опенька осіннього накопичує більшу кількість цього металу, ніж субстрат. Інші метали (Zn, Pb та Cd) плодове тіло гриба не накопичує, оскільки $N < 1$.

Дослідження показали, що концентрація важких металів (Cu, Zn, Pb, Cd) у плодових тілах опенька осіннього,

вирощеного в районі звалища 3-го Шевченківського району м. Запоріжжя, значно перевищує встановлені ГДК. Найбільше в плодкових тілах грибів міститься Cu і Pb, спостерігається перевищення ГДК у 6,9 і 12,3 рази, відповідно (рис. 5). Стосовно інших металів (Zn і Cd) перевищення ГДК було меншим – у 3,7 та 6,7 разів, відповідно. При цьому найбільший коефіцієнт акумуляції в плодovому тілі гриба спостерігається для Cu (1,9). Це означає, що воно накопичує більшу кількість цього металу, ніж субстрат. Інші метали (Zn, Pb і Cd) плодове тіло опенька осіннього не накопичує, про що свідчить величина коефіцієнта акумуляції ($N < 1$) (табл. 5).

Таблиця 5 – Вміст важких металів у плодкових тілах опенька осіннього, вирощеного в районі звалища 3-го Шевченківського р-ну, м. Запоріжжя

Table 5 – The Content of heavy metals in the fruiting bodies of honey fungus grown in the landfill area of the 3rd Shevchenko district, Zaporizhzhia

Важкі метали	Концентрація мг/кг	ГДК, мг/кг	Коефіцієнт акумуляції
Cu	68,83 ± 4,38	10	1,9
Zn	74,04 ± 3,18	20	0,8
Pb	6,16 ± 1,64	0,5	0,3
Cd	0,67 ± 0,37	0,1	0,5

Аналізуючи отримані дані, можна відмітити, що використання цих грибів у їжу є небезпечним у зв'язку з тим, що опеньок осінній є екоконцентратором важких металів (Cu та Pb). Він може викликати отруєння завдяки високому вмісту цих металів у плодкових тілах у разі зростання в екологічно забруднених промислових районах.

В якості контролю, для визначення впливу оточуючого середовища на вміст металів у плодкових тілах опенька осіннього, проводився аналіз вмісту важких металів у його плодкових тілах за культивування у штучних умовах (табл. 6, рис.6).

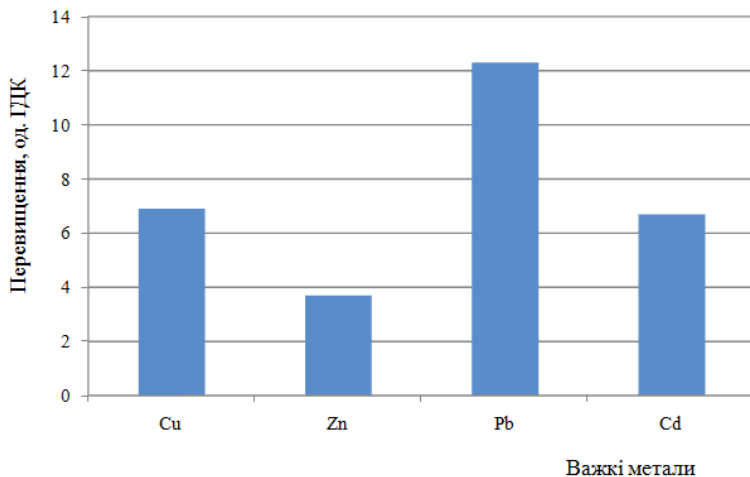


Рисунок 5 – Перевищення вмісту важких металів у плодових тілах опенька осіннього відносно ГДК (район звалища 3-го Шевченківського р-ну, м. Запоріжжя)

Figure 5 – Excess content of heavy metals in the fruiting bodies of fungi relative to MPC (landfill area 3rd Shevchenko district, Zaporizhzhia)

Таблиця 6 – Вміст важких металів у плодових тілах опенька осіннього, культивованого в штучних умовах

Table 6 – Content of heavy metals in fruiting bodies of oyster fungus cultivated in artificial conditions

Важкі метали	Концентрація мг/кг	ГДК, мг/кг	Коефіцієнт акумуляції
Cu	12,331±2,212	10	0,3
Zn	30,641±1,774	20	0,3
Pb	1,037±0,481	0,5	0,1
Cd	0,068±0,353	0,1	0,0

Дослідження показали, що концентрація досліджених важких металів у плодових тілах опенька осіннього, культивованого у штучних умовах, також вища за ГДК. Найбільше в плодових тілах грибів міститься Zn і Pb, при цьому спостерігається перевищення ГДК у 1,5 і 2,1 рази,

відповідно. Вміст Cu був більший за ГДК у 1,2 рази. Концентрація Cd не перевищувала ГДК (рис. 6).

Плодові тіла опенька осіннього, вирощеного у штучних умовах, не акумулюють важкі метали (Cu, Zn, Pb і Cd), оскільки $N < 1$ (табл. 6). Таким чином, контроль за якістю грибної продукції за вмістом важких металів для даного виду можна звести до аналізу на важкі метали субстрату, на якому вирощується цей гриб. Гриби, що були вирощені за цих умов, не здатні викликати отруєння та придатні до їжі.

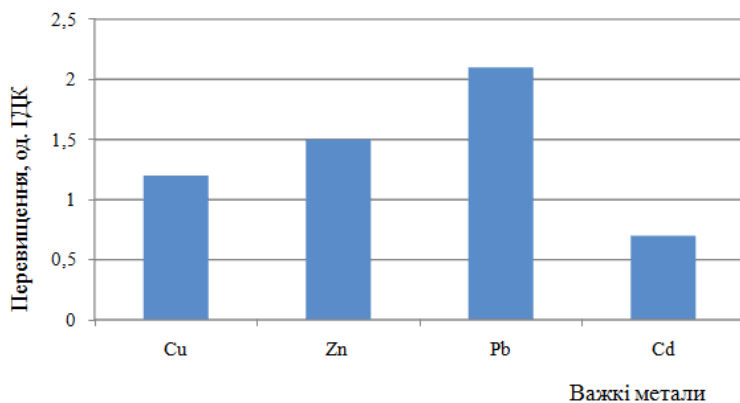


Рисунок 6 – Перевищення вмісту важких металів у плодових тілах опенька осіннього відносно ГДК (штучні умови)

Figure 6 – Excess content of heavy metals in the fruiting bodies of fungi relative to MPC (artificial conditions)

Результати порівняльного аналізу вмісту важких металів у опеньку осінньому, вирощеному за різних екологічних умов, відображено на рисунку 7.

Отже, згідно з даними, представленими на рисунку 7, найбільш оптимальними умовами для вирощування та збору грибів є штучні умови, оскільки це дає можливість слідкувати за концентрацією важких металів у субстраті, а також у плодовому тілі гриба. За цим процесом слідкує санепідемстанція, яка дає дозвіл на продаж цих грибів у торгову мережу.

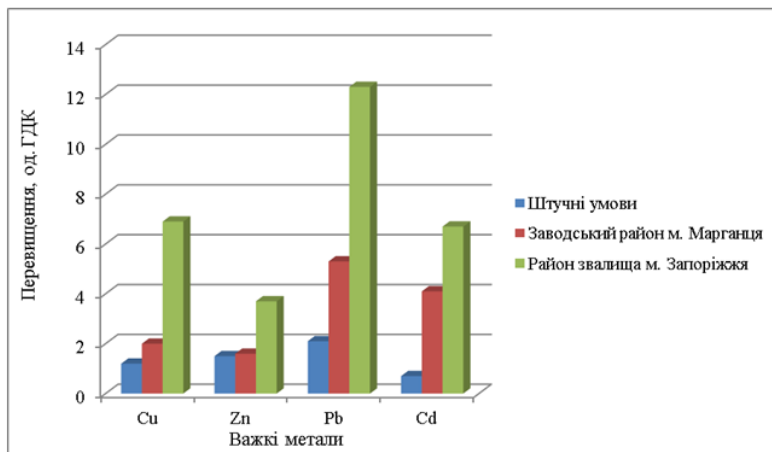


Рисунок 6 – Порівняння вмісту важких металів у грибах, що вирощені за різних екологічних умов (екологічно чистих та різного ступеня забруднення)

Figure 7 – Comparison of heavy metal content in fungi grown under different environmental conditions (environmentally friendly and different degrees of pollution)

Аналізуючи дані по заводському району м. Марганець, можна відмітити, що концентрація Zn у плодових тілах грибів у цьому районі достовірно не відрізняється від концентрації цього металу у плодових тілах грибів, які були вирощені в штучних умовах. Концентрація таких металів, як Cu, Pb і Cd у плодових тілах грибів, за цих умов зростання значно перебільшує їх концентрацію у плодових тілах грибів, що вирощені в штучних умовах. У грибах, які були зібрані у м. Запоріжжя в районі звалища 3-го Шевченківського району, спостерігається найбільша концентрація всіх металів у плодових тілах порівняно з грибами з інших районів. Таким чином, район звалища в м. Запоріжжя є найбільш небезпечним місцем для збору грибів. Вживання цих грибів може призвести до отруєння важкими металами.

Висновки

1. Концентрація важких металів (Cu, Zn, Pb, Cd) у плодових тілах опенька осіннього, вирощеного в м. Марганець і в м. Запоріжжя, значно перевищує встановлені ГДК. Найбільше в плодових тілах грибів, зібраних у м. Марганець, міститься Cd і Pb, а в грибах, зібраних у м. Запоріжжя, – Cu та Pb.

2. Найбільший коефіцієнт акумуляції у плодових тілах грибів відзначається для Cu та Cd.

3. У грибах, які були зібрані у м. Запоріжжя, спостерігається найбільша концентрація всіх металів порівняно з грибами, що зростали в районах з іншими умовами оточуючого середовища.

4. Концентрація важких металів у плодових тілах гриба може бути індикатором екологічної обстановки в місці дослідження.

При наступних дослідженнях можливо виявити шляхом порівняння різних видів гриби, оптимальні для біоіндикації стану оточуючого середовища.

Література:

1. Haselwandter K., Leyval C., Sanders F. E. *Impact of arbuscularmycorrhizal fungi on plant uptake of heavy metals and radionuclides from soil. Impact of ArbuscularMycorrhizal on Sustianable Agriculture and Natural Ecosystems.* / Ed. S. Ginninazzi, H. Schiiep. Basel : BirkhuserVorlag, 1994. P.7.

2. Swift M. I. *The roles of fungi and animals in the immobilization and release of nutrient elements from decomposing branch-wood. Soil Organisms as Component of Ecosystems. Ecd. Bull (Stockholm), 1994. P.25.*

3. Vogt K. A., Edmonds R. L. *Patterns of nutrient consentration in basidiocarps in Western. Can. I. Bot. P.58.*

4. Єщенко Ю. В., Омелянчик Л. О., Бовт В. Д. *Проблеми здоров'я, хвороб і метаболізм металів. Одеса : Купрієнко С. В., 2018. 432 с.*

5. Лакин Г. Ф. *Биометрия: учеб.пособие для биол. спец. ВУЗов. 4-е изд., перераб. и доп. Москва : Высшая школа, 1990. 352 с.*

б. Луганська О. В., Омелянчик Л. О., Коваленко Д. С. *Електрохімічні та аналітичні характеристики іоноселективних електродів, оборотних до біологічно активних речовин: монографія. Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2011. 226с.*

BIOINDICATION OF HEAVY METALS IN THE ENVIRONMENT BY ION-SELECTIVE ELECTRODES IN HONEY FUNGUS

Luganskaya O. V., Eshchenko Y. V., Bovt V. D.

Zaporizhzhia National University

130805olga@gmail.com

The aim of the research was to estimate the role of fungi growing under natural conditions – macromycetes (honey fungus), as ecoconcentrators of heavy metals. In the furtherance of this aim the concentration of heavy metals in the fruiting bodies of fungi that grow in different ecological zones in the city of Marhanets and in the city of Zaporizhzhia was analyzed. Additionally, the concentration of heavy metals in substrates on which fungi grow under natural conditions was determined. The role of natural basidiomycetes as bioindicators of heavy metals in air and soil was investigated.

An object of research was edible mushrooms of the species *Armillariella mella* (honey fungus) and substrate on which they grew. Collection of material for experiments (fruiting bodies and substrates) was conducted in different ecological districts of Marhanets (within the city, p. 6) in the factory district, on the coast of the Kakhovka reservoir) and in the city of Zaporizhzhia (the area of Kushugum Bay, the area of the landfill of the 3rd Shevchenkivsky district and from fungi cultivated under artificial conditions). The content of heavy metals in the fruiting bodies and in the substrates on which they grow was determined for each sample.

The choice of method depends on the feasibility of its application in terms of versatility, ease of implementation, reliability, equipment and the cost of analysis.

To analyze the ability of fruiting bodies to concentrate heavy metals, we calculated the accumulation factor.

Researches have shown that the concentration of heavy metals (Cu, Zn, Pb, and Cd) in the fruiting body of ordinary tree oyster mushroom cultivated under artificial conditions (Table 3.6) also exceeds the MPC.

Most in the fruiting bodies of mushrooms contain Cd and Pb, there is an excess of MPC in 3 and 2.7 times, respectively, and for the metals Cu and Zn excess of MPC is significantly less – 1.7 and 1.6 times, respectively, which is shown in Fig. 1.

The fruiting body of a tree oyster mushroom grown under artificial conditions does not accumulate heavy metals (Cu, Zn, Pb and Cd), that is $N < 1$.

Consequently, the control of the quality of mushroom production by the content of heavy metals for a tree oyster mushroom can be reduced to the heavy metals analysis of the substrate on which this mushroom is grown.

The concentration of heavy metals (Cu, Zn, Pb, Cd) in the fruiting bodies of honey fungus grown in the city of Marhanets and in the city of Zaporizhzhia significantly exceeds the established MPC.

1. Most of the fruiting bodies of mushrooms collected in Marhanets contain Cd and Pb, and mushrooms collected in Zaporizhzhia contain Cu and Pb.

2. The highest coefficient of accumulation in the fruiting bodies of mushrooms is observed for Cu and Cd, which means that the fruiting body of this mushrooms accumulates more of these metals.

3. Mushrooms collected in the city of Zaporizhzhia have the highest concentration of all metals in fruiting bodies comparing to mushrooms that have been analyzed in other regions

The most optimal conditions for the cultivation and collection of mushrooms are artificial conditions, because this makes it possible to monitor the concentration of heavy metals in the substrate and in the fruiting body of the mushrooms.

DOI <https://doi.org/10.26661/2312-2056/2019-24/2-04>

УДК 630*114.351:631.416:625.77(477.6)

**НАКОПИЧЕННЯ МАКРОЕЛЕМЕНТІВ В ОПАДІ
ДЕРЕВНИХ РОСЛИН ПРИДОРОЖНЬОГО
НАСАДЖЕННЯ
(ВЗДОВЖ ТРАСИ ДНІПРО-ЗАПОРІЖЖЯ)**

Пономарьова О. А.

*Дніпровський державний аграрно-економічний
університет*

l.ponomareva@i.ua

Аналіз вмісту макроелементів в опаді дерев примагістральної лісосмуги показав видову специфічність у накопиченні заліза, магнію та фосфору і невисоку різницю щодо вмісту кальцію. Такі види як *Robinia pseudoacacia* L. і *Ulmus pumila* L. накопичують значну кількість заліза і магнію, *Acer platanoides* L. – залізо, кальцій і фосфор, *Fraxinus lanceolata* Borkh. – кальцій і магній, *Catalpa bignonioides* Walter – магній і фосфор, *Armeniaca vulgaris* L. – кальцій і фосфор. Пропонується враховувати ці результати під час підбору порід для захисних насаджень як ті, що мають високу здатність до виносу і накопичення біогенних елементів.

*Захисні примагістральні лісосмуги, залізо, кальцій, магній,
фосфор, опад*

На сучасному етапі рівень антропогенного впливу на навколишнє середовище постійно посилюється. Однією з головних проблем є збільшення кількості наземного транспорту, але часто дороги, які побудовані ще за радянських часів, не розраховані на сучасну кількість машин. Виняткову роль у підтримці екологічної рівноваги при цьому виконують захисні лінійні насадження (ЗЛН). За стійкістю і пристосованістю до змін зовнішніх умов вони перевершують усі інші екосистеми [6]. Меліоративна дія захисних лісових насаджень зростає, коли вони створюють взаємодіючу систему і займають значну територію – багатоярусні придорожні насадження мають найбільший шумопоглинальний ефект, якщо їх ширина складає не менше 30 м [5]. Особливо велике значення ЗЛН для степових районів, які характеризуються посушливими умовами [15].

Переважна більшість примагістральних лісосмуг степової зони України складаються тільки з листяних порід

[2, 11], що сприяє накопиченню великої кількості щорічного опаду. Деревна рослинність внаслідок добре розвинутої кореневої системи здатна вилучати мінеральні речовини зі значної глибини і збагачувати верхній шар ґрунту, повертаючи їх разом з опадом. Головним постачальником опаду виступає деревостан у віці 40–60 років, тобто у період максимального росту. Складна структура насаджень сприяє збільшенню маси опаду[10].

Метою роботи було дослідити вміст Fe, Mg, Ca та P і визначити зольність у листовому опаді деревних насаджень захисних примагістральних лісосмуг траси М-18 (від м. Дніпро до м. Запоріжжя).

Матеріали та методи досліджень

Об'єктами виступали 2–3-рядні лісосмуги переважно змішаного складу. Для аналізу вмісту макроелементів було обрано види дерев, що переважають в захисних смугах даного регіону: *Armeniaca vulgaris* Lam., *Ulmus pumila* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Juglans regia* L., *Catalpa bignonioides* Walter, *Acer platanoides* L., *Acer saccharinum* L. та *Acer negundo* L., *Tilia cordata* Mill., *Robinia pseudoacacia* L., *Populus bolleana* Louche., *Elaeagnus angustifolia* L., *Morus alba* L. та *Fraxinus lanceolata* Borkh. В сумі ці породи складають 97,8% на дослідній ділянці, кожний вид представлений не менш ніж 30-ма екземплярами на дослідному відрізьку траси.

Відбір опаду здійснювали в примагістральних лісосмугах траси Дніпро-Запоріжжя наприкінці жовтня з використанням шаблону (розміром 100×100 см). Зі сформованої середньої проби відбирали зразки для хімічного аналізу. Вміст макроелементів (Fe, Mg, Ca, P) визначали за Х. Г. Починком [12] та А. С. Радовим [13] у трьох повтореннях. Зразки висушували до повітряно-сухого стану в сушильній шафі при температурі +105 °С. Проби повітряно-сухого матеріалу озольяли за температури +450 °С в муфельній печі. Статистичну обробку отриманих даних проводили за допомогою пакету прикладних програм «Statistic for Windows».

Результати та їх обговорення

Проведені дослідження показали, що зольність опадів досліджених деревних видів сягає 4,1–8,3 %. Найбільшою зольністю характеризується опад *Catalpa bignonioides* (8,3 %), а також *Acer negundo* та *Ulmus pumila*, найменшою – *Aesculus hippocastanum* (4,1 %) і *Juglans regia* (4,3 %) (рис. 1).

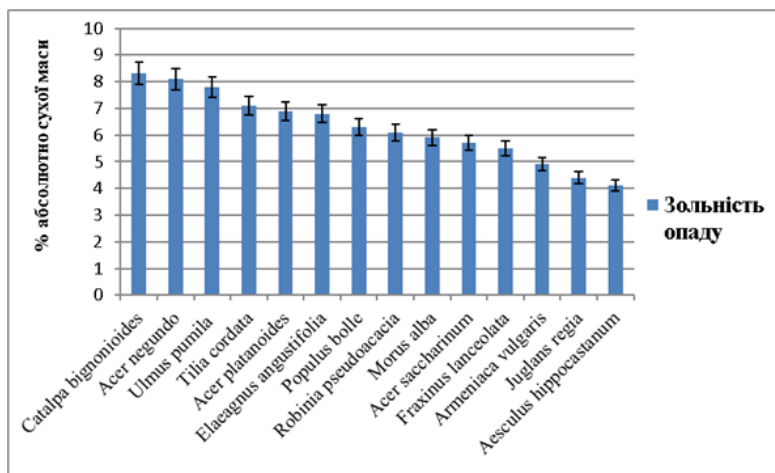


Рисунок 1 – Зольність опадів деревних рослин придорожньої лісосмуги, % абсолютно сухої маси

Figure 1 – Ash content of the leaf fall of roadside planting, % of absolutely dry weight

Залізо відіграє провідну роль серед всіх важких металів, що містяться в рослинному організмі. Середній вміст заліза в рослинах становить 0,02–0,08 % (20–80 мг/кг сухої маси). Тому фактори, що обмежують доступність заліза для рослин, призводить до хлорозу. Часто нестача заліза спостерігається на лужних і вапняних ґрунтах, де високі величини рН перешкоджають його поглинанню [8].

Встановлено, що концентрація заліза в листовому опаді деревних рослин придорожньої лісосмуги коливається в межах 0,009–0,039 %. Найбільший вміст Fe характерний для *Aesculus hippocastanum*, а найменший – для *Populus bolleana* та *Elaeagnus angustifolia*. Досліджувані породи за вмістом

заліза у листовому опаді розміщуються наступним чином: *Populus bolleana* ≤ *Elaeagnus angustifolia* < *Fraxinus lanceolata* < *Juglans regia* < *Catalpa bignonioides* < *Armeniaca vulgaris* < *Morus alba* < *Tilia cordata* < *Acer negundo* ≤ *Robinia pseudoacacia* ≤ *Acer platanoides* ≤ *Acer saccharinum* < *Ulmus pumila* < *Aesculus hippocastanum* (рис. 2). І. І. Сараненко також встановила високу здатність гіркокаштану звичайного до акумуляції важких металів, зокрема заліза, на забруднених територіях [14]. Але, наприклад, С. Н. Коношина та С. Н. Хилкова [7] відмічають в аналогічних умовах низький вміст заліза в опаді *Aesculus hippocastanum* порівняно з іншими листовими породами.

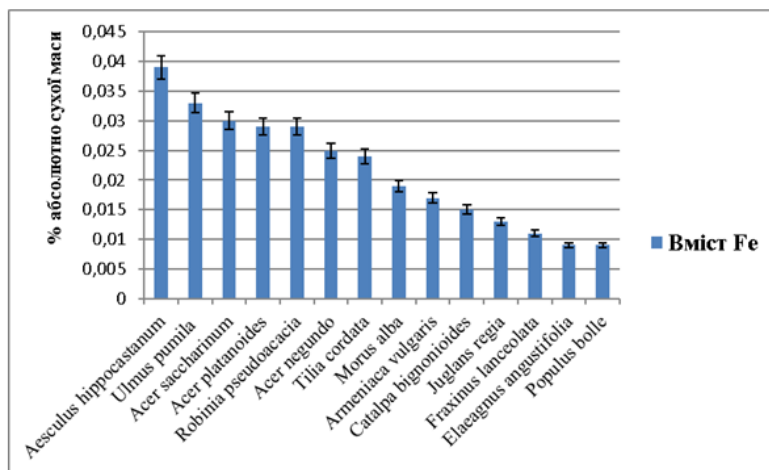


Рисунок 2 – Вміст заліза в листовому опаді деревних рослин, % абсолютно сухої маси

Figure 2 – Iron content in the leaf fall of woody plants, % of absolutely dry weight

Магній входить до молекули хлорофілу і бере участь у роботі ряду ферментних систем, у підтриманні цілісності рибосом. Відомо також, що магній входить до складу молекули хлорофілу, і ступінь його накопичення може гальмуватися низьким рівнем освітлення [4].

Концентрація магнію в опаді деревних рослин примігстральної лісосмуги коливається в межах 0,16–0,42 %, що дещо перевищує середній вміст в рослинах, який складає 0,17 % [9]. Найбільший вміст елемента було виявлено у *Fraxinus lanceolata*, а також у *Catalpa bignonioides* і *Robinia pseudoacacia*. Найменша концентрація спостерігалась в опаді *Aesculus hippocastanum* і *Elaeagnus angustifolia* (рис. 2). Також досить низький вміст цього елемента, порівняно з іншими породами, виявлено у *Tilia cordata* і *Acer negundo*. Таку тенденцію до накопичення цього елемента спостерігали і в листках цих деревних рослин влітку – лідером за вмістом магнію був *Fraxinus lanceolata*, а найменша кількість виявлена у *Aesculus hippocastanum* [3].

Треба відмітити дещо більш високу концентрацію магнію в листовому опаді придорожнього насадження порівняно з лісовим [1], але тільки для інтродукованих порід (рис. 3). Вміст магнію в опаді липової і берестово-ясеневі дібров не перевищував 0,28 %, що відповідає нашим даним для відповідних деревних видів.

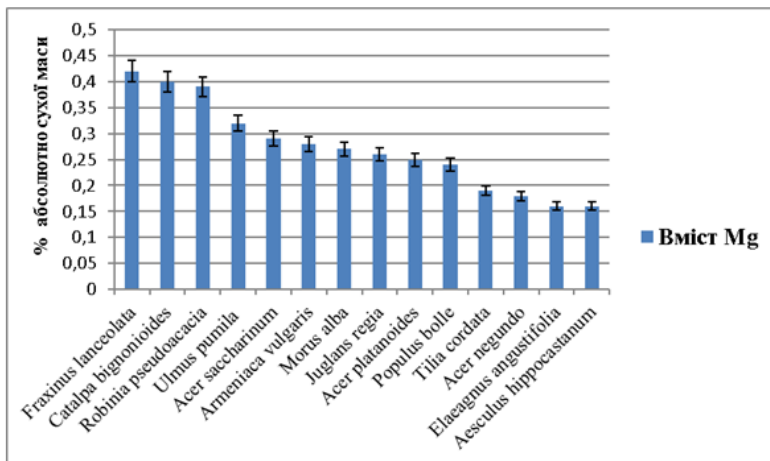


Рисунок 3 – Вміст магнію в опаді деревних рослин, % абсолютно сухої маси

Figure 3 – Magnesium content in the leaf fall of woody plants, % of absolutely dry weight

Кальцій у значних кількостях виявляється в клітинних стінках і впливає на їх еластичність. Він бере участь також у метаболізмі азоту, активує кілька ферментів і є відносно малорухливим. За нестачі кальцію пошкоджуються меристематичні ділянки, особливо кінчики коренів. Надлишок цього елемента часто накопичується у вигляді кристалів оксалату кальцію в листках та здерев'янілих тканинах [9].

Концентрація кальцію в опаді деревних рослин придорожньої лісосмуги коливається в межах 1,84–2,47%. Найменше його в опаді *Ulmus pumila*, *Catalpa bignonioides*, *Aesculus hippocastanum*, *Elaeagnus angustifolia* та *Acer saccharinum*. Деяко більше кальцію накопичується в опаді *Robinia pseudoacacia*, *Morus alba*, *Acer negundo*, *Populus bolleana*, *Fraxinus lanceolata*, *Tilia cordata*, *Juglans regia* та *Acer platanoides*. Максимальна його кількість виявлена у *Armeniaca vulgaris* (рис. 4).

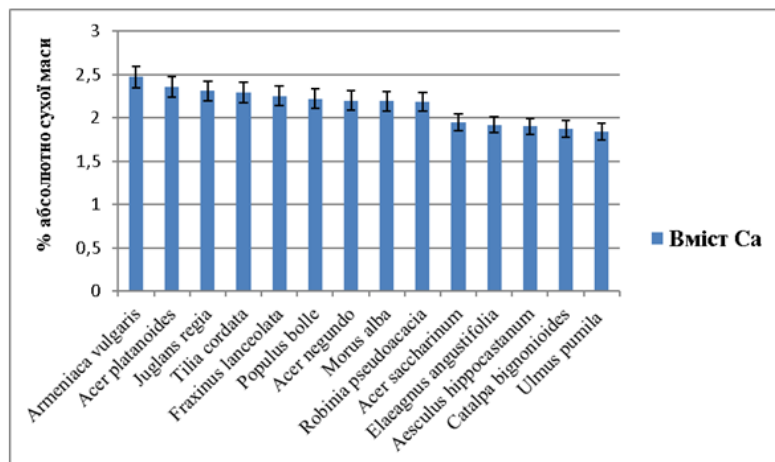


Рисунок 4 – Вміст кальцію в опаді деревних рослин, % абсолютно сухої маси

Figure 4 – Calcium content in the leaf fall of woody plants, % of absolutely dry weight

Отже, вміст кальцію варіює в дуже вузькому діапазоні, тобто спостерігається слабка видоспецифічність за вмістом даного елемента в опаді дерев придорожнього насадження. Треба відмітити, що кількість кальцію в 1,5 рази перевищує його вміст в опаді байрачного насадження [1]. За даними М. Фритче та Г. Бекер [16], накопиченню цього елемента в придорожніх екосистемах сприяє знос проїжджої частини, транспортування будівельних матеріалів і добрив, а також природні процеси (ерозія прилеглого ґрунтового покриву), та використання протижелезних реагентів.

Фосфор відноситься до найбільш значимих елементів у житті рослин, приймає участь у найважливіших біохімічних процесах. Виявлено, що вміст фосфору в опаді представників різних деревних видів коливається в межах 0,12–0,35%. Найбільшу кількість даного елемента спостерігали у *Catalpa bignonioides* (0,35%), досить багато цього елемента притаманно опаді *Armeniaca vulgaris*, *Morus alba* та *Acer platanoides*. Найменша концентрація фосфору визначена у *Robinia pseudoacacia* (0,12%), мало цього елемента виявлено і в опаді *Fraxinus lanceolata* та *Acer saccharinum* (рис. 5).

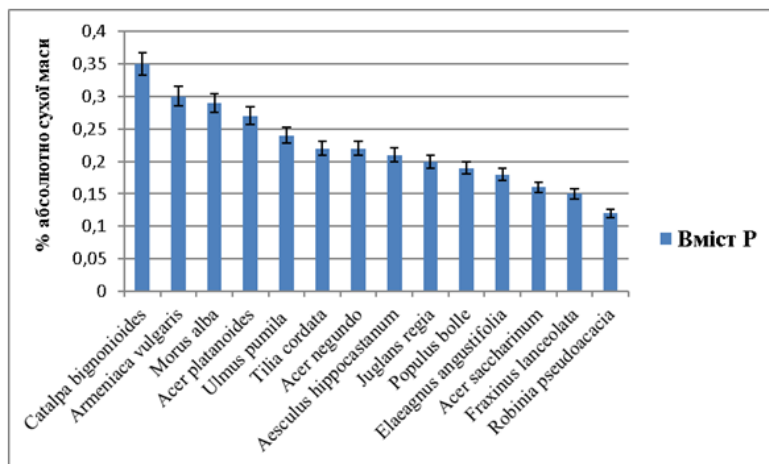


Рисунок 5 – Вміст фосфору в опаді деревних рослин придорожньої лісосмуги, % абсолютної сухої маси

Figure 5 – Phosphorus content in the leaf fall of woody plants, % of absolutely dry weight

Отже, за підсумком можна відзначити, що *Robinia pseudoacacia* і *Ulmus pumila* накопичують значну кількість заліза і магнію, *Acer platanoides* – заліза, кальцію і фосфору, *Fraxinus lanceolata* – кальцію і магнію, *Catalpa bignonioides* – магнію і фосфору, *Armeniaca vulgaris* – кальцію і фосфору (табл. 1).

Таблиця 1 – Розподіл деревних видів за ступенем накопичення макроелементів в опаді

Table 1 – Distribution of tree species by the degree of accumulation of macroelements in the leaf fall

Елемент	Породи з найбільшим вмістом даного елемента в опаді
Fe	<i>Aesculus hippocastanum</i> , <i>Ulmus pumila</i> , <i>Acer saccharinum</i> і <i>Acer platanoides</i> , <i>Robinia pseudoacacia</i>
Mg	<i>Fraxinus lanceolata</i> , <i>Catalpa bignonioides</i> , <i>Robinia pseudoacacia</i> , <i>Ulmus pumila</i>
Ca	<i>Armeniaca vulgaris</i> , <i>Acer platanoides</i> , <i>Juglans regia</i> , <i>Tilia cordata</i>
P	<i>Catalpa bignonioides</i> , <i>Armeniaca vulgaris</i> , <i>Morus alba</i> , <i>Acer platanoides</i>

Оскільки вищезазначені елементи є біогенними, високий вміст їх в опаді окремих порід можна розглядати як позитивний вплив на збагачення ґрунту в придорожніх насадженнях. Це можна враховувати при доборі деревних видів для лісозахисних конструкцій.

Серед досліджених видів треба також виділити такі, у яких опад найбільшій за визначеними елементами. До таких деревних порід належить *Elaeagnus angustifolia* та *Populus bolleana*.

Висновки

1. Встановлено, що концентрація заліза в листковому опаді деревних рослин придорожньої лісосмути коливається в межах 0,009–0,039 %, магнію – від 0,16 до 0,42 %, кальцію – від 1,84 до 2,47 %, фосфору – в межах 0,12–0,35 %.

2. Опад *Robinia pseudoacacia* і *Ulmus pumila* містить значну кількість заліза і магнію, *Acer platanoides* – залізо, кальцій і фосфор, *Fraxinus lanceolata* – кальцій і магній,

Catalpa bignonioides – магній і фосфор, *Armeniaca vulgaris* – кальцій і фосфор. Опад *Catalpa bignonioides*, *Acer negundo* та *Ulmus pumila* також характеризується високою зольністю. Можна рекомендувати ці види для лісосмуг як рослини, що найбільш ефективні у збагаченні ґрунту вищезазначеними макроелементами.

Література:

1. Бессонова В. П., Пономарьова О. А. Водопоглощающая способность и макроэлементный состав опада и подстилки природных дубовых биогеоценозов байрачного леса северной степи Украины. *Știința agricolă*. 2018. № 1. С.77–84.

2. Бессонова В. П., Пономарьова О. А. Порівняльна оцінка життєвого стану інтродукованих і аборигенних деревних рослин примагістральної лісосмуги траси Дніпропетровськ–Донецьк. *Інтродукція рослин*. 2016. № 4 (72). С. 65–71.

3. Вовк А. О., Пономарьова О. А. Динаміка вмісту Fe, Ca, Mg в листках дерев примагістральної лісосмуги траси Дніпро-Запоріжжя. *Матеріали сьомої Міжнародної науково-практичної конференції «Рослини та урбанізація»*, 3 березня 2018. Дніпро, 2018. С.137–140.

4. Громыко О. И. Влияние температуры и освещенности на поглощение и распределение магния и других катионов в растениях. Автореф. дис. канд. биол. наук. Москва, 1968. 18 с.

5. Иванисова Н. В., Давыденко Н. М., Куринская Л. В., Колесников С. И. Влияние придорожных лесонасаждений на шумопоглощение и освещенность. *Успехи современного естествознания*. 2018. № 11–1. С. 37–42; URL: <http://www.natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36902> (дата обращения: 04.09.2019).

6. Иванова А. С. Влияние параметров придорожных лесных полос на снижение шума вблизи автомобильных дорог (на примере Саратовского правобережья): дис.... канд. биол. наук : 03.02.08 / Саратов, 2014. 118 с.

7. Копылова Л. В. Аккумуляция железа и марганца в листьях древесных растений в техногенных районах

Забайкальського края. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук.* 2010. № 1–3. С. 709–712.

8. Коношина С. Н., Хилкова С. Н. Накопление ионов тяжелых металлов в листовом опаде различных видов древесных растений на урбанизированных территориях. *Вестник Орловского государственного аграрного университета.* 2015. № 2. С. 29–35.

9. Крамер П. Д., Козловский Т. Д. Физиология древесных растений: Пер. с англ. Москва : Лесн. пром-сть, 1983. 464 с.

10. Луганский Н. А., Залесов С. В., Щавровский В. А. Лесоведение: учебное пособие. Урал. гос. лесотехн. академия. Екатеринбург, 1996. 373 с.

11. Пономарева Е. А. Анализ состояния защитных придорожных насаждений трассы Днепропетровск-Запорожье. *Вестник Донского государственного аграрного университета.* № 3 (17.1), 2015. Часть 1. С. 52–60.

12. Починок Х. Н. Методы биохимического анализа растений. Киев : Наукова думка, 1976. 132 с.

13. Радов А. С., Пустовой И. В., Корольков А. В. Практикум по агрохимии. Москва : Колос, 1965. 377 с.

14. Сараненко І. І. Екологічні особливості поглинання важких металів деревними рослинами північної частини міста Кременчука. *Біологічні системи.* 2015. Т. 7, Вип. 2. С. 206–210.

15. Фурдичко О. І., Стадник А. П. Лісові меліорації як основний фактор стабілізації степових екосистем. *Екологія та ноосферологія.* 2008. Т. 19, № 3–4. С. 13–24.

16. Fritsche M., Becker G. Schadstoffgehalte von Bankettschäl und Kehrgut und deren umweltverträgliche Entsorgung. *Forschungsbericht FE. No. 03.222-R-90-I. Münster: Fachhochschule Münster Verlag,* 1992. 165 p.

THE ACCUMULATION OF MACROELEMENTS IN THE LEAF FALL OF ROADSIDE PLANTATIONS (ALONG THE DNIEPER-ZAPORIZHZHIA HIGHWAY)

Ponomaryova E. A.

Dnipro State Agrarian and Economic University

lponomareva@i.ua

The root systems of woody plants are capable of extracting minerals from considerable depth and enriching the topsoil with the help of leaf fall. The highest volume of leaf fall is given by the stand of complex structure during the period of maximum growth. The multi-tiered structure of the trees plantations contributes to the increase in the mass of leaf fall.

The contents of Fe, Mg, Ca, P and the ash content in the leaf fall of roadside shelterbelts of the M-18 route (on the section from Dnipro to Zaporizhzhia) were investigated. The objects were 2–3-row forest belts of predominantly mixed composition.

Species of trees that prevail in the shelterbelts of a given region are *Armeniaca vulgaris* Lam., *Ulmus pumila* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Juglans regia* L., *Catalpa bignonioides* Walter, *Acer platanoides* L., *Acer saccharinum* L. та *Acer negundo* L., *Tilia cordata* Mill., *Robinia pseudoacacia* L., *Populus bolleana* Louche., *Elaeagnus angustifolia* L., *Morus alba* L. and *Fraxinus lanceolata* Borkh. Leaf fall selection was carried out in the forest belts at the end of October.

It was found that the concentration of iron in the leaf fall of woody plants ranges from 0.009–0.039 %. The highest Fe content is typical for *Aesculus hippocastanum*, slightly less for *Robinia pseudoacacia*, *Acer platanoides*, *Acer saccharinum*, *Ulmus pumila*. Small amount of this element is found in the litter of *Populus bolleana* and *Elaeagnus angustifolia*. The magnesium content of woody plants of primary trunk forests ranges from 0.16–0.42 %. The highest content of this element was found in *Fraxinus lanceolata*, *Catalpa bignonioides* and *Robinia pseudoacacia*. The lowest concentration was observed in leaf litter of *Aesculus hippocastanum* and *Elaeagnus angustifolia*.

The concentration of calcium in the leaf fall of trees of the roadside planting ranges from 1.84–2.47 %. The maximum amount of calcium was found in *Armeniaca vulgaris*, the lowest in

the leaf falls of *Ulmus pumila*, *Catalpa bignonioides*, *Aesculus hippocastanum*, *Elaeagnus angustifolia* and *Acer saccharinum*.

The phosphorus content of the representatives of different tree species ranges from 0.12–0.35 %. The highest amount of this element was observed in *Catalpa bignonioides* (0.35 %), large percentage of this element characterizes *Armeniaca vulgaris*, *Morus alba* and *Acer platanoides*. The lowest phosphorus concentration was detected in *Robinia pseudoacacia* (0.12 %).

The highest ash content was found in leaf falls of *Catalpa bignonioides*, as well as *Acer negundo* and *Ulmus pumila*. The smallest amount of ash content was detected in *Aesculus hippocastanum* and *Juglans regia*.

Thus, *Robinia pseudoacacia* and *Ulmus pumila* accumulate significant amounts of iron and magnesium, *Acer platanoides* – iron, calcium and phosphorus, *Fraxinus lanceolata* – calcium and magnesium, *Catalpa bignonioides* – magnesium and phosphorus, *Armeniaca vulgaris* – calcium and phosphorus. In tree species such as *Elaeagnus angustifolia* and *Populus boleana*, the leaf fall is the poorest by content of certain elements.

– *Питання біоіндикації та екології. 2019. Вип. 24, № 2* –

– **Розділ 2 Фітоекологія та озеленення міських територій** –

DOI <https://doi.org/10.26661/2312-2056/2019-24/2-05>

УДК 581.2

**ОСОБЛИВОСТІ АКУМУЛЯЦІЇ ДЕЯКИХ ВАЖКИХ
МЕТАЛІВ ОРГАНАМИ АСИМІЛЯЦІЇ ВИДІВ РОДУ
POPULUS L. ТА РОЗВИТОК ПРОЦЕСІВ
ПЕРОКСИДАЦІЇ**

¹Данильчук О. М., ¹Гришко В. М., ²Павлюкова Н. Ф.

¹Криворізький ботанічний сад НАН України,

²Дніпровський державний аграрно-економічний університет
vitgryshko@i.ua

Вищі організми в процесі еволюції не виробили спеціалізованих пристосувань і механізмів, що забезпечують їм пріоритетний захист від надлишкового забруднення довкілля важкими металами. Виживання рослин на техногенно забруднених територіях, очевидно, забезпечується за рахунок механізмів надійності, лабільності, репараційних і преадаптаційних можливостей їх функціональних систем. Метою досліджень було оцінити особливості транслокації нікелю, цинку, кадмію, плюмбуму і купруму з ґрунту до асиміляційних органів рослин та інтенсивність процесів пероксидації в листках. Проаналізовано дані вмісту важких металів у листках вкорінених у субстраті (чорнозем звичайний) живців *Populus italica* (DuRoi) Moench, *P. deltoides* Marsh., *P. simonii* Cogn., *P. candicans* Ait. в модельних експериментах за дії впродовж двох місяців розчинами суміші сполук важких металів у гранично допустимій концентрації (ГДК), 5 ГДК і 10 ГДК. Максимальний рівень акумуляції іонів цинку та кадмію в листках вивчених видів встановлено у *P. italica* і *P. deltoides*. При внесенні до ґрунту важких металів у концентраціях 5 і 10 ГДК в асиміляційних органах рослин цих видів акумулювалось в 2,4 і 2,9 рази більше іонів цинку, ніж у *P. simonii* і *P. candicans* відповідно. За результатами проведених експериментів досліджені види розподілені на групи з високим та низьким рівнем транслокації металів до листків. Вміст ТБК-активних продуктів пероксидації і первинних продуктів процесу пероксидного окиснення ліпідів, у більшості випадків, інтенсивніше підвищується у видів секції *Tacamahaca* (*P. simonii* і *P. candicans*), ніж у видів секції *Aegerus* (*P. simonii* і *P. candicans*). Встановлене може пояснюватись більшою інтенсивністю функціонування антиоксидантних систем захисту клітин у

останньої групи видів навіть за більшої акумуляції йонів важких металів у тканинах листків.

Populus italica, P. deltoides, P. simonii, P. candicans, важкі метали, акумуляція, пероксидація ліпідів

Під впливом різних глобальних процесів – природних, а в останній час і антропогенних, змінюються умови життя на Землі. Поряд зі змінами клімату, за господарської діяльності людини створюються нові, специфічні екосистеми, в яких повинні, а іноді і вимушені, виживати рослини [7, 8, 12]. Постійно ведуться роботи з інтродукції різних видів рослин у різноманітні екотопи. З цих причин на всіх напрямках наукової і господарської діяльності стає необхідною оцінка адаптивного потенціалу рослин [9, 11 19].

На відміну від природних абіотичних факторів (висока, або низька температура, надлишок, або дефіцит вологи та ін.), що діють на рослинні організми, як правило, не тривалий час, емісії промислових виробництв часто впливають на рослини протягом всього онтогенезу. Вищі організми в ході еволюції не виробили спеціалізованих пристосувань і механізмів, що забезпечують їм пріоритетний захист від надлишкового забруднення довкілля [9, 17]. Виживання рослин на техногенно забруднених територіях, очевидно, забезпечується за рахунок механізмів надійності, лабільності, репараційних і преадаптаційних можливостей їх функціональних систем, здатності організмів до фізіолого-біохімічної адаптації [6, 20].

Тому однією з основних проблем сучасної біології є виявлення впливу на рослинні організми екологічних стресів. Дослідженням пристосувальних змін та перебігу фізіологічних процесів, що відбуваються під їх впливом, займається екологічна фізіологія, яка останнім часом активно розвивається [13, 17, 23]. Саме фізіологічна пластичність визначає перспективи виживання та продуктивності рослин, що безпосередньо пов'язано з використанням у народному господарстві стійких видів до дії тих чи інших стресових факторів. У зв'язку зі збільшенням забруднення навколишнього середовища важкими металами, значно підвищився інтерес до вивчення їх впливу на адаптаційні можливості та толерантність рослин. Одним з основних джерел надходження важких металів у довкілля є промислові

викиди підприємств гірничо-рудного комплексу. В Європі найвища концентрація останніх зосереджена на території Криворізького залізорудного басейну, тому дослідження вищезазначених питань в регіоні набуває ще більшої актуальності.

Тополі (*Populus L.*) належать до швидкоростучих високопродуктивних порід, які широко використовуються в озелененні та народному господарстві. Завдяки цим особливостям, види зазначеного роду є найбільш вдалими об'єктами серед деревної рослинності для дослідження фізіолого-біохімічних змін, що виникають в процесі інтоксикації важкими металами [5, 10, 20]. Для послаблення впливу інших екологічних факторів на деревні таксони, вивчення вищезазначених процесів доцільно здійснювати в модельних дослідах. Так, дослідженнями В. П. Бессонової зі співавт. показано, що за чутливістю до кожного з важких металів: хрому, цинку, мангану та феруму за морфометричними показниками вегетативних органів сіянци деревних рослин різних видів утворюють наступний ряд: катальпа бігніонієвидна > клен гостролистий > акація біла > бирючина звичайна. Найвищі критичні концентрації важких металів в експерименті встановлено для бирючини звичайної, а найнижчі – для клену гостролистого [3]. Проте на сьогодні лишається поза увагою визначення впливу комплексного забруднення на фізіолого-біохімічні процеси в рослинах та їх стійкість. Тому метою роботи було оцінити особливості транслокації іонів важких металів до листків тополь та встановлення специфіки розвитку окислювальних процесів у тканинах листків за надлишкового вмісту в ґрунті комплексу сполук важких металів.

Матеріали та методи досліджень

Об'єктами досліджень обрано *Populus italica* (DuRoi) Moench, *P. deltoides* Marsh., *P. simonii* Cogn., *P. candicans* Ait. У лабораторних дослідах нижню частину однорічних живців тополь для кращого укорінення на 18 год. замочували в 2 % розчині гетероауксину і потім висаджували в глиняні вазони об'ємом 0,7 л. Укорінені живці поливали водопровідною водою та 1 раз на тиждень протягом 2-х місяців сумішно

сполук важких металів у перерахунку на іон металу в концентраціях 1, 5 і 10 гранично допустимих концентрацій (ГДК). ГДК для нікелю становила 3 мг/кг ґрунту, купруму – 3, цинку – 23, плумбуму – 30, кадмію – 4. В якості джерел важких металів використовували наступні сполуки CdSO_4 , $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$, CuSO_4 , ZnSO_4 , $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}\cdot\text{Pb}(\text{OH})$. Контрольні рослини не зазнавали дії важких металів і поливались водопровідною водою. Рослини вирощували при природному рівні освітленості і температурі +25–30 °С.

Вміст важких металів визначався на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С-115 (Україна) згідно загальноприйнятих методів [21]. Інтенсивність пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ) вивчали за накопиченням первинних (дієнових кон'югатів), проміжних (дієнетони) та кінцевих (ТБК-активні продукти) сполук [15]. Вміст білка в гомогенатах рослинних тканин визначали за методом Ch. S. Greenberg та Rh. R. Gaddock за реакцією з бромфеноловим синім [24]. Аналітична повторність визначення вмісту важких металів і продуктів ПОЛ була 4-разовою. Статистична обробка експериментальних даних проводилась за загальноприйнятими методами параметричної статистики на 95 %-вому рівні значущості за Л. З. Румшинським [22].

Результати та їх обговорення

Згідно з результатами наших досліджень, в асиміляційних органах тополь за дії всіх трьох концентрацій суміші сполук важких металів рівень накопичення токсикантів вищий, ніж за умов контролю. Найбільша кількість йонів купруму серед досліджених видів тополь за умов дії важких металів міститься в листках *P. candicans*. Так, в органах асиміляції зазначеного виду іонів купруму акумулюється, за дії мінімальної концентрації на 10–22 %, за дії 5 ГДК – на 26–47 % і за максимальної – в 1,6–2,2 рази більше, ніж у *P. italica*, *P. deltoides* та *P. simonii* за аналогічних варіантів досліду (табл. 1). Наявні експериментальні дані, представлені в таблиці 1 свідчать, що найбільш інтенсивно відбувається транслокація нікелю до листків *P. candicans* та *P. simonii*, рівень накопичення якого за

низької концентрації в 2,6, а за найбільших в 4,1–4,6 рази, відповідно, перевищував показники контролю.

Як відомо, йони цинку, плумбуму та кадмію належать до високонебезпечних для рослин елементів. У результаті досліджень процесів транслокації вищезазначених йонів до різних органів тополь встановлено певну видоспецифічність. Серед видів тополь за умов контролю, найбільшим акумулятором плумбуму (12,0 мг/г сухої речовини) та кадмію (5,3 мг/г сухої речовини) в асиміляційних органах є *P. simonii*, тоді як за дії важких металів найбільш інтенсивно відбувається транслокація йонів цинку та кадмію до листків *P. italica* і *P. deltoides*. Так, в органах асиміляції останніх за дії 1 ГДК йонів цинку акумулюється в 1,3–3,2 рази більше, ніж за аналогічних умов досліду у *P. simonii* та *P. candicans* (табл. 1).

У результаті дії суміші важких металів в розмірі 5 та 10 ГДК в асиміляційних органах *P. italica* і *P. deltoides* йонів цинку в середньому в 2,4 і 2,9 рази більше, ніж у *P. simonii* і *P. candicans*, відповідно. Таким чином, підвищення концентрацій діючої речовини токсикантів у субстраті для вирощування дослідних рослин та відповідне збільшення вмісту рухомих форм іонів цинку, плумбуму та кадмію призводить до суттєвої акумуляції цих елементів в асиміляційних органах тополь.

Найвищі темпи транслокації купруму та нікелю до листків встановлено у *P. simonii*, кадмію – у *P. italica*, а плумбуму – у *P. deltoides*. При обговоренні отриманих даних слід враховувати, що різний рівень стійкості рослин до дії йонів важких металів може обумовлюватися певною інтенсивністю перебігу вже початкових процесів поглинання їх рослинами. За К. Д. Каракис [16], надходження важких металів у рослинні організми відбувається у наступні основні етапи: збагачення йонами вільного простору апопласту (за рахунок обмінної адсорбції, дифузії та пасивної фізико-хімічної адсорбції); подолання мембранного бар'єру – проникнення йонів у симпласт; радіальне пересування по тканинах кореня і судинних провідних пучках до листків.

Таблиця 1 – Вміст деяких важких металів в органах асиміляції видів тополь за умов модельного досліду, мг/г сухої речовини

Table 1 – Content of some heavy metals in assimilation organs of poplar species under model experiment conditions, mg/g dry matter

Варіант досліду	Cu (n=4)	Zn (n=4)	Ni (n=4)	Pb (n=4)	Cd (n=4)
<i>P. italica</i>					
Контроль	6,7±0,37	30,9±0,37	5,1±0,18	8,8±0,90	2,4±0,22
1 ГДК	8,5±0,42*	73,1±5,41*	6,6±0,35*	24,8±1,15*	6,5±0,38*
5 ГДК	11,1±0,15*	105,4±2,60*	10,2±0,58*	34,0±0,50*	11,0±0,80*
10 ГДК	13,7±0,09*	220,1±5,20*	15,8±0,23*	56,5±2,65*	14,7±0,73*
<i>P. deltooides</i>					
Контроль	5,5±0,33	38,4±1,21	4,3±0,29	3,5±0,25	3,8±0,14
1 ГДК	7,3±0,07*	89,9±3,62*	4,7±0,24*	10,3±1,0*	9,7±0,52*
5 ГДК	8,0±0,07*	124,9±3,27*	12,0±0,81*	15,3±0,90*	15,5±0,95*
10 ГДК	10,0±0,50*	157,3±3,49*	14,6±0,64*	23,5±0,66*	20,3±0,50*
<i>P. candidans</i>					
Контроль	2,9±0,16	37,3±1,48	9,7±0,52	2,5±0,25	2,3±0,14
1 ГДК	9,4±0,33*	54,4±2,46*	25,2±1,79*	4,0±0,25*	3,2±0,22*
5 ГДК	15,1±0,44*	64,9±2,60*	31,0±1,47*	5,5±0,25*	4,3±0,14*
10 ГДК	21,6±0,63*	94,0±4,92*	39,7±2,60*	12,3±0,90*	4,7±0,22*
<i>P. simonii</i>					
Контроль	1,6±0,09	20,1±1,38	8,3±0,55	12,0±0,75	5,3±0,29
1 ГДК	6,4±0,41*	28,2±1,74*	21,6±1,22*	18,0±0,87*	6,3±0,29*
5 ГДК	10,2±0,43*	29,9±0,67*	27,4±1,62*	24,8±0,87*	7,3±0,14*
10 ГДК	13,3±0,82*	35,8±0,17*	38,2±1,74*	62,0±2,95*	7,8±0,22*

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

Тобто, транспорт і надходження важких металів у рослинний організм відбувається двома шляхами: апопластичним – переважно у вегетативні органи і симпластичним – у репродуктивні. Контрольну ж функцію надходження йонів важких металів до рослин виконує біологічний фільтр симпласту [14]. Найбільші темпи накопичення високонебезпечних важких металів характерні для *P. italica* та *P. deltooides*.

Отже, в результаті виконаних досліджень види тополь можна поділити на 2 групи. До першої належать види з високим рівнем акумуляції йонів цинку, плюмбуму та кадмію (*P. italica* та *P. deltooides*), а до другої (*P. simonii* і *P. candicans*) – з низьким рівнем. Водночас отримані результати модельних експериментів дозволяють припустити, що у *P. italica* та *P. deltooides*, ймовірно, існують певні фізіолого-біохімічні механізми, які зумовлюють більшу акумуляцію високонебезпечних елементів, тоді як менш токсичних металів для рослин вони накопичують менше.

Аналіз літературних даних свідчить, що першою стрес-відповіддю на дію будь якого токсиканту чи стрес-фактору в органах асиміляції рослин є порушення антиоксидантного статусу клітини, що призводить до інтенсифікації вільнорадикальних процесів і збільшення продуктів ПОЛ. Найнебезпечнішою і однією з перших сполук в цьому процесі є активні форми кисню, зокрема $O_2^{\bullet-}$. Проте необхідно враховувати, що в клітинах є завжди певний пул таких сполук, які можуть утворюватися в рослинних клітинах і за рахунок ензиматичних реакцій в апопласті, і при функціонуванні електронно-транспортних систем мітохондрій. Вважається, що супероксид-радикал майже не проникає через біомембрани. Хоча відомо, що при низьких значеннях рН $O_2^{\bullet-}$ протонується в форми гідропероксил-радикала і, таким чином, може проходити через мембранні бар'єри [18]. Цей радикал також надзвичайно активний хімічно і руйнує майже будь-яку органічну молекулу. Діючи на SH-групи, гістидинові і інші амінокислотні залишки білків, HO^{\bullet} викликає денатурацію останніх та інактивує ферменти. У ліпідному шарі клітинних мембран він ініціює реакції ланцюгового окислення ліпідів, що призводить до пошкодження мембран, порушення їх функцій і загибелі клітин [4]. Такі дані, певною мірою, пояснюють

результати наших попередніх досліджень [7, 13]. Під впливом комплексу токсичних сполук відбувається посилення інтенсивності процесів ПОЛ у клітинних мембранних структурах, про що свідчать дані щодо вмісту дієнових кон'югатів, дієнокетоні та ТБК-активних продуктів [1, 2, 15].

Згідно результатів проведених досліджень, які наведені в таблиці 2, уміст усіх вивчених продуктів в асиміляційних органах видів тополь при впливі трьох концентрацій статистично достовірно збільшується відносно контролю.

За внесення суміші сполук важких металів у концентрації 1 ГДК вміст дієнових кон'югатів у *P. italica* та *P. deltoides* збільшується в 2,2–2,3 рази. Зі збільшенням концентрації сполук в ґрунті до 5 ГДК встановлено збільшення до 4 разів, а при 10 ГДК – в середньому в 9 разів відносно контролю.

Таблиця 2 – Вміст продуктів пероксидного окиснення ліпідів у листках тополь у модельному досліді ($M \pm m$)

Table 2 – Content of lipid peroxidation products in poplar leaves in model experiment ($M \pm m$)

Види	Варіант дослідю			
	Контроль (n=4)	1 ГДК (n=4)	5 ГДК (n=4)	10 ГДК (n=4)
Дієнові кон'югати, одиниці оптичної густини/г сирої речовини				
<i>P. italica</i>	0,052±0,008	0,119±0,008*	0,208±0,005*	0,541±0,031*
<i>P. deltoides</i>	0,108±0,008	0,236±0,027*	0,406±0,056*	0,788±0,048*
<i>P. candicans</i>	0,037±0,006	0,169±0,010*	0,328±0,015*	0,644±0,019*
<i>P. simonii</i>	0,049±0,006	0,145±0,016*	0,411±0,032*	0,789±0,059*
Дієнокетони, одиниці оптичної густини/г сирої речовини				
<i>P. italica</i>	0,025±0,002	0,059±0,003*	0,120±0,007*	0,222±0,150*
<i>P. deltoides</i>	0,019±0,001	0,042±0,001*	0,082±0,002*	0,158±0,001*
<i>P. candicans</i>	0,011±0,001	0,045±0,002*	0,080±0,002*	0,158±0,004*
<i>P. simonii</i>	0,009±0,001	0,047±0,001*	0,097±0,003*	0,193±0,002*
ТБК-активні продукти, мМ/мг білка				
<i>P. italica</i>	0,153±0,004	0,308±0,007*	0,732±0,020*	1,469±0,030*
<i>P. deltoides</i>	0,080±0,006	0,187±0,005*	0,414±0,014*	0,816±0,026*
<i>P. candicans</i>	0,140±0,008	0,479±0,014*	1,075±0,074*	1,753±0,126*
<i>P. simonii</i>	0,125±0,009	0,341±0,006*	0,768±0,013*	1,807±0,038*

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

В той час як у *P. simonii* та *P. candicans*, що вирощували при мінімальній концентрації важких металів, їх кількість збільшується в 3,8 рази, при 5 ГДК – в 8,5 та 10 ГДК – більше, ніж у 14 разів. Водночас зі зростанням концентрації металів у ґрунті відбувається подальше накопичення в листках тополь не тільки первинних продуктів пероксидного окиснення, а й проміжних та кінцевих. Так, під впливом мінімальної концентрації важких металів уміст діенкетонів в асиміляційному апараті *P. italica* і *P. deltoides* підвищується в середньому в 2,3, тоді як у варіанті досліду за внесення 5 ГДК – в 4,5 та 10 ГДК – в 8,5 разів. Кількість вищезгаданого продукту ПОЛ *P. simonii* і *P. candicans* у аналогічних варіантах досліду збільшується в 3; 6,9 і до 14 разів, відповідно. Порівнюючи значення абсолютних величин, можна констатувати, що вміст ТБК-активних продуктів більш інтенсивно зростає у видів секції *Tacamahaca*, ніж у видів секції *Aegerus*. За дії максимальної концентрації суміші сполук важких металів концентрація одних з кінцевих продуктів процесу ПОЛ в середньому на 36 % більша у видів першої групи, ніж останньої.

Висновки

1. Внесення до ґрунту важких металів у концентраціях 1, 5 і 10 ГДК призводить до дозозалежної видоспецифічної активації процесів транслокації іонів купруму, цинку, кадмію, нікелю і плумбуму до асиміляційних органів рослин. Найвищі темпи транслокації купруму та нікелю до листків встановлено у *P. simonii*, кадмію – у *P. italica*, а плумбуму – у *P. deltoides*.

2. Надлишковий уміст іонів важких металів у листках спричинює зростання ТБК-активних продуктів пероксидації і первинних продуктів процесу пероксидного окиснення ліпідів. У більшості випадків інтенсивніше зазначені процеси відбуваються у видів секції *Tacamahaca* (*P. simonii* і *P. candicans*), ніж у видів секції *Aegerus* (*P. simonii* і *P. candicans*).

Література:

1. Бессонова В. П. Влияние тяжелых металлов на антиоксидантную систему листьев сеянцев *Ligustrum vulgare*

L. u Syringia vulgaris L. Науч. докл. высш. шк. Биол. науки. 1992. № 8(344). С. 136–142.

2. Бессонова В. П. Влияние тяжелых металлов и полистимулина К на антиоксидантную систему клеток листьев чины душистой. Физиология и биохимия культурных растений. 1992. 24, № 2. С. 147–153.

3. Бессонова В. П., Немченко М. В., Иванченко О. Є. Верхня критична концентрація важких металів в листках сіянців деревних рослин. Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку. Київ : Логос, 2009. Т. 2. С. 263–267.

4. Владимиров Ю. А. Свободные радикалы в биологических системах. Соросовский образовательный журнал. 2000. Т. 6, № 12. С. 13–19.

5. Гиниятуллин Р. Х. Биоконсервация металлов в надземных органах тополя бальзамического в условиях промышленного загрязнения. Вести Московского гос. ун-та леса. Лесной вестник. 2007. № 1. С. 53–56.

6. Гришко В. Н., Данильчук А. В. Содержание продуктов перекисного окисления липидов у тополей в условиях загрязнения. Интродукція рослин. 2004. № 2. С. 54–59.

7. Гришко В. М., Сициков Д. В., Піскова О. М., Данильчук О. В., Маиталер Н. В. Важкі метали: надходження в ґрунти, транслокація у рослинах та екологічна небезпека. Донецьк : Донбас, 2012. 304 с.

8. Гладков Е. А. Влияние комплексного взаимодействия тяжелых металлов на растения мегаполисов. Экология. 2007. № 1. С. 71–74.

9. Гуральчук Ж. З. Фітотоксичність важких металів та стійкість рослин до їх дії. Київ : Логос, 2006. 208 с.

10. Данильчук О. В., Гришко В. М. Оцінка стану насаджень тополь на промислових майданчиках гірничорудних підприємств. Агробіологія: збірник наукових праць, 2012. 8(94). С. 57–60.

11. Жученко А. А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). Москва : Агрорус, 2001. Т.1. 780 с.

12. Заварзин Т. А. Роль биоты в глобальных изменениях климата. Физиология растений. 2001. 48, № 3. С. 306–314.

13. Зубровська О. М., Гришко В. М. Інтенсивність процесів пероксидного окиснення ліпідів та функціональний стан деревних насаджень при забрудненні довкілля важкими металами. *Український ботанічний журнал*, 2019, 76(5). С. 458–468.

14. Иванов В. Б., Быстрова Е. И., Серегин И. В. Сравнение влияния тяжелых металлов на рост корня в связи с проблемой специфичности и избирательности их действия. *Физиология растений*. 2003. Т. 50, № 3. С. 445–454.

15. Камышников В. С. *Справочник по клинико-биохимической лабораторной диагностике: в 2 т.* Минск : Беларусь, 2000. Т 2. 463 с.

16. Каракис К. Д., Рудакова Э. В. Механизмы поступления некоторых тяжелых металлов в растения. *Микроэлементы в обмене веществ и продуктивности растений*. Киев : Наук. думка, 1984. С. 37–43.

17. Клеточные механизмы адаптации растений к неблагоприятным воздействиям экологических факторов в естественных условиях. Под ред. Е. Л. Кордюм. Киев : Наук. думка, 2003. 278 с.

18. Колупаев Ю. Е., Карпец Ю. В. Активные формы кислорода и стрессовый сигналинг у растений. *Украинский биохимический журнал*. 2014. Т. 86, № 4. С. 18–35.

19. Косаківська І. В. Екологічний напрям у фізіології рослин: досягнення й перспективи. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2007. 39, № 4. С. 279–290.

20. Кулагин А. А. Изменение дыхания листьев тополя бальзамического в условиях загрязнения окружающей среды металлами. *Сибирский экол. журнал*. 2007. Т. 14, № 1. С. 47–51.

21. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. Москва : ЦИНАО. 1989. 62 с.

22. Румишинский Л. З. Математическая обработка результатов эксперимента. Москва : Наука. 1971. 192 с.

23. Bessonova V. P., Ivanchenko O. E. Free radical oxidation and proline content as indicators of urban tree vitality (the case of Dnipro city parks, Ukraine). *Ukrainian Journal of Ecology*. 2017. Т. 7, № 3. С. 146–153.

24. Greenberg Ch. S., Gaddock Rh. R. Rapid single step membrane protein assay. *Clin. Chem.* 1982. 28, № 7. P. 1726–1728.

**FEATURES OF SOME HEAVY METALS ACCUMULATION
BY ASSIMILATION ORGANS OF *POPULUS* L. SPECIES
AND THE DEVELOPMENT OF PEROXIDATION
PROCESSES**

¹Danylchuk O. V., ¹Gryshko V. M., ²Pavliukova N. F.

¹Kryvyi Rih Botanic Garden,

²Dnipro State Agrarian and Economic University

vitgryshko@i.ua

Unlike natural abiotic factors (high or low temperature, excess, or deficiency of moisture, etc.), which usually affect plant organisms for a long time, industrial production emissions often affect plants throughout the ontogeny. Higher organisms, in the course of evolution, have not developed specialized devices and mechanisms that provide them with priority protection against excess pollution by heavy metals. Survival of plants in anthropogenically contaminated territories is obviously ensured by the mechanisms of reliability, lability, reparation and pre-adaptation capabilities of their functional systems. The purpose of the research was to evaluate the features of translocation of nickel, zinc, cadmium, plumbum, and cuprum from soil to plant assimilation organs and the intensity of leaf peroxidation processes. The content of heavy metals in leaves rooted in the substrate (common chernozem) from cuttings of *Populus italica* (DuRoi) Moench, *P. deltoides* Marsh., *P. simonii* Corr., *P. candicans* Ait is analyzed. During the experiment, the cuttings were exposed to the solution of a mixture of heavy metal compounds at the maximum permissible concentration (MPC), 5 MPC and 10 MPC for two months. The MPC for nickel was 3, cuprum – 3, zinc – 23, plumbum – 30, cadmium – 4 mg/kg of soil. As sources of heavy metals, mixtures of salts (CdSO₄, Ni(NO₃)₂, CuSO₄, ZnSO₄, (CH₃COO)₂Pb • Pb(OH)) were used. Control plants were not exposed to heavy metals. The content of heavy metals was determined with the atomic absorption spectrophotometer after annealing the plant material. The content of peroxidation products was evaluated spectrophotometrically. The plants were grown at

natural light and temperature levels of + 25–30 °C. The maximum level of accumulation of zinc and cadmium ions in the leaves of the studied species is found in *P. italica* and *P. deltoides*. Thus, when heavy metals were introduced into the soil at concentrations of 5 and 10 MPC, the assimilation organs of plants of these species accumulated 2.4 and 2.9 times more zinc ions than *P. simonii* and *P. candicans*, respectively. According to the results of the experiments, the investigated species are divided into groups with high and low levels of metal translocation to the leaves. The content of TBA-active peroxidation products, and in most cases the primary products of the lipid peroxidation process, is more intense in species of the Tacamahaca (*P. simonii* and *P. candicans*) section than in the species of the Aegerus (*P. simonii* and *P. candicans*) sections. This can be explained by the higher intensity of functioning of antioxidant cell protection systems in the latter group of species, even with the higher accumulation of heavy metal ions in leaf tissues.

DOI <https://doi.org/10.26661/2312-2056/2019-24/2-06>

УДК 582.632.1:581.45:504.05

**ФІТОІНДИКАЦІЯ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ ЗА СТУПЕНЕМ
ПОШКОДЖЕННЯ ЛИСТКОВОЇ ПЛАСТИНКИ
BETULA PENDULA ROTH.**

Крупєй К. С., Обруч К. І. *, Михайличенко А. А. **

Запорізький державний медичний університет

Запорізький національний університет*

Запорізький навчально-виховний комплекс № 63**

krupeyzni@gmail.com

Розроблено спосіб визначення стану атмосферного повітря за ступенем ураження листової пластинки *Betula pendula* Roth. хлорозами та некрозами. Перевагою представленого способу є його економічність, швидкість та простота виконання порівняно з відомими аналогами. Показана залежність показника різниці в інтенсивності кольору листків (dE) берези повислої від ступеня некротичного пошкодження листової пластинки. Максимальна різниця в інтенсивності кольору відмічена у здорових зелених листків (46–56 ум. од.). Комплексний стан довкілля в Шевченківському районі м. Запоріжжя протягом усього періоду

дослідження характеризувався як помірно забруднений. Екологічний стан атмосферного повітря Олександрівського району м. Запоріжжя був незадовільний протягом весняно-літнього періоду 2019 р. ($dE = 29,80$ ум. од.), у Хортицькому та Шевченківському районах показники dE були в 1,7 та 1,3 рази вищими, що свідчить про задовільний стан та помірне забруднення, відповідно.

Береза повисла, фітоіндикація, хлороз, некроз, комп'ютерні програми

На сьогодні існує безліч аналітичних та біологічних методів, за якими можна оцінити ступінь забруднення навколишнього середовища, заснованих на використанні спеціального обладнання або відповідних індикаторних рослин, тварин і мікроорганізмів. Так, відомий спосіб визначення стану ґрунту за вмістом поживних елементів [3], який визначає залежність врожайності від факторів, що характеризують азотний режим ґрунту, проте недоліком цього способу є визначення вузького спектра елементів живлення, створення та проведення трудомістких математичних моделей і методів аналізу. Інший спосіб біоіндикації стану довкілля за аналізом вмісту хлорофілу в листках деревних рослин [4] передбачає основним етапом дослідження запис кривої індукції флуоресценції хлорофілу контрольної рослини за допомогою хронофлуориметра, побудову кривої індукції флуоресценції та визначення ступеня ураженості рослини. Хоча спосіб орієнтовано на застосування у сільському господарстві, зокрема рослинництві, селекційній роботі та моніторингу стану ґрунтового середовища (карбонатний хлороз є індикатором цинкового та залізного голодування рослин і підвищеного рН ґрунту), однак він трудомісткий, включає застосування високоартісного обладнання та потребує кваліфікованого персоналу. Не менш важливим є спосіб біоіндикації стану довкілля за ступенем пошкодження листової пластинки дерев [5], який заснований на визначенні екзогенної сірки в листових пластинках берези повислої (мас. % сухої речовини) методом спектрофотометрії, проте недоліками є також необхідність спеціального лабораторного оснащення.

В основу нашої розробки було поставлено задачу створити спосіб біоіндикації стану довкілля за ступенем пошкодження листової пластинки берези повислої (*Betula pendula* Roth.), який шляхом відбору проб листя та аналізу показників каналів кольорової моделі листової пластинки дерев дозволить підвищити експресивність та наочність визначення стану довкілля, створювати відповідну базу даних, визначати комплексне забруднення ландшафтів, оцінювати стадію ушкодження листя дерев. Для фітоіндикації обрали березу повислу, оскільки, по-перше, вона є загальноприйнятим біоіндикатором стану повітря, по-друге, за даними досліджень інших авторів, відноситься до I групи деревних рослин із максимальним рівнем акумуляції сірки в листках [7]. Виходячи з вищезазначеного, метою роботи було розробити експрес-метод фітоіндикації стану навколишнього середовища за ступенем ураження листової пластинки *Betula pendula* Roth.

Матеріали та методи дослідження

Для визначення ступеня забруднення атмосферного повітря та ґрунту проводили ряд послідовних процедур:

– у період квітня – липня 2019 р. відбирали листя берези повислої (з нижнього ярусу). Вибірка складалася зі 100 листків з 10 дерев по 10 з кожного. Місце відбору проб – Шевченківський, Хортицький та Олександрівський райони м. Запоріжжя;

– фотографували зібрану вибірку на білому аркуші паперу цифровим фотоапаратом (без спалаху) на відстані 30–50 см від об'єкта знімання при штучному освітленні 150 лк;

– визначали відтінки їх кольору у цифровому вигляді, для чого завантажували фотографії в комп'ютерну програму Adobe Photoshop, обирали 50 довільних точок на кожному листку та визначали їх відтінки (Lab);

– розраховували різницю в інтенсивності кольору (dE) кожного листка у порівнянні з контролем у програмі CIEDE2000 [6];

– обрали для контролю червоний колір із показниками кольорової моделі L=55, a=79, b=68 (оскільки саме ці показники надають найбільшу різницю в кольорі між зеленими та жовто-коричневими відтінками);

– обчислювали середнє арифметичне різниці в інтенсивності кольору та визначали ступінь ураженості кожного дерева;

– визначали комплексний стан довкілля за середнім значенням інтенсивності кольору листків дерев обраної ділянки.

Для складання таблиці-визначника листки берези повислої розподіляли на 3 типи: зелені, уражені хлорозом та некрозом. У кожній групі визначали відтінки кольорів та порівнювали з контролем (за вищенаведеним алгоритмом). Потім виділяли максимальні та мінімальні значення інтенсивності кольору в кожній групі листків та виконували інтервальне групування вибірки (табл. 1).

Після складання таблиці-визначника виявлена чітка тенденція: чим більше пошкоджені листові пластинки берези повислої хлорозами та некрозами, тим менше кількісні показники dE.

Таблиця 1 – Показники комплексного стану довкілля

Table 1 – Indicators of the comprehensive state of the environment

Ознака	Діапазон dE, ум. од.	Стан довкілля
Зелені листки (здорові)	46 – 56	Задовільний
Ділянки з хлорозом	35 – 45	Помірне забруднення
Ділянки з некрозом	24 – 34	Незадовільний

Максимальна різниця кольору відмічена у здорових зелених листків (46–56 ум. од.).

Результати та їх обговорення

Комплексний стан довкілля в Шевченківському районі м. Запоріжжя протягом усього періоду дослідження характеризувався як помірно забруднений (табл. 2, 3; рис. 1). Так, у квітні 2019 р. середній показник dE склав 38,93 ум. од.

Отримані результати підтверджено застосуванням іншого методу оцінки якості навколишнього середовища – флуктуючої асиметрії [1], які детально висвітлені в роботі [2].

Таблиця 2 – Різниця в інтенсивності кольору листових пластинок берези повислої (*Betula pendula* Roth.) в Шевченківському районі м. Запоріжжя (квітень, 2019 р.)

Table 2 – Difference in the colour intensity of the drooping birch leaves (*Betula pendula* Roth.) in the Shevchenkivskyi district of Zaporizhzhia (April, 2019)

№ дерева з/п	Середні значення dE, ум. од.
Контроль (L=55, a=79, b=68)	
1	45,56
2	38,27
3	34,54
4	44,18
5	34,90
6	37,11
7	41,32
8	39,57
9	35,23
10	38,65
$X_{\text{ср.}}$ з усіх дерев	38,93±1,36

Таблиця 3 – Різниця в інтенсивності кольору листових пластинок берези повислої (*Betula pendula* Roth.) в Шевченківському районі м. Запоріжжя

Table 3 – Difference in the colour intensity of the drooping birch leaves (*Betula pendula* Roth.) in the Shevchenkivskyi district of Zaporizhzhia

Місяць	dE, ум. од. (Xср. з 10-ти дерев)
Травень	39,28±1,09
Червень	36,60±1,93
Липень	39,19±1,57
Усереднене значення за весняно-літній період	38,50±0,73

У травні 2019 р. результати дослідження були такі самі, як і в квітні. Проте в червні значення dE наближалось до критичного рівня, хоча територія характеризувалась також як помірно забруднена.

Хортицький
р-нШевченківський
р-нОлександрівський
р-н

Рисунок 1 – Листові пластинки *Betula pendula* Roth. із різним ступенем пошкодження (липень, 2019 р.)

Figure 1 – The leaves of *Betula pendula* Roth. with varying degrees of damage (July, 2019)

У липні показник dE збільшився на 3 ум. од., ймовірно, це пов'язано зі стрімким зниженням температури повітря та надмірною кількістю опадів у кінці червня. Фрагмент розрахунків dE у липні місяці представлений у таблиці 4.

Таблиця 4 – Показники каналів кольорової моделі CIE Lab

Table 4 – Indicators of the channels colour model CIE Lab

L ₁	a ₁	b ₁	L ₂	a ₂	b ₂	dE2000
55,0000	79,0000	68,0000	33,0000	3,0000	35,0000	38,5292
55,0000	79,0000	68,0000	31,0000	9,0000	38,0000	35,8339
55,0000	79,0000	68,0000	49,0000	-4,0000	45,0000	40,4999
55,0000	79,0000	68,0000	62,0000	-7,0000	47,0000	43,1737
55,0000	79,0000	68,0000	58,0000	-8,0000	57,0000	44,5628
55,0000	79,0000	68,0000	54,0000	-5,0000	55,0000	42,0730

Примітки: L₁, a₁, b₁ – показники каналів кольорової моделі контрольного червоного кольору; L₂, a₂, b₂ – показники каналів кольорової моделі відібраних листків дерева

Паралельно з вивченням стану довкілля в Шевченківському районі, були відібрані зразки листя в інших районах міста та зроблений порівняльний аналіз отриманих даних. Так, дослідження, проведені протягом 4-х місяців у Хортицькому районі, продемонстрували більш сприятливу екологічну ситуацію (табл. 5).

Таблиця 5 – Різниця в інтенсивності кольору листових пластинок берези повислої (*Betula pendula* Roth.) в Хортицькому районі м. Запоріжжя

Table 5 – Difference in the colour intensity of the drooping birch leaves (*Betula pendula* Roth.) in the Khortitskyi district of Zaporizhzhia

Місяць	dE, ум. од. (X_{cp} з 10-ти дерев)
Квітень	50,19±1,10
Травень	50,56±0,96
Червень	47,33±2,31
Липень	52,87±1,58
Усереднене значення за весняно-літній період	50,23±1,31

Стан довкілля в Хортицькому районі характеризувався як задовільний навесні та влітку. Хортицький район розташований на правому березі р. Дніпро, поза межами скупчення промислових підприємств та є наймолодшим у м. Запоріжжі. Найменшими показники dE були в червні 2019 р. (47,33 ум. од.), що свідчить про поступове погіршення стану атмосферного повітря з часом, проте в рамках задовільних значень.

Найбільш забрудненою за нашими даними виявилася територія в Олександрівському районі міста (табл. 6).

Таблиця 6 – Різниця в інтенсивності кольору листових пластинок берези повислої (*Betula pendula* Roth.) в Олександрівському районі м. Запоріжжя

Table 6 – Difference in the colour intensity of the drooping birch leaves (*Betula pendula* Roth.) in the Alexandrivskyi district of Zaporizhzhia

Місяць	dE, ум. од. (X_{cp} з 10-ти дерев)
Квітень	35,27±0,89
Травень	33,55±1,07
Червень	26,22±1,14
Липень	24,18±0,67
Усереднене значення за весняно-літній період	29,80±3,13

У квітні 2019 р. ділянка характеризувалася як помірно забруднена (35,27 ум. од.), проте протягом наступних 3-х місяців екологічний стан був незадовільний. Причому відмічена чітка тенденція збільшення некротичних ділянок на листових пластинках із часом. Можливо, це пояснюється тим, що Олександрівський район є центром міста з надмірним транспортним навантаженням та скупченням забруднень в атмосфері та ґрунті.

Отже, головною перевагою способу є його економічність, швидкість та простота виконання. Відсутність потреби в обов'язковій наявності спеціалізованого обладнання, приладів для хімічного аналізу дозволяє визначати комплексний стан довкілля за ступенем пошкодження листової пластинки дерев.

Висновки

1. Розроблено спосіб біоіндикації стану довкілля за ступенем пошкодження листової пластинки *Betula pendula* Roth., який включає: відбір проб листя; визначення показників каналів кольорової моделі Lab дослідних зразків та умовного контролю; комплексну оцінку стану довкілля за таблицею-визначником.

2. Екологічний стан Олександрівського району м. Запоріжжя характеризувався як незадовільний протягом весняно-літнього періоду 2019 р. ($dE = 29,80$ ум. од.), на відміну від Хортицького та Шевченківського районів, де показники dE були в 1,7 та 1,3 рази вищими, що свідчить про задовільний стан та помірне забруднення, відповідно.

3. Перспективою подальших досліджень є фітоіндикація стану довкілля м. Запоріжжя у динаміці, проведення порівняльного аналізу розробленого способу та інших відомих методів біоіндикації забруднення атмосферного повітря та ґрунту.

Література:

1. Захаров В. М., Кларк Д. М. Биотест: интегральная оценка здоровья среды экосистем и отдельных видов. Москва : Биотест, 1993. 68 с.

2. Крупей К. С., Обруч К. І., Михайличенко А. А. *Betula pendula* Roth. – комплексний фітоіндикатор стану довкілля. *Інтеграція освіти, науки та бізнесу в сучасному середовищі: літні диспути: матеріали I Міжнар. наук.-практ. інтер.-конф., м. Дніпро, 1–2 серп. 2019 р. Дніпро, 2019. С. 373–378.*

3. Спосіб визначення забезпеченості ґрунту доступними для рослин формами азоту: пат. 64543 Україна: МПК (2011.01) C05C 1/00. № u201104730; заявл. 18.04.2011; опубл. 10.11.2011, Бюл. № 21. 6 с.

4. Спосіб ідентифікації карбонатного хлорозу рослин: пат. 82894 Україна: МПК (2006) G01N 21/64, A01G 7/00. № a200603396; заявл. 28.03.2006; опубл. 26.05.2008, Бюл. № 10. 6 с.

5. Способ определения степени загрязнения атмосферы серосодержащими соединениями городских и прилегающих к ним территорий методом фитоиндикации: пат. 2213361 Рос. Федерация: МПК⁷ G01W1/00, G01N33/00. № 2002100332/13; заявл. 03.01.2002; опубл. 27.09.2003, Бюл. № 1, 6 с.

6. Спосіб визначення інтенсивності пігментоутворення у бактерій: пат. 49812 Україна: МПК (2009) C12Q 1/00, C12M 1/00, C12M 1/34. № u200912311; заявл. 30.11.2009; опубл. 11.05.2010, Бюл. № 9. 8 с.

7. Sklyarenko A. V., Bessonova V. P. Accumulation of sulfur and glutathione in leaves of woody plants growing under the conditions of outdoor air pollution by sulfur dioxide. *Biosystems Diversity*. 2018. Vol. 26(4). P. 334–338.

PHYTOINDICATION OF THE ENVIRONMENTAL CONDITIONS BY THE DEGREE OF LEAVES DAMAGE OF *BETULA PENDULA* ROTH.

Krupey K. S., Obruch K. I.*, Mihailichenko A. A.**

Zaporizhzhya State Medical University

Zaporizhzhya National University*

Zapoizhzhia educational comlex № 63**

krupeyznu@gmail.com

Environment pollution concentration can be evaluated with the help of various analytical and biological methods existing nowadays. They are based on using the special equipment or

respective indicator plants, animals or microorganisms. Nevertheless the issue of creating indicative methods for analyzing the state of environment remains acute.

The known methods are used for the evaluation of subsoil by the amount of nutritional elements; atmospheric air by the degree of fluorescence of chlorophyll in the leaves of trees, and also by the pattern of leaves damage. However, all existing methods are labour-intensive and include usage of very expensive equipment and require qualified staff.

The research aim of the article is to create a phytoindication method of the environmental conditions by the degree of leaves damage of *Betula pendula* Roth., namely by chlorosis and necrosis. The objective is to determine the quality of the environment in the districts of Zaporizhzhia in the spring-summer period of 2019.

The goal of our research was creating a simple bioindication method for the evaluation of environmental conditions with the usage of sample leaves of *Betula pendula* Roth.. This approach allows to determine the difference in color intensity of leaves, increase the rapidity and visibility of the environmental conditions, create an appropriate database, determine the complex contamination of landscapes, estimate the damage to the leaves of the trees. Drooping birch was chosen for the phytoindication because, firstly, it is generally accepted as a bioindicator for the environmental conditions, secondly, according to researches conducted by other authors, drooping birch belongs to the first group of tree plants with the maximum level of accumulation of Sulfur in the leaves.

In order to determine air and soil contamination level a series of sequential procedures were carried out. The leaves of drooping birch were taken (from the bottom tier). The samplings consisted of 100 leaves from 10 trees, 10 leaves from each tree; collected samplings were photographed against a white background with the digital camera (without flash) at the distance of 50 cm. from the subject being photographed with artificial light 150 lx. Photos were uploading to the Adobe Photoshop computer program, 50 arbitrary points on each leaf were selected and the indicators of the color model channels (Lab) were determined. Then the difference in color intensity (dE) of each leaf in comparison with the control in the program CIEDE2000 (the control served a red

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 determine. 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

**БИОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ АСИМЛЯЦІЙНОГО
АПАРАТУ ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ *PINUS* ЗА ДІЇ
ЗАБРУДНЕННЯ ДТЕК ПРИДНІПРОВСЬКА ТЕС**

¹Юсупів 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 апарата 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 мікроморфологічні 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 галуження 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 урбоекосистемах.

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

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 урбоекосистем 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. Юсипіва 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., Злосчастьєва Д. К. Вплив техногенних умов зростання на зміни морфометричних показників однорічного пагона ялини колючої. Питання степового лісознавства та лісової рекультивациі 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. Yusyypiva 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

¹Yusyypiva T. I., ¹Lykholat Y. V., ²Yusyypiv M. S.,

²Zadesenets A. O., ¹Filatova N. O.

¹Oles Honchar Dnipro National University

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

JusyypivaTatjana@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.**

Юсупіва Т. І., Полякова Є. О.

***Дніпровський національний університет імені Олеся
Гончара***

JusyryvaTatjana@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 бічних 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-

морфологічні пристосування, які формуються у рослин за дії різноманітних стрес-факторів середовища [1, 5], є як основою фізіолого-біохімічних механізмів їх росту та розвитку, так і формування у них адаптацій до існування в антропогенно трансформованому середовищі.

Найчастіше у дерево-кущових порід [2–3, 8–9], які використовують в озелененні міст, спостерігають кількісні зміни гістологічних показників вегетативних органів. Збільшення товщини, в першу чергу, покривних, а також механічних і провідних тканин спрямоване на зменшення негативної дії забруднювальних речовин. Але для аналізу впливу промислових емісій на процес формування стебла потрібно знати значення гістологічних показників не лише в абсолютних, а й у відносних величинах, тобто частку кожної тканини у відсотках по відношенню до діаметру стебла або певної його частини. Наявність таких – якісних змін стебла – та зміна часток його основних гістологічних компонентів є проявом глибоких порушень надземних органів рослин, що призводить до їх загибелі [7].

Зважаючи на це, мета роботи – проаналізувати вплив техногенних умов м. Дніпро на співвідношення гістологічних елементів стебла однорічного пагона *Picea pungens* Engelm. Дана робота є продовженням дослідження змін анатомічних показників стебла рослин ялини колючої, які зростають за хронічної дії антропогенного забруднення середовища [10].

Матеріали та методи досліджень

Об'єкт дослідження – однорічні пагони *Picea pungens* Engelm. *f. viridis* Regel. Матеріал збирали в умовно чистій зоні (на території Ботанічного саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара) та у забрудненій, розміщеній у зеленому насадженні навколо ПАТ «Інтерпайп Нижньодніпровський трубопрокатний завод» і потужної автотраси. Методика відбору проб, вимірювання анатомічних показників стебла і статистичної обробки результатів наведена у попередній роботі [10].

Результати та їх обговорення

Аналіз таблиці 1 свідчить про те, що зростання рослин ялини колючої в умовах урбосередовища призводить до зменшення об'єму покривних тканин і первинної кори відносно частки центрального циліндра в загальному об'ємі стебла однорічних пагонів. Так, за дії техногенного стресу в пагонах подовження скелетних гілок сумарна товщина епідерми, перидерми й первинної кори зменшується на 29,1 %, а у пагонах галуження – на 14,8 % порівняно зі значенням цього показника у рослин умовно чистої зони. Отже, гістологічні елементи стебла зазнають не лише кількісних [10], але й якісних змін. Їх наявність свідчить про порушення органів, що може призвести до загибелі рослин [7].

Урботехногенні умови змінюють співвідношення складових частин покривних тканин та первинної кори стебла в об'єкті дослідження (рис. 1).

Таблиця 1 – Вплив техногенного забруднення на частки покривних тканин і первинної кори та центрального циліндра стебла *Picea pungens*, %

Table 1 – The impact of technogenic pollution on the share of the tectorial tissues and primary cortex to central cylinder in the *Picea pungens* stems, %

Показник	Контроль (n=30)	Техногенна зона (n=30)	t
Пагони подовження скелетних гілок (осі II порядку)			
Сумарна товщина покривних тканин і первинної кори стебла	43,0 ± 1,40	30,5 ± 0,21	8,82
Радіус стели	57,0 ± 1,05	69,5 ± 1,12	8,14
Пагони галуження (осі III порядку)			
Сумарна товщина покривних тканин і первинної кори стебла	35,9 ± 0,19	30,6 ± 1,11	4,80
Радіус стели	64,1 ± 1,42	69,4 ± 1,31	2,74

Примітка: $t_{\text{табл.}} = 2,042$

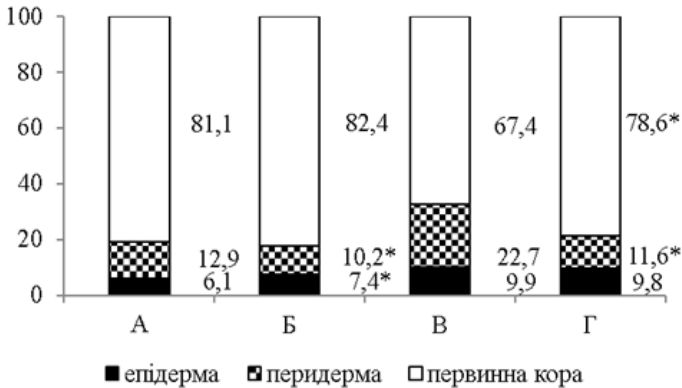


Рисунок 1 – Вплив техногенного забруднення на співвідношення епідерми, перидерми і первинної кори стебла *Picea pungens*, %: А, Б – осі II, В, Г – осі III порядку; моніторингові точки: А, В – контроль, Б, Г – техногенна зона

Figure 1 – The influence of technogenic pollution on the share of epiderm, periderm and primary cortex in *Picea pungens* stems, %: А, Б – axes II, В, Г – axes III; monitoring points: А, В – reference area, Б, Г – technogenic zone

Частка перидерми достовірно знижується відносно контрольних величин у бічних пагонах обох типів, але більшою мірою – у пагонів галуження (на 48,9 %). Основним гістологічним елементом перидерми є корок, який виконує захисну функцію, тому зниження його частки в об'ємі покривних тканин стебла може негативно позначитися на стійкості рослин ялини колючої до техногенних умов зростання. Частка епідерми в осях II порядку зростає порівняно зі стеблами дерев чистої зони (на 21,3 %), а в осях III порядку практично не змінюється (відмінності між контрольним і дослідним варіантами недостовірні за $p < 0,05$). Частка первинної кори не змінюється у пагонів подовження скелетних гілок, але збільшується відносно контрольних величин у пагонах галуження (на 16,6 %).

За літературними даними, реакціями рослин на забруднення довкілля є розростання або гальмування росту складових частин стебла. За умов антропогенного тиску зареєстровано зміни у співвідношенні гістологічних елементів

первинної кори у підросту *Acer platanoides* L. і *Fraxinus excelsior* L. [12]. У першого виду вони проявляються у збільшенні частки корової паренхіми на тлі зменшення об'єму корку, у другого – у зниженні частки коленхіми в зоні сильного, корку й корової паренхіми в зоні середнього забруднення (за рахунок збільшення механічної тканини).

Показано зміни у співвідношенні гістологічних елементів первинної кори стебла у видів роду *Fraxinus* L. за дії коксохімічних викидів: у *F. excelsior* частки корку й коленхіми від загального об'єму кори зростають, корової паренхіми зменшується, у *F. pennsylvanica* Marsh. – навпаки, а у *F. lanceolata* Borkh. частка фелеми практично не змінюється, а механічної тканини і паренхіми знижуються відносно значень контрольних дерев [8].

Техногенне навантаження викликає також зміни у співвідношенні складових частин осьового циліндра стебла *P. pungens* (рис. 2).

За хронічної дії на рослини викидів автотранспорту та промислових емісій в пагонах подовження скелетних гілок і пагонах галуження частки камбію та перимедулярної зони від загального об'єму стели суттєво зменшуються і складають 82,6 і 78,4 % та 86,0 і 73,9 % від показників контрольних рослин, відповідно. У стеблах осей II порядку істотно знижується відносно контролю і частка вторинної кори (на 19,1 %). Частки інших гістологічних характеристик стебла під впливом техногенезу залишаються незмінними порівняно з аналогічними показниками дерев умовно чистої зони.

Аналіз наукових джерел свідчить, що антропогенний стрес позначається на будові осьового циліндра стебла листяних [2–3, 6, 8–9, 11–14] і хвойних [7, 10] деревних порід. Промислові викиди з пріоритетним забрудненням SO₂ та NO₂ викликають зміни у співвідношенні складових частин стели *Robinia pseudoacacia* L.: суттєве збільшення порівняно з контрольними показниками частки деревини, менш значне – м'якого лубу й істотне падіння частки серцевини, а частки твердого лубу і перимедулярної зони практично не змінювалися [14].

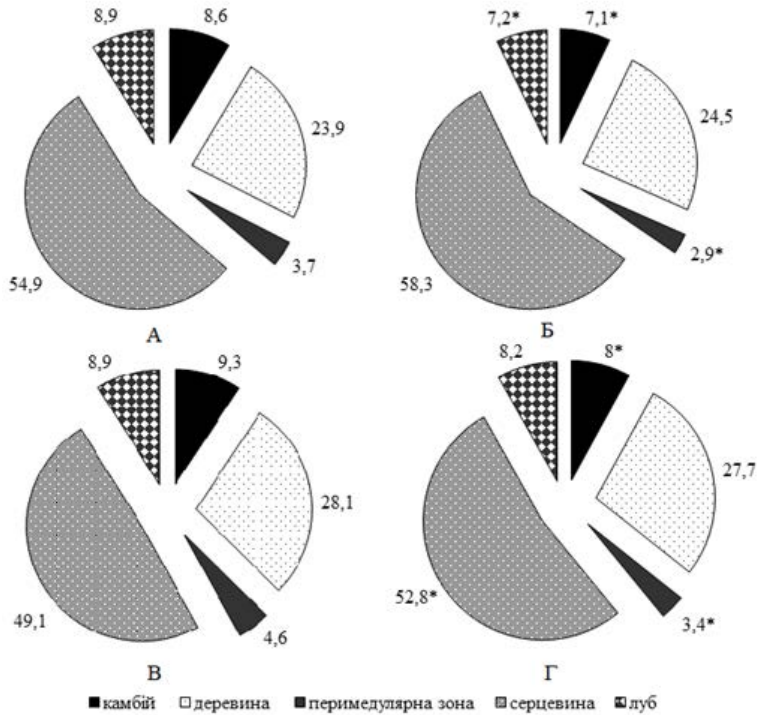


Рисунок 2 – Вплив техногенного забруднення на співвідношення гістологічних елементів центрального циліндра стебла *Picea pungens*, %: А, Б – осі II порядку, В, Г – осі III порядку; моніторингові точки: А, В – контроль, Б, Г – техногенна зона

Figure 2 – The influence of technogenic pollution on the share of the central cylinder histological elements of stem of the *Picea pungens*, %: А, Б – axes II, В, Г – axes III; monitoring points: А, В – reference area, Б, Г – technogenic zone

Під впливом емісій коксохімічного заводу [9] у *F. excelsior* частки серцевини і твердого лубу від усіх тканин стели зменшуються порівняно з показниками контрольних рослин, а м'якого лубу та ксилеми – зростають; у *F. pennsylvanica* частка серцевини підвищується, ксилеми зменшується; у *F. lanceolata* зростає частка серцевини, частки інших складових центрального циліндра стебла не

відрізняються від відповідних параметрів дерев умовно чистої зони.

Висновки

1. За хронічної дії на рослини *P. pungens* викидів автотранспорту і промислових емісій мають місце зміни співвідношення складових частин пагона у бік збільшення частки центрального циліндра та зменшення об'єму покривних тканин і первинної кори в загальному об'ємі стебла.

2. Під впливом техногенного забруднення довкілля в бічних пагонах обох типів суттєво зменшуються порівняно з контрольними величинами частки перидерми, камбію та перимедулярної зони (від загального об'єму стебла), а в пагонах подовження скелетних гілок – і частка вторинної кори.

3. У подальшому буде досліджено вплив антропогенного стресу на процеси закладання та формування складових частин стебла *P. pungens*.

Література:

1. Бессонова В. П., Юсипіва Т. І. Морфо-анатомічні показники хвої *Pinus pallasiana* D. Don. у різних лісорослинних умовах протиерозійного насадження. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. 8(1). Р. 851–858. doi: 10.15421/2017_285.

2. Грицай З. В., Наливайченко А. В. Вплив викидів Придніпровської ТЕС м. Дніпро на анатомічні показники стебла однорічного пагона представників роду *Acer*. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивациі земель*. 2017. Т. 46. С. 86–91.

3. Грицай З. В., Шупранова Л. В. Вплив викидів Придніпровської ТЕС м. Дніпропетровськ на анатомічні показники стебла дворічного пагона представників роду *Tilia*. *Вісник Дніпропетровського університету. Серія Біологія. Екологія*. 2015. 23(2). С. 230–235. doi:10.15421/011534.

4. Зайцева І. О., Долгова Л. Г. Фізіолого-біохімічні основи інтродукції деревних рослин у Степовому Придніпров'ї. *Дніпропетровськ : Вид-во ДНУ, 2010. 388 с.*

5. Криворучко А. П., Бессонова В. П. Характеристика листків *Quercus rubra* L. та *Quercus robur* L. за солітерного та

групового зростання. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. Вип. 8(1). С. 64–74. doi: 10.15421/2017_188.

6. Криворучко А., Бессонова В. Показники анатомічної структури листків дуба червоного (*Quercus rubra* L.) в урботехногенних умовах. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2017. Вип. 76. С. 29–33.

7. Луговской А. М. Мониторинг природной среды методом индикации сосны обыкновенной в условиях техногенеза Русской равнины: автореф. дис. ... докт. геогр. наук: 25.00.23. Воронежский педун-т. Воронеж, 2004. 398с.

8. Юсупіва Т. І. Вплив промислового забруднення на гістологічні показники первинної кори стебла представників роду *Fraxinus* L. *Вісник Дніпропетровського університету. Серія Біологія. Екологія*. 2005. 13(1). С. 295–301. DOI <https://doi.org/10.15421/010553>.

9. Юсупіва Т. І. Вплив промислового забруднення на гістологічні показники центрального циліндра стебла представників роду *Fraxinus* L. *Вісник Дніпропетровського університету. Серія Біологія. Екологія*, 2006. 14(2). С. 207–213. DOI <https://doi.org/10.15421/010689>.

10. Юсупіва Т. І., Полякова Є. О. Анатомічні показники пагона *Picea pungens* Engelm. у техногенних умовах міста Дніпро. *Питання біоіндикації та екології. Запоріжжя* : ЗНУ, 2019. Вип. 24, № 1. С. 64–77. DOI <http://doi.org/10.26661/2312-2056/2019-24/1-05>.

11. Bessonova V. P., Kryvoruchko A. P. Changes in the structural indices of annual shoots of *Quercus rubra* under anthropogenic impact. *Biosystems diversity*, 2017. 25(3). P. 191–196. doi:10.15421/011729.

12. Iusypiva T., Miasoid G. The Impact of Industrial Pollution on the Stem Anatomical Characteristics of Woody Plant Undergrowth in the City of Dnipro, Ukraine. *International Letters of Natural Sciences*. 2017. 65. P. 1–9. doi:10.18052/www.scipress.com/ILNS.65.1.

13. 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.

14. *Yusypiva T., Miasoid H. The state of bio-ecological characteristics of the one-year shoot of Robinia pseudoacacia L. under the conditions of industrial pollution. Ekológia (Bratislava).2019. 38(3). P. 240–252.DOI:10.2478/eko-2019-0019.*

IMPACT OF THE DNIPRO CITY TECHNOGENIC CONDITIONS ON THE RATIO OF HISTOLOGICAL ELEMENTS

OF *PICEA PUNGENS* ENGELM. STEMS

Yusypiva T. I., Poliakova Ye. O.

Oles Honchar Dnipro National University

JusypivaTatjana@i.ua

Strengthening the technogenic burden on nature and the development of urbanization leads to the transformation and degradation of ecosystems of different levels. One of the ways to optimize the urban environment is to create park type plantations and simulate artificial phytocoenoses with the domination of wood species. An important role in them is played by conifers. However, the urban environment negatively affects the functioning of plants that are adapted to stress through anatomical-morphological rearrangements of the organism.

The purpose of the work is to identify changes in the ratio of histological elements in the stems of the annual *Picea pungens* shoots in conditions of the technogenic zone of Dnipro city. It was found that the diameter of the stem in the blue spruce under the influence of industrial phytotoxicants does not change significantly in comparison with the plants on the reference area, which can be explained by mutual compensatory mechanisms, such as the reduction of the thickness of the protective tissues and the primary cortex is balanced by increasing the radius of the wood and the diameter of the stem pith. It has been shown that when *P. pungens* plants are exposed to chronic affect of motor vehicle emissions and industrial emissions, there are changes in the ratio of the shoot elements towards an increase in the proportion of the central cylinder and a decrease in the volume of the covering tissues and primary cortex in the total volume of the stem. It was found that under the influence of technogenic pollution in the lateral shoots of

both types the values of the periderm, cambium and medullary sheath reduce significantly compared with the reference area in the total volume of the stem, and in shoots of elongation of the skeletal branches the proportion of secondary cortex also goes down.

DOI <https://doi.org/10.26661/2312-2056/2019-24/2-09>

УДК 712.253:635.925(477.63-21)

**ВИДОВЕ РІЗНОМАНІТТЯ ТА ЖИТТЄВИЙ СТАН
ДЕРЕВНИХ РОСЛИН У НАСАДЖЕННЯХ ПРОСПЕКТУ
ІВАНА МАЗЕПИ м. ДНІПРО**

Бессонова В. П., Іванченко О. Є.

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет
ivanchenko_78@ukr.net*

Досліджено біорізноманіття та санітарний стан деревних насаджень проспекту Івана Мазепи м. Дніпро, який характеризується високим рівнем антропогенного забруднення. На ділянці зростає 484 екз. рослин, які відносяться до 22-х видів і 13-ти родин. Переважно це рядові посадки, інколи групи. Найбільшу репрезентованість мають *Acer platanoides*, *Aesculus hippocastanum* та *Tilia cordata*. Найчисельнішою родиною за числом особин є *Aceraceae*. За кількістю дерев на пр. Івана Мазепи переважають рослини місцевої флори – 62,39 % щодо усіх екземплярів. Висота дерев коливається у межах від 2 до 26 м, найбільша кількість відноситься до діапазону 14–15,9 м. Найрозповсюдженішими є рослини з діаметром стовбура від 38 до 41,9 см (13,6 % щодо усіх рослин). За життєвим станом 31,8 % рослин відносяться до категорії «здорові». Асортимент деревних рослин підібраний лише з частковим врахування їх вимог до умов зростання – режиму зволоження, родючості ґрунту та атмосферного забруднення.

м. Дніпро, проспект Івана Мазепи, дендрофлора, таксаційні показники, життєвий стан

Стрімкий розвиток промисловості та різних видів транспорту все більше викликає якісні й кількісні зміни атмосферних викидів, до таких об'ємів і токсичності, які вже не можуть бути небезпечними для людини [7]. У найгіршому стані опинились промислово розвинуті регіони України, де спостерігаються високі концентрації шкідливих речовин у повітрі [23]. Дніпропетровська область робить суттєвий внесок

у забруднення атмосферного повітря нашої країни, а саме 20–25 % від валового викиду по Україні [2].

Одним із компонентів природного середовища, який компенсує забруднення повітря емісіями промисловості та транспорту, є насадження уздовж вулиць і доріг. Їх газопродуктивний, пило- та газопоглинаючий потенціал, шумозахисні властивості обумовлені структурою, видовим складом, віком і станом посадок. Ступінь зниження рівня забрудненості повітряного басейну залежить від будови вуличних деревних насаджень і варіює від 4–7 % (при однорядних) до 60–70 % (для багаторядних деревно-чагарникових насаджень) [13, 15].

Виконуючи захисні функції, рослини, висаджені уздовж вулиць і доріг, зазнають високих техногенних навантажень – тут істотно трансформуються умови їх зростання. З причин зниження життєвості рослин у придорожніх посадках слід зазначити, перш за все, забруднення повітря і ґрунтів. Тому проблема дефіциту рослинності стає все більш актуальною у великих містах, де число нових будинків зростає з кожним роком величезними темпами. Нестача рослинності становить не тільки естетичну проблему, але й екологічну, коли мала кількість зелених насаджень негативним чином впливає на місцевий мікроклімат і екологічний стан довкілля.

Питанням оцінки видового різноманіття та життєвості вуличних насаджень займалися багато дослідників в Україні, а саме у Сумах [17], Умані [16], Хмельницькому [8], Житомирі [21]. У м. Дніпро відомі роботи з дослідження видового складу, життєвості та таксономічного складу зелених смуг вздовж найкрупніших автодоріг [5, 6, 10], проте це недостатньо для уявлення про їх стан та виконання ними санітарно-гігієнічної та естетичної функцій. Вивчення різноманіття дендрофлори вуличних насаджень та життєвого стану у відповідності екологічним умовам зростання є актуальним у зв'язку з необхідністю створення бази даних для моніторингу та подальшої їх реконструкції.

Мета досліджень: дослідити видове різноманіття, таксаційні показники та життєвий стан деревних насаджень проспекту Івана Мазепи м. Дніпро.

Матеріали та методи досліджень

Об'єктом дослідження були зелені насадження проспекту Івана Мазепи. Довжина вулиці становить 2,0 км. Джерелом забруднення атмосферного повітря на проспекті виступають п'ять заводів, що знаходяться в середньому на відстані 2,5–3 км від району дослідження. Це коксохімічний завод «Дніпрококс», Дніпровський металургійний завод, Дніпровський трубний завод та Дніпроважмаш [19], вагомий вклад вносять вихлопні гази автотранспорту, інтенсивність руху якого складає близько 31 800 автомобілів за добу.

На території Дніпровського політехнічного коледжу (пр. І. Мазепи) знаходиться пост спостереження (рис. 1), згідно даним якого індекс забруднення атмосферного повітря становить – 12,4 (від 7,0–14,0) (високий рівень).

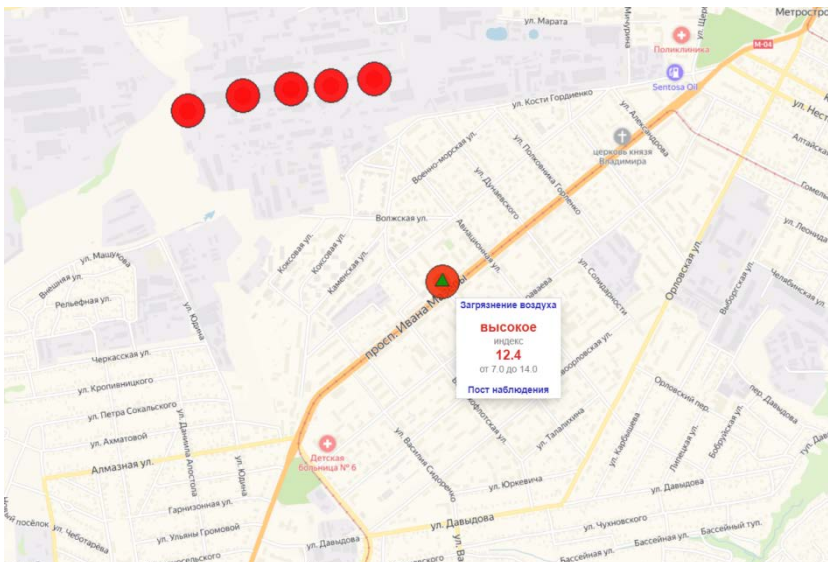


Рисунок 1 – Індекс забруднення повітря у районі проспекту Івана Мазепи

Figure 1 – Air pollution index near Ivan Mazepa Avenue

Інвентаризацію деревних насаджень пр. Івана Мазепи проводили згідно рекомендацій [11]. Аналіз видового складу деревних рослин здійснювали за визначником Д. Н.

Доброчасвої зі співавт. [18], а також користувалися довідковими виданнями [9, 12, 14]. Видове багатство дендрофлори розраховували за формулою:

$$R = \frac{V - 1}{\lg N}$$

де V – число видів; N – число особин.

Для оцінки життєвого стану рослин нами була використана шкала запропонована Х.Г. Якубовим [24], яка є модифікованою шкалою В.А. Алексєєва [1]. Для розрахунку індексу стану деревостану та оцінки його пошкодження використовували формули В.А. Алексєєва:

$$L_n = \frac{100n_1 + 70n_2 + 40n_3 + 5n_4}{N},$$

де L_n – відносний життєвий стан деревостану, розрахований за кількістю дерев; n_1 – кількість здорових, n_2 – ослаблених, n_3 – сильно ослаблених, n_4 – дерев, що відмирають; N – загальна кількість дерев на пробній площі.

$$D_n = \frac{30n_2 + 60n_3 + 95n_4 + 100n_5}{N},$$

де D_n – пошкодженість деревостану, %; n_2, n_3, n_4, n_5 – кількість дерев пошкоджених (ослаблених), сильно пошкоджених, дерев, що усихають та сухоостою на пробній площі, шт.; відповідно 30, 60, 95 та 100 – коефіцієнти, які виражають пошкодженість різних категорій дерев, %; N – загальна кількість дерев на пробній площі (включаючи кількість здорових дерев), шт.

Діаметр стовбура визначали на висоті грудей (1,3 м), за допомогою мірної вилки, а висоту кожного дерева – висотоміром *Suunto Pm-5/1520*. Розподіл дерев на групи за відношенням до вологи та живильності ґрунту здійснювали за шкалами О. Л. Бельгарда [3], П. С. Погребняка [20] та Л. С. Савельєвої [22], до забруднення повітря за [4].

Результати та їх обговорення

На території проспекту Івана Мазепи зростає 484 шт. дерев. Зелені насадження простягаються по обидва боки проспекту у вигляді однорядної посадки, але біля будинку № 1 розміщена ділянка, на якій зростають групою – *Populus nigra*, *Acer platanoides*, *Juglans regia*, *Spiraea media* та плодові дерева – *Prunus domestica*, *Armeniaca vulgaris*, *Syringa vulgaris* та *Morus alba*. Після перетину проспекту І. Мазепи з вулицею Олександрова зростають групові посадки дерев, серед яких *Robinia pseudoacacia*, *Acer platanoides*, *Betula pendulata* *Ulmus pumila*. Поблизу Політехнічного коледжу дерева висаджені у два ряди, які складаються з *Acer platanoides* та *Acer pseudoplatanus*, *Tilia cordata* та *Tilia platyphyllos*, а також *Populus nigra*. Слід зазначити, що великі ділянки проспекту оголені перед магазинами, аптекою та на зупинках маршрутного таксі, які розташовані навпроти зупинок трамваю.

Дендрофлора представлена 19-ма видами дерев та 3-ма видами чагарників, які належать до 13-ти родин (табл. 1). Але, якщо врахувати, що 7 видів рослин: *Juglans regia*, *Morus alba*, *Prunus domestica*, *Spiraea media*, *Armeniaca vulgaris*, *Ligustrum vulgare* та *Syringa vulgaris* зростають тільки у прибудинковому сквері, то асортимент дерев, що озеленюють проспект, бідний – 14 видів. Найбільшою кількістю екземплярів представлений *Acer platanoides* – 162 екз., що становить 33,5 % щодо усього числа дерев на проспекті. Значну частку від загального видового складу також складають *Aesculus hippocastanum* (17,9 %) та *Tilia cordata* (13,8 %). Всього трьома екземплярами презентовані *Salix alba*, *Populus simonii*, двома – *Prunus domestica*, *Ailanthus altissima* та *Tilia platyphyllos*, одним – *Armeniaca vulgaris*.

Розрахований індекс видового багатства деревних насаджень проспекту І. Мазепи дорівнює 7,83, а без обліку видів рослин прибудинкового скверу – 6,09. Порівняно з іншими дослідженими нами раніше вулицями м. Дніпро цей показник є найменшим. Так, наприклад, на пр. Нігояна він дорівнює 8,87 [5], для насаджень вул. Савченка складає 16,15 [10], а для Запорізького шосе та пр. Гагаріна – 11,84 [6]. Беручи

– Питання біоіндикації та екології. 2019. Вип. 24, № 2 –

до уваги цей показник, можна констатувати монотонність насаджень, оскільки кількісно переважають дерева трьох видів.

Таблиця 1 – Розподіл деревної рослинності насаджень пр. І. Мазепи за родинами

Table 1 – Tree species distribution of Ivan Mazepa Avenue plantings by families

Родина	Вид	Кількість, шт.	Кількість від загального числа дерев у насадженні, %	Кількість дерев у родині від загальної кількості дерев у насадженні, %
1	2	3	4	5
Березові (<i>Betulaceae</i> C.A. Agardh.)	Береза повисла (<i>Betula pendula</i> Roth.)	5	1,03	1,03
Горіхові (<i>Juglandaceae</i> Lindl.)	Горіх грецький (<i>Juglans regia</i> L.)	9	1,85	1,9
В'язові (<i>Ulmaceae</i> Mirb.)	В'яз низький (<i>Ulmus pumila</i> L.)	15	3,10	3,1
Шовковицеві (<i>Moraceae</i> Lindl.)	Шовковиця біла (<i>Morus alba</i> L.)	4	0,83	0,83
Вербові (<i>Salicaceae</i> Lindl.)	Вербка біла (<i>Salix alba</i> L.)	3	0,62	3,3
	Тополя чорна (<i>Populus nigra</i> L.)	10	2,06	
	Тополя Сімона (<i>Populus simonii</i> Carriere)	3	0,62	
Липові (<i>Tiliaceae</i> Juss.)	Липа сердцелиста (<i>Tilia cordata</i> Mill.)	67	13,84	14,3
	Липа широколиста (<i>Tilia platyphyllos</i> Scop.)	2	0,41	
Розові (<i>Rosaceae</i> Juss.)	Абрикос звичайний (<i>Armeniaca vulgaris</i> Mill.)	1	0,20	2,5
	Слива домашня (<i>Prunus domestica</i> L.)	2	0,41	
	Спірея середня (<i>Spiraea media</i> Erz. Schmidt)	9	1,85	
Бобові (<i>Fabaceae</i> Lindl.)	Робінія звичайна (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)	16	3,30	3,3
Кленові (<i>Aceraceae</i> Lindl.)	Клен гостролистий (<i>Acer platanoides</i> L.)	162	33,47	40,1
	Клен несправжньо-платановий (<i>Acer pseudoplatanus</i> L.)	5	1,03	
	Клен ясенелистий (<i>Acer negundo</i> L.)	27	5,58	

Продовження таблиці 1
Table 1 (cont'd)

1	2	3	4	5
Гіркокаштанові (<i>Hippocastanaceae</i> L.)	Гіркокаштан звичайний (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.)	87	17,9	17,9
Симарубові (<i>Simaroubaceae</i> DC.)	Айлант найвищий (<i>Ailanthus altissima</i> Mill.)	2	0,41	0,41
Маслинові (<i>Oleaceae</i> Lindl.)	Бирючина звичайна (<i>Ligustrum vulgare</i> L.)	32	6,61	10,5
	Бузок звичайний (<i>Syringa vulgaris</i> L.)	5	1,03	
	Ясен звичайний (<i>Fraxinus excelsior</i> L.)	14	2,89	
Бігнонієві (<i>Bignoniaceae</i> Pers.)	Катальпа бігнонієвидна (<i>Catalpa bignonioides</i> Walt.)	4	0,83	0,83
	22	484	100	100

Найбільша кількість видів відноситься до таких родин як *Rosaceae*, *Oleaceae*, *Salicaceae* та *Aceraceae* – по 3 види. Родині *Tiliaceae* представлена у насадженнях 2-ма видами – *Tilia platyphyllos* та *Tilia cordata*. Інші родини репрезентовані по одному виду кожна. Найчисельнішою родиною є *Aceraceae* (194 шт. або 40,1 % від загальної кількості дерев). Найменша кількість особин відноситься до родин *Simaroubaceae*, *Betulaceae*, *Hippocastanaceae*, *Juglandaceae*, *Bignoniaceae*, *Fabaceae* та *Moraceae*.

У вуличному насадженні виявлено 14 видів інтродукованих рослин (63,63 % від загальної кількості видів) та 8 аборигенних (36,37 %) (табл. 2). Отже, кількість інтродукованих видів деревних рослин більша, ніж автохтонних. За кількістю екземплярів на пр. Івана Мазепи переважають рослини місцевої флори – 62,39 % щодо усіх екземплярів, головним чином за рахунок таких розповсюджених порід як *Acer platanoides* та *Tilia cordata*.

– Питання біоіндикації та екології. 2019. Вип. 24, № 2 –

Таблиця 2 – Розподіл дерев на пр. І. Мазепи за природним ареалом

Table 2 – Distribution of trees on the I. Mazepa avenue by natural habitat

№ п/п	Вид	Первинний ареал
1	<i>Armeniaca vulgaris</i>	Середня Азія та гірські ліси Тянь-Шаню
2	<i>Acer pseudoplatanus</i>	Центральна Європа (Західна Україна), Кавказ
3	<i>Acer negundo</i>	Північна Америка
4	<i>Tilia cordata</i>	Абориген
5	<i>Robinia pseudoacacia</i>	Північна Америка
6	<i>Ligustrum vulgare</i>	Абориген
7	<i>Syringa vulgaris</i>	Балкани
8	<i>Fraxinus excelsior</i>	Абориген
9	<i>Populus simonii</i>	Монголія та північні райони Китаю
10	<i>Populus nigra</i>	Абориген
11	<i>Morus alba</i>	Східний Китай
12	<i>Salix alba</i>	Абориген
13	<i>Juglans regia</i>	Середня Азія
14	<i>Tilia platyphyllos</i>	Південна та Середня Європа (західна Україна)
15	<i>Prunus domestica</i>	Східний Кавказ
16	<i>Betula pendula</i>	Абориген
17	<i>Spiraea media</i>	Абориген
18	<i>Ulmus pumila</i>	Східна і Південна Азія
19	<i>Catalpa bignonioides</i>	Північна Америка
20	<i>Ailanthus altissima</i>	Північний Китай
21	<i>Aesculus hippocastanum</i>	Гірські ліси південного Балканського півострова (Македонія)
22	<i>Acer platanoides</i>	Абориген
Всього	22	Аборигенів – 36,37 %
		Інтродуцентів – 63,63 %

Висота дерев на проспекті Івана Мазепи коливається у межах від 2 до 26 м (табл. 3). До таблиці увійшли лише деревні породи. Найбільша кількість дерев має висоту в діапазоні 14–15,9 м – це 25,4 % від загального числа дерев у насадженні, з них найбільше екземплярів клену гостролистого – 38,8 % від обсягу екземплярів цього виду. 10 дерев *Populus nigra* мають

найбільшу висоту – 9 екз. віднесені до класу 22–23,9 м, і одне – заввишки 26 м. Висота чагарників коливається від 2 до 3,9 м.

У таблиці 4 представлено розподіл деревних насаджень проспекту Івана Мазепи за діаметром штамбу. Для зручності сприйняття матеріалу до таблиці не ввійшли чагарники і види, репрезентованість яких менша за 3 екз. Найрозповсюдженішими є дерева з діаметрами 38–41,9 см – це 13,6 % від загальної кількості екземплярів (табл. 4). Найбільшу кількість дерев у даному класі діаметрів має *Acer platanoides* (33 екз.), що становить 20,4 % від усіх насаджень на проспекті та *Aesculus hippocastanum* – 18 шт. або 20,7 %. Найрідше зустрічаються дерева із діаметрами 82–85,9 та 90–93,9 см – по 0,2 % від загального числа дерев у насадженні. Це *Salix alba* та *Ulmus pumila* по одному екземпляру. В групі діаметрів 94–97,9; 106–109,9 та від 114 до 126–129,9 см не входить жодне дерево. Найтовщим деревом (130–133,9 см) у насадженні є *Populus nigra* у кількості 2 шт. Серед плодкових дерев, які представлені поодинокими екземплярами, одне дерево *Armeniaca vulgaris* відноситься до категорії 46–49,9 см, *Prunus domestica* – по одному екземпляру у групах 6–9,9 та 10–13,9 см. Дереву *Salix alba* у кількості 3 шт. входять до груп зі значеннями цього показника 6–9,9; 14–17,9 та 82–85,9 см, *Populus simonii* (3 екз.) – від 70 до 81,9 см, *Tilia platyphyllos* (2 екз.) – 34–37,9 та 42–45,9 см, *Ailanthus altissima* (2 екз.) – 6–9,9 та 54–57,9 см.

Оцінка життєвого стану листяних деревних порід вказує, що до категорії «здорові» відноситься 31,8 % щодо їх кількості. Це рослини з зеленими блискучими листками, густою кроною та нормальним приростом. Чимало дерев відноситься до помірно ослаблених – 20,2 % (табл. 5). Загалом частка пошкоджених рослин складає 50,0 %. У насадженні не виявлено сухостою минулих років, але один екземпляр *Acer platanoides* є свіжим сухостоем. За врахуванням категорій життєвого стану рослин найбільш стійкими виявилися *Acer negundo*, *Robinia pseudoacacia* та *Ligustrum vulgare* – 88,8; 87,5 та 68,7 %. У найгіршому стані знаходиться *Aesculus hippocastanum*, пошкоджений мінуючою міллю.

Продовження таблиці 3
Table 3 (cont'd)

- Питання біоіндикації та екології. 2019. Вип. 24, № 2 -

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Morus alba</i>			3 75	1 25									4
<i>Populus nigra</i>											9 90	1 10	10
<i>Populus simonii</i>									1 33,3	2 66,6			3
<i>Armeniaca vulgaris</i>				1 100									1
<i>Prunus domestica</i>		2 100											2
<i>Robinia pseudoacacia</i>			2 12,5		3 18,7	3 18,7	4 25	4 25					16
<i>Salix alba</i>				2 66,6 33,3	1 33,3								3
<i>Tilia cordata</i>			1 1,5	6 8,9	12 17,9	11 16,4	18 26,8	17 25,4	2 2,9				67
<i>Tilia platyphyllos</i>							1 50	1 50					2
<i>Ulmus pumila</i>					2 13,3	1 6,6	2 13,3	3 20	5 33,3	2 13,3			15
Всього		9	9	31	66	82	123	83	22	6	9	1	441
% від загальної кількості дерев		2,0	2,0	7,0	14,9	18,6	27,9	18,8	4,9	1,4	2,0	0,2	100

Таблиця 4 – Розподіл дерев на проспекті Івана Мазепи за діаметрами
 Table 4 – Distribution of trees on Ivan Mazepa Avenue by diameters

Порода	Розряди діаметрів, см																	
	2-5,9	6-9,9	10-13,9	14-17,9	18-21,9	22-25,9	26-29,9	30-33,9	34-37,9	38-41,9	42-45,9	46-49,9	50-53,9	54-57,9	58-61,9	62-65,9	Всього	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
<i>Acer negundo</i>			2		7	4	6		1	2	1	1						
			7,4		25,9	14,8	22,2		3,7	7,4	3,7	3,7						
<i>Acer platanoides</i>						3	7	11	20	33	24	27	16	10	7	4		
						1,8	4,3	6,8	12,3	20,4	14,8	16,6	9,9	6,2	4,3	2,5		
<i>Acer pseudoplatanus</i>			1						1		1		2					
			20						20		20		40					
<i>Aesculus hippocastanum</i>							7	8	6	18	5	10	14	5	3	7		
							8,1	9,2	6,9	20,7	5,7	11,5	16,1	5,7	3,4	8,1		
<i>Betula pendula</i>										3	2							
										60	40							
<i>Catalpa bignonioides</i>					1		1				1	1						
					25		25				25	25						
<i>Fraxinus excelsior</i>			1			3	3	1		1						2		
			7,1			21,4	21,4	7,1		7,1						14,2		
<i>Juglans regia</i>			1	3		1	2	1	1									
			11,1	33,3		11,1	22,2	11,1	11,1									
<i>Morus alba</i>			1		1	1	1											
			25		25	25	25											
<i>Robinia pseudoacacia</i>			1	1	1	1	1		1					3	3			
			6,25	6,25	6,25	6,25	6,25		6,25					18,7	18,7			

- Питання біоіндикації та екології. 2019. Вип. 24, № 2 -

Продовження таблиці 4
Table 4 (cont'd)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
																		Розряди діаметрів, см
<i>Tilia cordata</i>	66-69,9	70-73,9	74-77,9	78-81,9	82-85,9	86-89,9	90-93,9	94-97,9	98-101,9	102-105,9	106-109,9	110-113,9	114-117,9	118-121,9	122-125,9	126-129,9	130-133,9	Всього
<i>Ulmus pumila</i>																		
% від загальної кількості дерев	-	-	7	4	11	18	40	32	40	67	39	44	38	22	16	17	-	
	-	-	1,6	0,9	2,6	4,2	9,4	7,5	9,4	15,7	9,1	10,3	8,9	5,2	3,7	4,0	-	
Порода	66-69,9	70-73,9	74-77,9	78-81,9	82-85,9	86-89,9	90-93,9	94-97,9	98-101,9	102-105,9	106-109,9	110-113,9	114-117,9	118-121,9	122-125,9	126-129,9	130-133,9	Всього
<i>Asper peginudo</i>				2														
				7,4														
<i>Alexisilus hippocastanum</i>	3			1		1												
	3,4			1,1		1,1												
<i>Fraxinus excelsior</i>	1	1	1															
	7,1	7,1	7,1															
<i>Populus nigra</i>																		
<i>Robinia pseudoacacia</i>	2			1		1												
	12,5			6,2		6,2												
<i>Ulmus pumila</i>			2	3														
			13,3	20														
% від загальної кількості дерев	6	1	3	7	-	3	1	-	3	4	-	2	-	-	-	2	427	100
	1,4	0,2	0,7	1,6	-	0,7	0,2	-	0,7	0,9	-	0,5	-	-	-	0,5	4,0	100

Примітка: * – у чисельнику кількість екземплярів, шт., у знаменнику – % від загального числа дерев даного виду; до таблиці занесені тільки деревні породи з кількістю екземплярів більше 3-х

Індекс життєвого стану вуличних насаджень дорівнює 69,4. Це характеризує деревостан як пошкоджений (ослаблений). При розрахунку міри пошкоженості встановлено, що деревні насадження можна вважати пошкодженими – 31,6.

Таблиця 5 – Розподіл деревних рослин у насадженнях проспекту Івана Мазепи за категоріями життєвого стану

Table 5 – Distribution of woody plants of Ivan Mazepa Avenue plantings by categories of living conditions

Вид	Категорії стану дерев							Всього	Кількість особин від загальної кількості дерев, %
	0	1	2	3	4	5	6		
<i>Robinia pseudoacacia</i>	14		2					16	3,3
	87,5		12,5						
<i>Ligustrum vulgare</i>	22	10						32	6,6
	68,7	31,2							
<i>Salix alba</i>	2	1						3	0,6
	66,6	33,3							
<i>Ailanthus altissima</i>	2							2	0,4
	100								
<i>Betula pendula</i>	4	1						5	1,03
	80	20							
<i>Ulmus pumila</i>	6	5	4					15	3,1
	40	33,3	26,6						
<i>Catalpa bignonioides</i>		2	2					4	0,8
		50	50						
<i>Armeniaca vulgaris</i>		1						1	0,2
		100							
<i>Aesculus hippocastanum</i>					87			87	18
					100				
<i>Acer platanoides</i>	48		57	56		1		162	33,5
	29,6		35,1	34,5		0,6			

Продовження таблиці 5
Table 5 (cont'd)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Acer pseudoplatanus</i>	2	3						5	1,03
	40	60							
<i>Acer negundo</i>		24	3					27	5,6
		88,8	11,1						
<i>Tilia cordata</i>	23	37	7					67	13,8
	34,3	55,2	10,4						
<i>Syringa vulgaris</i>	5							5	1,03
	100								
<i>Tilia platyphyllos</i>	1	1						2	0,4
	50	50							
<i>Prunus domestica</i>	2							2	0,4
	100								
<i>Populus nigra</i>	2	7	1					10	2,1
	20	70	10						
<i>Morus alba</i>	3	1						4	0,8
	75	25							
<i>Spiraea media</i>	9							9	1,8
	100								
<i>Populus simonii</i>	1	2						3	0,6
	33,3	66,6							
<i>Fraxinus excelsior</i>	3		11					14	2,9
	21,4		78,5						
<i>Juglans regia</i>	5	3		1				9	1,8
	55,5	33,3		11,1					
Всього, шт.	154	98	87	57	87	1	-	484	-
Всього, %	31,8	20,2	18,0	11,8	18,0	0,2	-	-	100

Примітка: * – у чисельнику кількість екземплярів, шт., у знаменнику – % від загального числа дерев даного виду

У насадженні виявлено значний відсоток рослин із сухими гілками – 27,3 %. Серед них найбільш уражені *Tilia cordata* (38 шт. або 56,7 %) та *Acer platanoides* (45 шт. або 27,7 %). Також багато рослин мають некроз листків (16,7 % від усіх рослин), з них значна частка відноситься до клена гостролистого (45,7 % щодо загальної кількості екземплярів цього виду). Капи присутні на 9 рослинах, а саме на *Ulmus pumila*, *Acer negundo* та *Tilia cordata*, 1,2 % насаджень мають морозобійні тріщини, 1,6 % – суховершість. Взагалі немає

деревних порід із відшаруванням кори, дуплами та тілами дереворуйнівних грибів.

Виявлено пошкодження листя деревних та чагарникових рослин шкідниками (табл. 6). Найбільше постраждав від ураження *A. platanoides* – 181,8 %, з них – 70,1 % крайове об'їдання, 58,4 % – дірчастість, 28,6 % – міни, 3,9 % – грубе об'їдання, 15,6 % – скелетування, 5,2 % – закручування листків. Також зазнали шкодочинної дії *Aesculus hippocastanum* на 100 % пошкоджений мінуючою міллю та *Tilia platyphyllos* – 81,7 % сумарного пошкодження, з яких найбільший відсоток має дірчастість листків. Найменшою інтенсивністю ушкодження характеризуються *Salix alba* – 1,9 % (крайове об'їдання асиміляційного апарату) та *Populus simonii* – 6,8 %, із них 6,2 % – крайове об'їдання, 0,6 % – закручування листків.

Важливим при аналізі структури зелених насаджень урбоєкосистем є поділ деревних порід щодо вимог до екологічних чинників, зокрема родючості ґрунту, вологості та стійкості до антропогенного забруднення.

Дослідження показали, що більшість деревних рослин є ксеромезофітами – 49,6 % (табл. 7). Серед усіх деревних та чагарникових рослин вуличного насадження значна кількість відноситься до групи мезофітів. Вони складають 38,0 % від загальної кількості дерев у насадженні.

Групи мезоксерофітів та мезогідрофітів є найменшими за чисельністю – 3,9 та 3,3 %, відповідно.

Розподіл дерев за відношенням до живильності субстрату свідчить, що на проспекті Івана Мазепи більшість рослинних видів відносяться до групи мегатрофів – 51,8 % від загальної кількості деревних порід, значну частку складають мезотрофи – 43 %. Найменше у насадженні оліготрофів – 5,2 % (табл. 8). Зважаючи на те, що ґрунти на даній території мало зволожені, не багаті на поживні речовини та вуличні посадки не поливаються, можна вважати, що деревні та чагарникові види підібрані переважно без урахування відповідності умовам зростання.

Аналіз розподілу деревних рослин у насадженні проспекту за стійкістю до антропогенного забруднення представлено у таблиці 9. До нестійких і малостійких рослин відноситься 71,3 та 1,7 % усіх екземплярів, відповідно.

Таблиця 6 – Пошкодження листя деревних та чагарникових рослин шкідниками, %

Table 6 – Damage to the leaves of woody and shrubby plants by pests, %

Вид	Крайове об'їдання	Дірчастість	Міни	Грубе об'їдання	Скелетування	Гали	Закручування листків	Сумарний рівень пошкодження*
<i>Acer negundo</i>	1,9	0,7		0,7	43,7		0,7	47,7
<i>Acer platanoides</i>	70,1	58,4	28,6	3,9	15,6		5,2	181,8
<i>Acer pseudoplatanus</i>		9,9	25,9	2,5				38,3
<i>Aesculus hippocastanum</i>			100					100
<i>Ailanthus altissima</i>	9,9			5,1				15
<i>Betula pendula</i>		12,8	3,2	17,9			2,6	36,5
<i>Fraxinus excelsior</i>	28,9			11,4			2,4	42,7
<i>Juglans regia</i>	9,5			4,8				14,3
<i>Ligustrum vulgare</i>	15,9	5,3						21,2
<i>Morus alba</i>	15,1			7,5				22,6
<i>Populus nigra</i>	22,9			4,7				27,6
<i>Populus simonii</i>	6,2						0,6	6,8
<i>Armeniaca vulgaris</i>		37,8					4,7	42,5
<i>Prunus domestica</i>	4,3		8,7		8,7			21,7
<i>Robinia pseudoacacia</i>							26,3	26,3
<i>Spiraea media</i>	24,8		2,9					27,7
<i>Syringa vulgaris</i>	15,1	20,7						35,8
<i>Salix alba</i>	1,9							1,9
<i>Tilia cordata</i>	19,1	7,7	2,6	4,5				33,9
<i>Tilia platyphyllos</i>	17,4	39,1		2,2	11,6	11,4		81,7
<i>Ulmus pumila</i>	9,8	2,7	1,8	0,9				15,2

Примітка: * – зазначено суму всіх пошкоджень листових пластинок видів деревних рослин, який може бути більший за 100 % внаслідок високого ураження

Таблиця 7 – Кількісна представленість деревних порід за групами за відношенням до вологи (за [3, 20])

Table 7 – Quantitative representation of wood species by groups in relation to moisture (by [3, 20])

Група	Назва рослини	Кількість, шт.	Кількість особин у групі від загальної кількості, %
Ксерофіти	<i>Ulmus pumila</i>	38	7,8
	<i>Robinia pseudoacacia</i>		
	<i>Ailanthus altissima</i>		
	<i>Armeniaca vulgaris</i>		
	<i>Morus alba</i>		
Мезоксерофіти	<i>Acer pseudoplatanus</i>	19	3,9
	<i>Juglans regia</i>		
	<i>Syringa vulgaris</i>		
Ксеромезофіти	<i>Acer platanoides</i>	227	46,9
	<i>Catalpa bignonioides</i>		
	<i>Ligustrum vulgare</i>		
	<i>Acer negundo</i>		
	<i>Prunus domestica</i>		
Мезофіти	<i>Tilia cordata</i>	184	38
	<i>Aesculus hippocastanum</i>		
	<i>Fraxinus excelsior</i>		
	<i>Spiraea media</i>		
	<i>Betula pendula</i>		
	<i>Tilia platyphyllos</i>		
Мезогідрофіти	<i>Populus simonii</i>	16	3,3
	<i>Salix alba</i>		
	<i>Populus nigra</i>		
Гідрофіти	–	–	–
Всього		484	100

Це найпоширеніші у насадження види – *Acer platanoides*, *Aesculus hippocastanum* та *Tilia cordata*. Стійкими та дуже стійкими виявилися тільки 16,6 % дерев. Оскільки дослідна ділянка розташована у забрудненій частині м. Дніпро (вплив викидів Західного промислового комплексу та автошлях з інтенсивним рухом транспорту), асортимент насаджень мало відповідає екологічним умовам місцевості.

Таблиця 8 – Кількісна представленість деревних порід за групами за відношенням до родючості ґрунту (за [3, 20])

Table 8 – Quantitative representation of tree species by groups in relation to soil fertility (by [3, 20])

Група	Вид	Кількість, шт.	Кількість особин у групі від загальної кількості, %
Оліготрофи	<i>Betula pendula</i>	25	5,2
	<i>Robinia pseudoacacia</i>		
	<i>Ailanthus altissima</i>		
	<i>Spiraea media</i>		
Мезотрофи	<i>Tilia cordata</i>	208	43
	<i>Tilia platyphyllos</i>		
	<i>Prunus armeniaca</i>		
	<i>Morus alba</i>		
	<i>Aesculus hippocastanum</i>		
	<i>Ulmus parvifolia</i>		
	<i>Ligustrum vulgare</i>		
Мегатрофи	<i>Acer platanoides</i>	251	51,8
	<i>Acer pseudoplatanus</i>		
	<i>Populus nigra</i>		
	<i>Salix alba</i>		
	<i>Syringa vulgaris</i>		
	<i>Catalpa bignonioides</i>		
	<i>Juglans regia</i>		
	<i>Acer negundo</i>		
	<i>Fraxinus excelsior</i>		
	<i>Prunus domestica</i>		
	<i>Populus simonii</i>		
Всього		484	100

Таблиця 9 – Розподіл деревних рослин проспекту Івана Мазепи за стійкістю до антропогенного забруднення (за [4])

Table 9 – Distribution of woody plants of Ivan Mazepa Avenue by resistance to anthropogenic pollution (by [4])

Групи деревних порід	Вид	Кількість, шт.	Кількість особин у групі від загальної кількості, %
Дуже стійкі	<i>Ailanthus altissima</i>	54	11,2
	<i>Robinia pseudoacacia</i>		
	<i>Ligustrum vulgare</i>		
	<i>Morus alba</i>		
Стійкі	<i>Armeniaca vulgaris</i>	26	5,4
	<i>Ulmus pumila</i>		
	<i>Populus nigra</i>		
Відносно стійкі	<i>Juglans regia</i>	51	10,5
	<i>Catalpa bignonioides</i>		
	<i>Fraxinus excelsior</i>		
	<i>Syringa vulgaris</i>		
	<i>Populus simonii</i>		
	<i>Prunus domestica</i>		
	<i>Spiraea media</i>		
	<i>Acer pseudoplatanus</i>		
Малостійкі	<i>Betula pendula</i>	8	1,7
	<i>Salix alba</i>		
Нестійкі	<i>Acer platanoides</i>	345	71,3
	<i>Tilia platyphyllos</i>		
	<i>Tilia cordata</i>		
	<i>Aesculus hippocastanum</i>		
	<i>Acer negundo</i>		
Всього		484	100

Таким чином, насадження проспекту Івана Мазепи складаються з 484 екз. деревних і чагарникових рослин, які представлені 22-ма видами, з яких 36,37 % є аборигенними. Деревя зростають у вигляді рядових посадок, рідше невеликими групами. Найрепрезентованими є *Acer platanoides*,

Aesculus hippocastanum та *Tilia cordata*. За висотою найчисельнішими виявили дерева в діапазоні від 14 до 15,9 м, за діаметром – від 38 до 41,9 см. За життєвим станом значна частка здорових рослин – 31,8 %, проте ослаблених нараховано 50,0 % щодо усіх дерев на ділянці. Серед пошкоджень у найбільшій мірі зустрічаються сухі гілки у кроні, ушкодження листкового апарату, у меншому ступені капи, морозобійні тріщини та суховерхість. За вимогами до абіотичних та антропогенних чинників представлений асортимент деревних рослин мало відповідає екологічним умовам, що склалися на території.

Висновки

1. Дендрофлора проспекту І. Мазепи представлена 19-ма видами деревних та 3-ма видами чагарникових рослин, які належать до 13-ти родин, із них 8 автохтонні, що складає 36,37 % від загальної кількості особин. Всього у насадженнях зростає 484 екз. рослин, серед яких переважають *Acer platanoides*, *Aesculus hippocastanum* та *Tilia cordata*.

2. Найбільша кількість дерев має висоту в діапазоні 14–15,9 м – це 27,9 % від загального числа дерев у насадженні, з них найбільше особин *Acer platanoides* (38,8 % від обсягу екземплярів цього виду). Найменша представленість дерев із висотою 26 м – 0,2 % від загальної кількості дерев, а саме один екземпляр *Populus nigra*. Висота чагарників коливається від 2 до 3,9 м.

3. За діаметром штамбу більшу репрезентованість мають дерева з діаметрами 38–41,9 см – 15,7 % від загальної кількості рослин. Найсуттєвішою кількістю дерев у даному діапазоні діаметрів представлений *Acer platanoides* – 20,4 % та *Aesculus hippocastanum* – 20,7 %. Найрідше зустрічаються дерева із діаметрами 82–85,9 та 90–93,9 см.

4. Більшість деревних рослин проспекту І. Мазепи є ксеромезофітами (49,6 %), які здатні витримувати незначну посуху, проте широко представлена група мезофітів, які вимагають систематичних поливів – 38,0 % від загальної кількості рослин. За відношенням до живильності ґрунту більшість рослин відносяться до групи мегатрофів (51,8 %), значну частку складають мезотрофи (43,0 %). Такий розподіл

свідчать про необхідність внесення добрив. Близько 73 % дерев на проспекті нестійкі або малостійкі до антропогенного забруднення, що має велике значення, оскільки дослідна ділянка знаходиться у сфері дії викидів підприємств Західного промислового комплексу та автотранспорту.

5. До категорії «здорові» відноситься 31,8 % рослин, з них найбільша кількість *Acer negundo*, *Robinia pseudoacacia* та *Ligustrum vulgare*. У найгіршому стані знаходиться *Aesculus hippocastanum*, усі екземпляри якого пошкоджені мінуючою міллю. Чимало дерев відноситься до помірно ослаблених – 20,2 %. Індекс життєвості деревостану вулиці дорівнює 69,4, що характеризує його як пошкоджений (ослаблений).

Література:

1. Алексеев В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев. Лесоведение. 1989. № 4. С. 51–57.
2. Баитаннік М. П., Жемера Н. С., Кіптенко Є. М., Козленко Т. В. Стан забруднення атмосферного повітря над територією України. Наукові парці УкрНДГМІ. 2014. Вип. 266. С. 70–93.
3. Бельгард А. Л. Степное лесоведение. Москва : Лесная промышленность, 1971. 336 с.
4. Бессонова В. П., Іванченко О. Є. Шкала стійкості декоративних деревних рослин до інгредієнтів викидів підприємств чорної металургії. Рослини та урбанізація : матеріали III міжнародної наук.-прак. конф. (Дн-ськ, 19–20 берез. 2013 р.). Дніпропетровськ, 2013. С. 84–87.
5. Бессонова В. П., Іванченко О. Є. Оцінка видового різноманіття та життєвого стану придорожніх насаджень пр. С. Нігояна м. Дніпро. Питання біоіндикації та екології. 2019. Вип. 24, № 1. С. 36–56. DOI <https://doi.org/10.26661/2312-2056/2019-24/1-03>
6. Бессонова В. П., Пономарьова О. А., Іванченко О. Є. Видове різноманіття та життєвий стан деревних насаджень вздовж автотраси південного напрямку м. Дніпропетровськ. Питання біоіндикації та екології. 2014. Вип. 19, № 2. С. 64–85.
7. Вітріщак С. В. Забруднення атмосферного повітря викладами автотранспорту – реальна небезпека нації. Молодий вчений. № 3 (06). 2014. С. 125–126.

8. Ганаба Д. В. Видове різноманіття та фітосанітарний стан деревних насаджень центральної частини міста Хмельницького. Вісник НУВГП. Сільськогосподарські науки: зб. наук. праць. Рівне : НУВГП, 2016. Вип. 2(74). С. 47–55.

9. Громадин А. В. Дендрология. Москва : Издательский центр «Академия», 2006. 360 с.

10. Иванченко О. Є. Таксономічний склад та життєвий стан деревних насаджень вул. Ю. Савченка м. Дніпро. Питання біоіндикації та екології. 2018. Вип. 23, № 2. С. 80–96. DOI <https://doi.org/10.26661/2312-2056/2018-23/2-06>.

11. Інструкція з технічної інвентаризації зелених насаджень у містах і селищах міського типу, затверджена Наказом Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики України від 24.12.2001 року. Офіційний вісник України. 2002. № 10. С. 223.

12. Калініченко О. А. Декоративна дендрология. Київ : Вища школа, 2003. 199 с.

13. Костежєвич Н. И. Озеленение городов и населенных мест в целях оздоровления климата. Лесоведение и лесное хозяйство. Минск, 1974. Вып. 3. С. 28–32.

14. Кохно М. А., Пархоменко Л. І. Дендрофлора України. Дикорослі й культивовані дерева і кущі. Покритонасінні частини І. Київ : Фітосоціоцентр, 2002. 447 с.

15. Левон Ф. М., Кузнєцов С. І. Загальні сьогоденні проблеми озеленення міст в Україні. Наук. вісник УкрДЛТУ: Міські сади і парки: минуле, сучасне і майбутнє. Львів : УкрДЛТУ. 2001. Вип. 11, 5. С. 226–230.

16. Марно-Куца О. Ю. Зелені насадження населених місць Черкащини: сучасний стан та перспективи розвитку : автореф. дис. канд. с.-г. наук. Львів, 2016. 340 с.

17. Мельник Т. І., Мельник А. В. Видовий склад і кількісна участь деревних порід у вуличних насадженнях міста Суми. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер. "Лісівництво та декоративне садівництво". Київ, 2013. Вип. 187 (3). С. 49–55

18. *Определитель высших растений Украины / Добрачаева Д. Н., Котов М. И., Прокудин Ю. Н. и др. Киев : Фитосоциоцентр, 1999. 546 с.*

19. *Павлов В. Л., Переметник Н. Н., Шевченко Б. Е. Экологический паспорт города Днепропетровска. Днепропетровск, 1999. 109 с.*

20. *Погребняк П. С. Общее лесоводство. Москва : Сельхозгиз, 1963. 250 с.*

21. *Рехнер Т. С., Муж Г. В. Видовий склад та фітосанітарний стан деревних насаджень вулиці Сергія Параджанова м. Житомир. Біологічні дослідження. 2017. С. 207–210.*

22. *Савельева Л. С. Устойчивость деревьев и кустарников в защитных лесных насаждениях. Москва : Лесн. промышленность, 1975. 168 с.*

23. *Тимошенко Л. В. Управління рівнем забруднення атмосферного повітря пересувними джерелами у промислового місті. Економічний вісник. 2013. № 3. С. 121–129.*

24. *Якубов Х. Г. Экологический мониторинг зеленых насаждений в Москве. Москва : ООО Стагирит-Н., 2005. 262 с.*

SPECIES DIVERSITY AND LIVING CONDITIONS OF WOODY PLANTS IN THE STANDS OF IVAN MAZEPA AVENUE, DNIPRO

Bessonova V. P., Ivanchenko O. E.

Dnipro State Agrarian and Economic University

ivanchenko_78@ukr.net

The object of the study was the green plantings of Ivan Mazepa Avenue. On the territory of the avenue grows 484 pcs. trees. Mostly these are single-row plantings, sometimes group plantings, for example, *Populus nigra*, *Acer platanoides*, *Juglans regia*, *Spiraea media* and fruit trees – *Prunus domestica* and *Armeniaca vulgaris*. Dendroflora is represented by 19 species of trees and 3 species of shrubs belonging to 13 families. The largest number of specimens is represented by *Acer platanoides*. The index of species richness of tree plantings of Ivan Mazepa Avenue is 7.83. The largest number of species belongs to such families as

Rosaceae, *Oleaceae*, *Salicaceae* and *Aceraceae* – 3 species each. The largest family is *Aceraceae* – 194 pcs. – 40.1 % of the total number of trees. By the number of specimens on Ivan Mazepa Ave., plants of local flora prevail – 62.39 % relative to all specimens.

The height of the trees on Ivan Mazepa Avenue ranges from 2 to 26 m. The largest number of trees has a height in the range of 14–15.9 m – this is 25.4 % of the total number of trees in the plantation. The most common are trees with diameters of 38–41.9 cm – this is 13.6 % of the total number of specimens. Less commonly found are trees with diameters 82–85.9 and 90–93.9 cm – 0.2 % of the total number of trees in the plantation. The tree with the largest trunk diameter (130–133.9 cm) in the stand is *Populus nigra* consisting of 2 pcs.

Most woody plants of the avenue are xeromesophytes (49.6 %), which are able to withstand minor droughts, but mesophytes are widely represented, which require systematic watering – 38.0 % of the total number of plants. In relation to soil fertility, most plants belong to the group of megatrophs (51.8 %), mesotrophs (43.0 %) have a significant share. About 73 % of the trees on the avenue are sensitive or unstable to anthropogenic pollution.

The «healthy» category includes 31.8 % of plants, of which the largest amount is of *Acer negundo*, *Robinia pseudoacacia* and *Ligustrum vulgare*. In the worst condition is *Aesculus hippocastanum*, all specimens of which are damaged by mining moths. A lot of trees are moderately weakened – 20.2 %. The vitality index of the tree stands of the experimental plot is 69.4, which characterizes it as damaged (weakened).

DOI <https://doi.org/10.26661/2312-2056/2019-24/2-10>

УДК 631.42

**ХАРАКТЕРИСТИКА ХІМІЧНИХ ТА ЕКОЛОГО-
МІКРОМОРФОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ
ТЕРНИКОВИХ ЕДАФОТОПІВ, ЩО ФОРМУЮТЬСЯ В
УМОВАХ ПІВНІЧНОГО ВАРІАНТУ ПРИРОДНИХ
БАЙРАЧНИХ ЛІСІВ СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ**

Будейко А. А., Полева Ю. Л.

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Alla.A.Buleyko@gmail.com

Розглядаються макроморфологічні, екологічні, хімічні властивості та структурний стан едафотопів під чагарниковими ценозами терену (*Prunus spinosa* L.). Основна увага приділяється багатофункціональним властивостям ценозів терену, що формуються в умовах північного варіанту природних байрачних лісів.

Макроморфологія, структурний стан, коефіцієнт структурності, фракція

В Україні особливої гостроти набувають питання екологічного стану земельного фонду. Надмірна розораність ґрунтів [1, 2, 7, 9] призводить до деградаційних явищ ґрунтового покриву, втрати найціннішого і невідтворюючого природного ресурсу – чорноземів.

Захист порушених земель здійснюється системою заходів з охорони чорноземних ґрунтів, у першу чергу створенням полезахисних лісових насаджень. Як доведено теорією і практикою, взаємодії лісових фітоценозів з чорноземними ґрунтами оптимізують навколишнє середовище, припиняють дію східних сухих вітрів, перетворюють поверхневий стік води в глибинний [5, 6, 10].

Таким чином, дослідження еколого-мікроморфологічних особливостей впливу терникових фітоценозів на формування едафотопів в умовах степової зони України має значний науковий та практичний інтерес.

Метою нашої роботи було дослідження макроморфологічних, мікроморфологічних, хімічних та еколого-біологічних особливостей едафотопів під

чагарниковими ценозами терну (*Prunus spinosa* L.), що формуються в умовах північного варіанту природних байрачних лісів.

Матеріали та методи дослідження

Об'єктами досліджень були ґрунти, що формуються в умовах північного варіанту природних байрачних лісів степової зони України.

Пробна площа (п.п. № 5 201-ЕН-АБ) розташована на захід від села Євелько-Миколаївка Новомосковського району, Дніпропетровської області. Широта 48°48'17.77" N, довгота 35°19'25.17" E.

Чагарниковий терниковий ценоз, властивий трофотопу Fe₂, що є найбільш оптимальним для зростання чагарників з терну колючого (*Prunus spinosa* L.) і трав'янистих лугових та лісових видів [3]. Терникові біогеоценози утворюють фітогенний потускул із промивним режимом зволоження.

Тип чагарнику – терен зі свіжим різнотрав'ям. Тип лісорослинних умов – суглинок свіжий (СГ₂). Типологічна формула: Fe₂(3ЧСГ₂/Тін(ч) – П=10Терн), звичайний чорнозем, суглинистий, чагарник тіньової структури.

Ґрунтові води – на глибині 18–20 м. Трав'янистий покрив – фрагментарний [12]: *Melica transsilvanica* Shur., *Calamagrostis epigeios* L., *Tanacetum vulgare* L., *Potentilla recta* L., *Melampyrum argyrocotum* Fisch., *Vinca herbacea* Waldst., *Artemisia absinthium* L.

За шкалою В. Г. Стадніченка [11] проводилось виявлення вилуговування карбонатів. Розшифрування мікроморфологічної організації ґрунтових монолітів і окремих агрегатних фракцій проводилось за О. І. Парфьоною, К. А. Яриловою [8].

Результати та їх обговорення

Макроморфологічна характеристика п.п. ОП.АБ 1. Н0 0–7 см. Напіврозкладена трухоподібна підстилка, що складається в основному з опадів терну.

Н1 7–50 см. Гумусний горизонт темного кольору. Кореневонасичений, в основному корінням з терну. Структура зерниста. Спостерігаються ходи ґрунтових безхребетних.

НЗ 50–110 см. Гумусний горизонт темного кольору. Структура горіхувато-глибиста, будова щільна. Щільність зростає. Горизонт скипання спостерігається з глибини 90 см, що обумовлює наявність процесу сильного вилугування, яке визначається за шкалою В. Г. Стадниченка [11].

Нр 110–130 см. Темного кольору гумусний горизонт з невеликими бурими краплями материнської породи, світліше попередніх горизонтів. Зрідка зустрічаються поодинокі корені та ходи ґрунтових безхребетних. Щільність зростає. Структура горіхувато-глибиста.

Хімічні особливості ґрунтів терникових біогеоценозів п/п № 5 201 - ЕН-АБ. Ґрунти терникових біогеоценозів (катена № 1) характеризуються ємністю поглинання 20,57–12,02 мг-екв на 100 г ґрунту. Спостерігається поступове наростання величини ємності поглинання із глибиною ґрунтового профілю до максимальних показників в горизонті 90–100 см.

Серед обмінних катіонів на першому місці за вмістом перебуває кальцій 8,62–15,28 мг-екв на 100 г ґрунту (71,76–74,3 % від Е). На другому – магній 2,45–4,34 мг-екв (20,39–21,11 % від Е). У розподілі кальцію й магнію за ґрунтовим профілем спостерігається така сама закономірність, що і в ємності поглинання.

Вміст гідролітичної кислотності становить 4,38–8,49 мг-екв із максимумом в горизонті 40–50 см, мінімумом в горизонті 50–60 см. За ступенем насиченості ґрунтів основами ці ґрунти в горизонтах 10–20, 30–40 та 40–50 см є ненасиченими, в інших горизонтах S більше 70 % і вони є насиченими основами. Як показав аналіз водної витяжки, ґрунти терникових біогеоценозів є не засоленими, сухий залишок становить 0,02–0,05 %, реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної, рН=7,12 – 7,36 (табл. 1).

Еколого-мікрорморфологічна характеристика п.п. № 5 201-ЕН-АБ.

Н₁ 0–30 см. Забарвлення темно-коричневого кольору спостерігається по всій площі шліфа, однорідне, що свідчить про високий ступінь гумусованості горизонту. Плазма гумусо-глиниста, однорідна, характеризує співвідношення скелета й плазми, ідентична степовій ціліні. Елементарна мікробудова – плазмово-пилувата, однорідна.

Скелет представлений пилюватими частками, розподіленими рівномірно в горизонті 0–10 см. Форма зерен скелета велика, їх поверхня обкатана. З мінералів переважає кварц, польові шпати, слюда.

Ґрунт рясно кореневонасичений. Свіжі рослинні залишки, що мало змінилися, обплетені грибними гіфами та перебувають у біопорах. В рослинних залишках спостерігаються розташовані в них екскременти кліщів, копроліти, які свідчать про активну діяльність ґрунтової мезофауни. Великі вуглеподібні частки овальної й округлої форм, спостерігаються групами й поодинокі. Тонкодисперсний гумус представлений гумонами, розподілений рівномірно, у вигляді згустків. Гумус перебуває в закріпленому стані [5].

Плазма гумусо-глиниста, однорідна, що свідчить про наявність тонкодисперсної органічної речовини. Внаслідок маскування гумусом анізотропія глинистих мінералів слабо помітна. Краплисте світіння плазми аналогічне ґрунтам еталонної степової цілини.

Мікроструктура неоднорідна. Домінують ділянки з губчатими мікробудовам. Агрегований матеріал, який займає незначну площу, сполучається з неагрегованим, що обумовлює інтенсивність структурування.

Пористість висока, між- та внутріагрегатна, з перевагою першої. Пори біогенного й фітогенного походження, є наслідком сільватизуючого впливу фітоценозів терну на ґрунт. Добре проглядаються ділянки більш щільні, з каналовидними порами й тріщинами (рис. 1, а–б).

Нр 50–70 см. Темно-коричневе забарвлення поєднується з ясно-коричневим, неоднорідне.

Елементарна мікробудова – плазмово-пилювата, однорідна, що характеризує співвідношення скелета й плазми.

Скелет під фітоценозами терну представлений пилюватими частками, розподіленими рівномірно. Найбільш великі форми зерен скелета подовжені, їхня поверхня обкатана.

Таблиця 1 – Характеристика хімічної особливості ґрунтів терникових біогеоценозів п/п № 5 201 - ЕН-АБ

Table 1 – Characterization of the chemical peculiarity of soils of ternary biogeocenoses s/n No. 5 201 - EN-AB

Горизонт, см	Ємність поглинання, мг-екв/100 г ґрунту, E	Обмінні катіони				Гідролітична кислотність, мг-екв/100 г ґрунту	Ступінь насиче- ності ґрунтів основами, %, S	Сухий запішок, %	рН водної витяжки
		Ca ⁺⁺		Mg ⁺⁺					
		мг-екв % від ємності	мг-екв % від ємності	мг-екв % від ємності	мг-екв % від ємності				
0–10	12,02	8,62	71,76	2,45	20,39	4,73	70,09	0,04	7,14
10–20	12,26	8,81	71,88	2,50	20,42	4,90	69,79	0,04	7,2
20–30	12,88	9,29	72,17	2,64	20,50	5,08	70,16	0,03	7,13
30–40	14,48	10,54	72,80	2,99	20,68	7,88	63,21	0,04	7,28
40–50	15,77	11,54	73,21	3,28	20,80	8,49	63,59	0,05	7,24
50–60	18,04	13,32	73,80	3,78	20,97	4,38	79,63	0,02	7,21
60–70	19,03	14,08	74,01	4,00	21,03	4,90	78,68	0,03	7,2
70–80	19,83	14,71	74,17	4,18	21,07	5,16	78,53	0,03	7,12
80–90	20,07	14,90	74,21	4,23	21,08	5,51	77,63	0,04	7,36
90–100	20,57	15,28	74,30	4,34	21,11	5,95	76,73	0,03	7,28

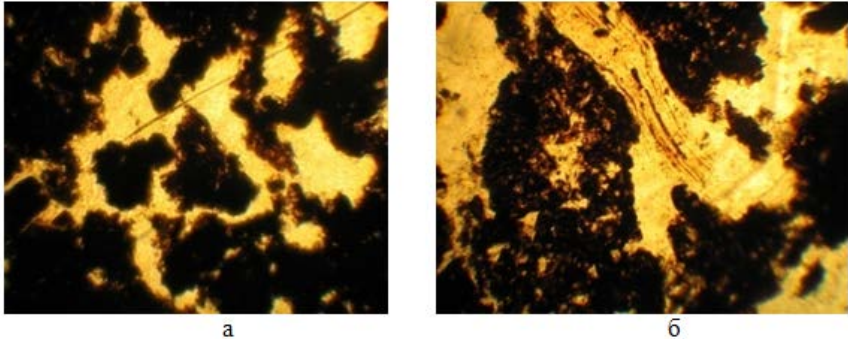


Рисунок 1 – Мікроморфологічна будова ґрунту п/п № 5 201-ЕН-АБ:

а – гор. 0–10 см, $\times 60$, агрегований матеріал;
 б – гор. 0–10 см, $\times 60$, ілюстрація каналів зі свіжерозкладеним рослинним залишком

Figure 1 – Micromorphological structure of the soil s/n No. 5 201-EN-AB:

а – horizon 0–10 cm, $\times 60$, aggregated material;
 б – horizon 0–10 cm, $\times 60$, illustration of channels with plant residue in freshly decomposed state)

Плазма гумусо-глиниста, пояснює наявність тонкодисперсної органічної речовини.

Коренонасиченість поступово спадає. Велика кількість дрібних вуглеподібних часток розташовуються скупченнями. В горизонті зустрічаються наноси, принесені ґрунтовою мезофауною з вище розташованих горизонтів, що свідчить про її активну діяльність.

Спостерігається висока пористість. Серед пор домінують округлі та овальні форми правильної морфології. У порах-камерах розташовані рослинні залишки, які розклалися, та екскременти кліщів, що обумовлює активну діяльність ґрунтової мезофауни. Пори фітогенного й зоогенного походження свідчать про сприятливий вплив фітоценозів терну на ґрунт.

Тонкодисперсний гумус представлений гумонами, він розподілений рівномірно, має форму муль. Мікроструктура неоднорідна. Домінує неагрегований матеріал. Агрегований і губчатий матеріали перебувають у підлеглому положенні, що спричиняється зниженням інтенсивності структуроутворення ґрунтового профілю (рис. 2, а–б).

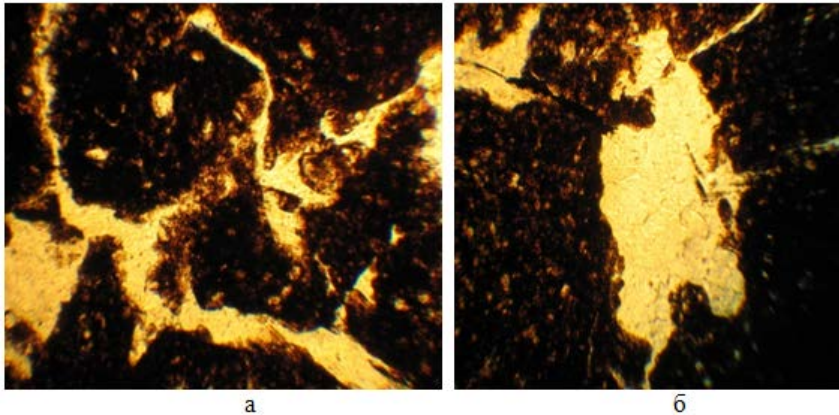


Рисунок 2 – Мікроморфологічна будова ґрунту п/п № 5 201-ЕН-АБ:

а – гор. 50–60 см, $\times 60$, розгалужена система пор, каналів з агрегатами усередині; б – гор. 50–60 см, $\times 60$, ілюстрація макропори неправильної морфології

Figure 2 – Micromorphological structure of the soil s/n No. 5 201-ЕН-АБ: а – horizon 50–60 cm, $\times 60$, branched system of pores, channels with aggregates inside;

б – horizon 50–60 cm, $\times 60$, illustration of macropore of abnormal morphology

Процес лесиважу діагностується в даному горизонті за наявністю та утворенню кутан на стінках пор.

НР 70–100 см. Ясно-коричневе сполучається з темно-коричневим, неоднорідне. Вміст гумусу в горизонті знижується.

Елементарна мікробудова – плазмово-пилувата, що ідентично еталонній степовій ціліні й характеризує співвідношення скелета й плазми.

Скелет представлений пилуватими частками, розподіленими рівномірно. Найбільш великі форми зерен скелета подовжені, їхня поверхня обкатана. З мінералів зустрічається кварц, рогова обманка, одиничні зерна епідотцоїзита. Плазма – карбонатно-гумусо-глиниста в сполученні з гумусо-глинистою, характеризується зниженням тонкодисперсної органічної речовини, що відрізняється від ґрунтів степових біогеоценозів, де зниження тонкодисперсної

органічної речовини спостерігається вже з горизонту 60–70 см. Вона неоднорідна. Анізотропія краплиста. Світіння плазми збільшується.

Вуглеподібні частки зустрічаються по всій площі профілю.

Тонкодисперсний гумус представлений гумонами, який розподілений рівномірно, а аморфний розташований у вигляді згустків і плям. Ґрунтовий матеріал просочений аморфним гумусом. Переважає губчатий матеріал, неагрегований, у сполученні з агрегованим матеріалами знаходяться у підлеглому стані, що обумовлено інтенсивністю структуроутворення ґрунту. Агрегати органно-мінерального походження свідчать про сприятливий вплив фітоценозів терну на ґрунт.

Наслідок лесиважу відбивається в морфології, де спостерігається домінуюча кількість пор, тріщин, а також ущільнена будова ілювіального горизонту (рис. 3, а–б).

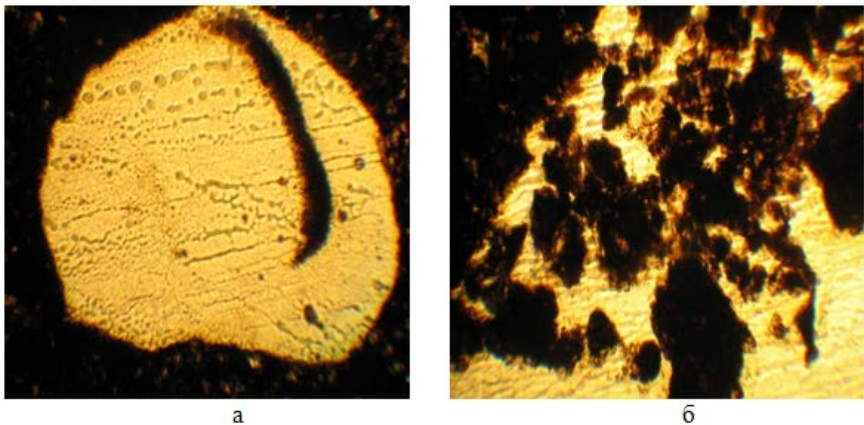


Рисунок 3 – Мікроморфологічна будова ґрунту п/п №5 201-ЕН-АБ:

а – гор. 70–80 см, $\times 60$, макро-пора із сильнорозкладеним рослинним залишком; б – гор. 90–100 см, $\times 60$, агрегати органно-мінерального походження

Figure 3 – Micromorphological structure of the soil s/n No. 5 201-ЕН-АБ: а – horizon 70–80 cm, $\times 60$, macropore with heavily decomposed plant residue; б – horizon 90–100 cm, $\times 60$, aggregates of organo-mineral origin

У майбутньому планується більш детальне дослідження едафотопів фітоценозу терну (*Prunus spinosa* L.), розташованих в степовій зоні України, що має значний науковий та практичний інтерес.

Висновки

1. Ґрунти терну характеризуються ємністю поглинання 20,57–12,02 мг-екв на 100 г ґрунту. Спостерігається поступове наростання величини ємності поглинання із глибиною ґрунтового профілю до максимальних показників у горизонті 90–100 см. Серед обмінних катіонів на першому місці за вмістом перебуває кальцій, на другому – магній. Вміст гідролітичної кислотності становить максимум в горизонті 40–50 см. За ступенем насиченості ґрунтів основами горизонти 10–20 та 30–50 см є ненасиченими, в інших горизонтах вони насичені основами.

2. Еколого-мікроморфологічні особливості ґрунту характеризуються гумусо-глинистою однорідною плазмою. З мінералів зустрічається кварц, рогова обманка, одиничні зерна епідот-цоізита. Про активну діяльність мезофауни свідчать мікрозони, перенесені з верхніх і нижніх горизонтів. Переважає губчатий матеріал, що обумовлено інтенсивністю структуроутворення, який змінюється на неагрегований з агрегованим матеріалом. Пори в основному зоогенного й фітогенного походження, що свідчить про сільватизуючий вплив фітоценозів терну на ґрунт. Униз за профілем пористість змінюється й найменша її виразність проявляється в горизонті 90–100 см.

3. Кутани на стінках пор вказують на процес лесиважу. Все це діагностує сільватизуючий вплив терникових фітоценозів на ґрунт. Установлено необхідність охорони історично цінних терникових фітоценозів як пам'яток та позитивних факторів у формуванні полезахисних, багатофункціональних штучних насаджень в умовах степової зони України.

Детальне комплексне дослідження й розробка методів охорони терникових біогеоценозів, відновлення й раціональне використання є невідкладним завданням лісових біогеоценологів.

Література:

1. Балюк С. А. *ННУ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського». Інформація про роботу V з'їзду товариства ґрунтознавців Росії імені В. В. Докучаєва. Москва, 2008 р. С. 49–58.*
2. Балюк С. А., Ладних В. Л., Носонке О. А., Мошник Л. І. *Агроекологічний стан зрошуваних земель Донецької області. Вісник аграрної науки. 1999. № 3. С. 51–56.*
3. Бельгард А. Л. *Лесная растительность юго-востока УССР. Киев : КГУ, 1950. 260 с.*
4. Белова Н. А. *Экология и микроморфология лесных почв степной зоны Украины. Днепрпетровск : ДГУ, 1997. С. 20–35.*
5. Булейко А. А., Полєва Ю. Л. *Мікроморфологічна оцінка властивостей едафотопів терновникових ценозів *Prunus spinosa* L. Питання біоіндикації та екології. 2017. Вип. 22, № 1. С. 159–17.*
6. Высоцкий Г. Н. *Избранные труды. Москва : Сельхозгиз, 1962. С. 151–241.*
7. Карпачевский Л. О. *Лес и лесные почвы. Москва : Лесн. пром-сть, 1981. 260 с.*
8. Парфенова Е. И., Ярилова Е. А. *Руководство к микроморфологическим исследованиям в почвоведении. Москва : Наука, 1977. 185 с.*
9. Сайко В. Ф. *Проблеми раціонального використання земельного фонду України. Київ : Урожай, 1996. 127 с.*
10. Сидельник Н. А. *Некоторые вопросы массивного лесоразведения в степи и перспективные типы культур для степной зоны УССР. Искусственные леса степной зоны Украины. Харьков : ХГУ, 1960. С. 85–133.*
11. Стадниченко В. Г. *Почвы Велико-Анадольского леса. Велико-Анадольский лес. Харьков : ХГУ, 1955. Т. 48. С. 55–64.*
12. Тарасов В. В. *Флора Дніпропетровської та Запоріжської області. Судинні рослини. Біолого-екологічна характеристика видів: моногр. Діпропетровськ : Вид-во ДНУ, 2005. 267 с.*

**CHARACTERISTICS OF CHEMICAL AND ECOLOGICAL
MICROMORPHOLOGICAL PECULIARITIES OF
BLACKTHORN EDAPHOTOPES THAT ARE FORMED IN
CONDITIONS OF NORTHERN VARIANT OF NATURAL
GULLY FORESTS OF UKRAINIAN STEPPE ZONE**

Buleyko A. A., Polieva I. L.

Dnipro State Agrarian-economic University

Alla.A.Buleyko@gmail.com

The eco-micromorfologic characteristics and micromorfologic peculiarities of edaphotopes of thorny phytocenosis are researched. Special attention is paid to the micromorfologic and ecologic features of blackthorns phytocenosis; more importantly, processes which happen under brushwoods biocenosis of blackthorn in the given circumstances are indicated. Much attention is allotted to micromorfologic structure of the given edaphotopes with subsequent scrutiny and description.

Protection of disturbed lands is carried out by the system of measures to protect chernozem soils, primarily by creation protective afforestation. As proved by theory and practice, interaction of forestphytocenosis with chernozem soils optimizes the environment, stops the effect of dry eastern winds, transforms surface water into underflow. Thus the research of eco-micromorfologic features of the influence of thorny phytocenosis on the formation of edaphotops in conditions of the Ukraine steppe has considerable scientific and practical value.

Identifying the nature of interaction of thorny phytocenosis with soils allows developing scientific recommendations for their using by forestry during the creation of protective afforestation and forest areas in the steppe. The destruction of the thorny biogeocenosis, the unique historic oasis of steppe is unacceptable. In specificcases it is recommended to prevent the destruction of the steppes in the reserved areas, where the thorny groups can be used for storing historical landmarks of steppe virgin soil. In this case, it should be considered that it is possible to isolate the thorny expansionas solely for the purpose of the monitoring research.

Development of methods for creating sustainable and lasting forest biocenosis with positive environmental-transformating properties, their protection and rational using is the main goal for the

scientists and workers in the industry of the forest ecology, biocenology and nature protection.

It is established by our experiments that under the thorny phytocenosis the zoogenic coprolite horizon is created in the edaphotops, which has a capacity of 10-20 cm of the upper soil layers. This horizon is laced with the passages of rain-worms and soil mesofauna, has a biogenic origin, which indicates the favorable environmental-transforming influence of the thorny phytocenosis on the final soils.

The biogeocenosis of thorn ($Fel_{0-1}, Fel_{1-2}, Fel_2$) under the southeast condition of the Ukraine steppezone forms phytogenic potuskul, which provides water.

The phytocenosis of thorns significantly improves forests conditions by the positive influence on the edaphotops and serves as a foundation for further afforestation.

The analysis of price- and ecomorphic structure of the floristic composition of the thorny biogeocenosis in the south-eastern part of Ukraine indicates significant silvatasung of shrubby phytocenosis, resulting in increasing of the participation of the forest and meadow-steppe species.

Micromorphological researches of thorny edaphotopes and steppe biogeocenosis, formed in the conditions of southeast steppe area of Ukraine are conducted and proved, that the given soils are characterized by high structure of all soil mass. Mutual relations of components of microstructure gradually changes with depth in the context of diminishing of microaggregates and increase of spongy material and it causes intensity of structure formation. Aggregates and spongy material considerably prevail among the components of humic horizons.

High porosity of soils is observed, in humic horizons as round pores and channels, which are results of motions of rain-worms, that testifies the salvation influence of thorny phytocenosis on soil.

The activeness of soil mesofauna is confirmed by the large quantity of macropores, pores-channels in which excrements of ticks, coprolites and also biopores of zoogenic and photogenic origins were founded. The abovementioned testifies favorable influence of phytocenosis of blackthorn on soil.

Destruction of thorny biogeocenosis, these unique oasis is unacceptable. A detailed and complex research and development of

methods for the protection of thorny biogeocenosis, restoration and rational using is an imperative challenge of the forest biogeocenosis. The thorn of biogeocenosis should be added to the Red List of Ukraine.

The necessity to guard thorny biogeocenosis is attributable to being a historical landmark of forming shrub and ravine groupings in the steppe zone.

DOI <https://doi.org/10.26661/2312-2056/2019-24/2-11>

УДК 631.4: 504.53:330.15(477.64–2Zp)

ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ҐРУНТІВ ОСТРОВА ХОРТИЦЯ З РІЗНИМ СТУПЕНЕМ ТРАНСФОРМАЦІЇ

Костюченко Н. І., Терещенко О. О.

Запорізький національний університет

kostuchenko.zp@gmail.com

Вивчався екологічний стан ґрунтів острова Хортиця з різним ступенем трансформації за мікробіологічними показниками. Встановлено, що в ґрунтах посттехногенних і техногенних екосистем знижується порівняно з природним біоценозом (балка Широка) чисельність амоніфікаторів і мікроміцетів. У досліджуваних ґрунтах домінували мікроорганізми, що асимілюють мінеральні форми азоту, кількість яких переважала в 1,5–2,6 рази кількість амоніфікаторів, у 2,5–7,0 рази оліготрофів та 4,6–19,4 рази кількість олігонітрофілів. Встановлено, що мікробіологічні коефіцієнти (мінералізації-імобілізації, оліготрофності, педотрофності) ґрунтів техногенних територій перевищували в 1,5–5,5 рази показники фонових і посттехногенних ґрунтів, що свідчить про їх незадовільний екологічний стан.

Мікрофлора, амоніфікатори, оліготрофи, олігонітрофіли, мікромицети, посттехногенні ґрунти, техногенні ґрунти

Острів Хортиця має велике як історико-культурне, так і рекреаційне значення для м. Запоріжжя. На острові Хортиця розташований Національний заповідник «Хортиця», який протягом року відвідують близько 250 тис. осіб. Крім того, на території заповідника – 40 сторонніх землекористувачів та інших власників майна (враховуючі – рекреаційні та навчальні заклади, кінний театр «Запорозькі козаки», театр-лабораторія «Vie», готелі, ресторани тощо). У селищах, що знаходяться на території острова, мешкають понад 1500 осіб [10].

Острів Хортиця з'єднаний з містом трьома мостами, тут проходить кілька великих автошляхів з інтенсивним потоком транспорту, ведеться будівництво ще двох мостів з розширенням магістралі. Через острів проходить також залізнична магістраль з інтенсивним рухом. Крім того, що будівництво автомагістралі порушило природний ландшафт острова, активний рух автотранспорту, зокрема великотоннажного, воно є також джерелом постійного надходження поллютантів, які здійснюють небезпечний вплив на природні ландшафти о. Хортиця.

Характерною особливістю ґрунтів острова Хортиці є розвиток процесів вилугування чорноземів, оглеювання алювіальних ґрунтів, висока інтенсивність ґрунтово-ерозійних процесів і антропогенна мінливість значної частини ґрунтів. Розвитку ґрунтової ерозії сприяють, такі чинники, як зимове промерзання ґрунтів, режим весняного сніготанення, літні зливові дощі, значна довжина і крутизна схилів, давність сільськогосподарського освоєння території, низька протиерозійна стійкість верхніх горизонтів ґрунтів [3]. Еродовані ґрунти характеризуються зниженою родючістю, змитістю гумусної частини профілю, погіршенням структури й зміною видового складу мікробоценозів.

Метою даної роботи була оцінка екологічного стану ґрунтів о. Хортиця з різним ступенем трансформації за мікробіологічними показниками.

Матеріали та методи досліджень

Матеріалом досліджень слугували ґрунтові зразки, що відбирались у техногенних та посттехногенних екосистемах о. Хортиця. У якості еталону досліджувався ґрунт природного степового біогеоценозу (схили балки Широка). Зразки відбирали з шарів ґрунту 0–5 см і 5–10 см на 2-х ділянках: ґрунт посттехногенних територій під трав'яною рослинністю на відстані 300 м від траси (ділянка № 1); молоді ґрунти без рослинного покриву з ділянок, прилеглих до автошляхів, де ведеться будівництво мостів через р. Дніпро (ділянка № 2).

Для виділення з ґрунту мікроорганізмів основних еколого-трофічних груп використовували загальноприйнятий метод серійних розведень з наступним висівом ґрунтової суспензії на оптимальні щільні поживні середовища [9]. Для культивування

амоніфікаторів використовували м'ясо-пептонний агар (МПА), для бактерій, що утилізують мінеральні сполуки азоту – крохмаль-аміачний агар (КАА), для оліготрофів – ґрунтовий агар (ГА), для олігонітрофілів – голодний агар (ГА); для бактерій роду *Azotobacter* – середовище Ешбі; для мікроскопічних грибів – середовище Чапека-Докса із сахарозою (ЧА). Метод посіву – глибинний. Тривалість культивування бактерій 3–4 доби, грибів 7–14 діб у термостаті за температури 28°C. Повторність досліду – п'ятиразова. Чисельність мікроорганізмів, що виростили, виражали в колонієутворювальних одиницях (КУО) у 1 грамі повітряно сухого ґрунту; кількість бактерій роду *Azotobacter* визначали за % обростання ґрунтових грудочок на середовищі Ешбі.

Активність мікробіологічних процесів, що протікають у досліджуваних ґрунтах, визначали за допомогою розрахунку коефіцієнтів: мінералізації-іммобілізації, який розраховували за співвідношенням кількості мікроорганізмів, що засвоюють мінеральний і органічний азот (КАА/МПА); оліготрофності – за відношенням кількості оліготрофів, що ростуть на бідних середовищах, до сумарної чисельності бактерій на КАА і МПА; педотрофності – за співвідношенням мікроорганізмів на ґрунтовому агарі до кількості мікроорганізмів, що виростили на м'ясо-пептонному агарі (ГА/МПА).

Комп'ютерну обробку експериментальних даних проводили з використанням пакету програм Microsoft Excel версії 7.0.

Результати та їх обговорення

Екологічний стан ґрунту характеризують якісні й кількісні зміни, що відбуваються в структурі мікробного ценозу та співвідношення чисельності окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів, які відображають реакцію на дію різних факторів, у тому числі й антропогенних [1].

Аналіз кількісних характеристик мікробного угруповання показав, що загальна чисельність ґрунтових мікроорганізмів змінюється залежно як від ділянки дослідження, так і шару ґрунту. Чисельність бактерій у верхньому (0–5 см) і нижньому (5–10 см) шарах ґрунту природної екосистеми була відповідно 2,34 млн. і 3,71 млн. КУО у 1 г повітряно сухого ґрунту. У ґрунті

посттехногенних територій ці показники становили відповідно 3,32 млн. і 1,15 млн. КУО/г, а в техногенних – 3,38 млн. і 1,3 млн. КУО/г ґрунту. У цілому, слід зазначити, що біогенність ґрунту природної екосистеми (б. Широка) була вищою в шарі ґрунту 5–10 см, тоді як загальна чисельність мікроорганізмів у техногенних і посттехногенних ґрунтах – у верхньому (0–5 см) шарі, що на нашу думку, зумовлено постійним надходженням автотранспортних поллютантів.

Природна екосистема характеризувалась невисокими показниками чисельності амоніфікаторів (0,73–0,91 млн. КУО/г ґрунту) і азотобактера (40–42 % оброслих ґрунтових грудочок), що зумовлено постійним низьким вмістом вологи у верхніх шарах ґрунту (табл. 1). Чисельність амоніфікаторів і мікрофлори, що утилізує азот мінеральних сполук, посттехногенних і техногенних ґрунтів була максимальною у верхньому (0–5 см) шарі ґрунту. Зниження чисельності бактерій вказаних еколого-трофічних груп у шарі ґрунту 5–10 см свідчить про низький вміст органічних сполук і уповільнення процесів мінералізації-імобілізації.

Таблиця 1 – Загальна чисельність мікроорганізмів основних еколого-трофічних груп у ґрунтах о. Хортиця

Table 1 – Total number of microorganisms major ecological and trophic groups in the soils of the island Khortitsa

Шар ґрунту, см	Чисельність мікроорганізмів, КУО/г ґрунту					
	амоніфікатори, млн.	мікроорганізми, що утилізують мінеральний азот (на КАА), млн.	оліготрофи, млн.	олігонітрофіли, млн.	гриби, тис. (на ЧА)	Azotobacter, %
Балка Широка						
0–5	0,73±0,11	1,22±0,45	0,28±0,05	0,11±0,02	10,31±1,08	42,0
5–10	0,91±0,06	2,26±0,51	0,41±0,09	0,13±0,02	8,72±0,82	40,0
Посттехногенні ландшафти						
0–5	1,21±0,25	1,75±0,16	0,25±0,04	0,09±0,01	5,16±0,71*	75,2
5–10	0,29±0,01*	0,54±0,02*	0,22±0,03	0,10±0,03	7,29±0,83	70,1
Техногенні ландшафти						
0–5	0,81±0,16	1,83±0,23	0,60±0,03*	0,14±0,02	1,33±0,16*	42,3
5–10	0,19±0,02*	0,50±0,09*	0,50±0,02	0,11±0,03	3,34±0,11*	62,0

Примітка. * – відмінності від контролю суттєві при $P > 0,95$

Чисельність олігонітрофілів у ґрунті посттехногенних і техногенних територій була на рівні з фоновими ґрунтами, тоді як чисельність оліготрофілів у ґрунті ділянки № 2 перевищувала показники посттехногенних територій за ґрунтовим профілем у 2,4 і 2,3 рази відповідно.

У досліджуваних ґрунтах домінували мікроорганізми, що асимілюють мінеральні форми азоту, чисельність яких становила від 38,5 до 60,9 % виділеної бактеріальної мікрофлори і перевищувала в 1,5–2,6 рази кількість органотрофілів, у 2,5–7,0 рази кількість оліготрофілів та в 4,6–19,4 рази олігонітрофілів.

Зростання чисельності бактерій в слабо забруднених важкими металами ґрунтах є поширеним явищем [4, 11]. Відомо, що низькі дози важких металів можуть стимулювати розвиток мікроорганізмів, адже деякі метали, зокрема Zn і Cu, є кофакторами ферментів, що активізують метаболічні процеси в клітинах бактерій [11]. Низькі концентрації важких металів також можуть посилювати проникність клітинних мембран, що призводить до поліпшення харчування і посилення процесів росту і розмноження. Збільшення чисельності бактерій, особливо тих, які використовують органічні джерела азоту, у ґрунтах транспортних зон можуть грати позитивну екологічну роль, адже ці бактерії здатні активно утилізувати різні вуглеводні, якими забруднені ґрунти поблизу автомагістралей [12].

Нами встановлена тенденція зниження чисельності грибів-мікроміцетів на тлі зростання чисельності бактеріальної мікрофлори й актиноміцетів, що є цілком закономірним явищем для техногенних територій [1]. Чисельність мікроскопічних грибів у фонових ґрунтах перевищувала в 1,2 і 2,0 рази показники посттехногенних та в 2,6 і 7,8 рази техногенних територій.

Працями деяких авторів [2, 7, 8, 13], а також нашими дослідженнями [5, 6], встановлено, що в техногенно-порушених ґрунтах знижується чисельність і біомаса мікроскопічних грибів, а також формуються стійкі до забруднення мікоценози.

Аналіз активності мікробіологічних процесів показав зростання коефіцієнтів оліготрофності та педотрофності в ґрунті техногенних територій. Найбільш активно процеси мінералізації відбуваються в ґрунті ділянок, прилеглих до автошляхів, про що свідчать високі значення коефіцієнтів (табл. 2). Так, коефіцієнти

оліготрофності, що відбивають ступінь вичерпання в ґрунті доступних для мікроорганізмів поживних речовин, були максимальними для ґрунтів техногенних екосистем і становили 0,23 (шар ґрунту 0–5 см) і 0,72 (шар ґрунту 5–10 см).

Показники коефіцієнтів педотрофності, що характеризують ступінь залучення до кругообігу ґрунтового гумусу та його трансформацію в різних ґрунтах, зростали в нижніх шарах (5–10 см) ґрунту посттехногенних і техногенних екосистем і перевищували відповідно в 2,4 і 4,2 рази показники природного біогеоценозу.

Таблиця 2 – Мікробіологічні показники досліджуваних ґрунтів

Table 2 – Microbiological parameters of investigated soils

Варіант	Шар ґрунту, см	Мікробіологічні коефіцієнти		
		мінералізацій-імобілізації	оліготрофності	педотрофності
Б. Широка (контроль)	0-5	1,6	0,14	0,15
	5-10	2,5	0,13	0,14
Ділянка № 1	0-5	1,4	0,08	0,07
	5-10	1,9	0,27	0,34
Ділянка № 2	0-5	2,26	0,23	0,18
	5-10	2,63	0,72	0,58

Отже, аналіз активності мікробіологічних процесів у ґрунтах о. Хортиця з різним ступенем техногенного навантаження свідчить про уповільнення процесів гумусоутворення й активізацію процесів мінералізації органічних речовин, що відбивається у зростанні коефіцієнтів мінералізації-імобілізації, оліготрофності та педотрофності. Найбільш активно процеси мінералізації відбуваються в ґрунті ділянок, прилеглих до автошляхів.

Отримані результати можуть бути використані при формуванні первинної бази даних для подальшого моніторингу екологічного стану ґрунтового покриву природних і техногенних ландшафтів о. Хортиця.

Висновки

1. У досліджуваних ґрунтах домінували мікроорганізми, що асимілюють мінеральні форми азоту, чисельність яких переважала в 1,5–2,6 рази кількість органіотрофів, у 2,5–7,0 рази кількість оліготрофів та 4,6–19,4 рази кількість олігонітрофілів.

2. Біогенність молодих ґрунтів була вищою в шарі ґрунту 0–5 см, тоді як у фонових ґрунтах – у шарі ґрунту 5–10 см, що, вочевидь, зумовлено постійним надходженням автотранспортних поллютантів.

3. Техногенне навантаження на ґрунти о. Хортиця позначилось на зменшенні, порівняно з природною екосистемою (б. Широка), чисельності мікроскопічних грибів у ґрунтах посттехногенних і техногенних територій відповідно в 1,2 і 2,0 та в 2,6 і 7,8 рази.

Література:

1. Андріюк К. І., Іутинська Г. О., Антипчук А. Ф. [та ін.]. *Функціонування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження*. К. : Обереги, 2001. 240 с.

2. Гришко В. М., Коріновська О. М., Бондаренко А. М. *Видовий склад та чисельність мікроміцетів у техноземах*. Вісник ХНАУ. 2012. Вип. 1(25). С. 70–77.

3. *Заповідна Хортиця: Збірник праць співробітників заповідників*. Запоріжжя : Дике Поле, 2006. 304 с.

4. Колесников С. И., Евреинова А. В., Казеев К. Ш., Вальков В. Ф. *Изменение эколого-биологических свойств чернозема обыкновенного при загрязнении тяжелыми металлами второго класса опасности (Mo, Co, Cr, Ni)*. Почвоведение, 2009. № 8. С. 1007–1013.

5. Костюченко Н. І., Єрмоленко М. О. *Вплив викидів автотранспорту на мікробіологічні показники чорнозему звичайного Запорізького регіону : Сучасні проблеми біології, екології та хімії* : зб. II Міжнародної конф. 1–3 жовтня 2010 р. Запоріжжя : ЗГУ, 2010. С. 236–237.

6. Костюченко Н. І., Венедіктова К. С. *Особливості формування мікобіоти кореневої зони газонних трав в умовах промислового міста*. Актуальні питання біології, екології та хімії: електронне наукове видання. 2016. Т. 11, № 1. С. 82–94.

7. Коріновська О. М., Гришко В. М. Чисельність та біомаса мікроміцетів у техногеннопорублених і природних ґрунтах : Біологічний вісник Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького (МДПУ). 2014. № 2. С. 67–82.

8. Марфенина О. Е. Антропогенная экология почвенных грибов. Москва : Медицина для всех, 2005. С. 45–47.

9. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д. Г. Звягинцев, И. П. Бабьева, И. В. Асеева. Москва : МГУ, 1980. 224 с.

10. Татарінцев С. І. Хортиця, Національний заповідник Хортиця Енциклопедія історії України: / редкол.: В. А. Смолій (голова) та ін. НАН України. Інститут історії України. Київ : Вид-во «Наукова думка», 2013. Т. 10. 688 с. URL: http://www.history.org.ua/?termin=khortytsja_natsionalnyj_zapovidnyk_khortytsja

11. Щелчкова М. В., Стручкова Л. К. Изменение численности почвенных микроорганизмов в условиях моделирования загрязнения мерзлотного чернозёма тяжёлыми металлами : Проблемы региональной экологии, 2009. № 2. С. 79–82.

12. Щелчкова М. В., Жерголова М. С. Влияние выбросов автотранспорта на микрофлору мерзлотных лугово-черноземных почв города Якутска : Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15, № 3 (3). С. 1–3.

13. Gadd G. M. Geomycology: biogeochemical transformations of rocks, minerals, metals and radionuclides by fungi, bioweathering and bioremediation : Mycol. Res. 2007. № 111. P. 3–48.

ECOLOGICAL STATE OF SOILS BY THE ISLAND KHORTYTSIA WITH DIFFERENT DEGREES OF TRANSFORMATION

Kostuchenko N. I., Tereshchenko O. O.

Zaporizhzhya national university

kostuchenko.zp@gmail.com

The study aimed to examine the ecological state of the soils of the island Khortytsia with different degrees of transformation by using microbiological indicators.

The research material was taken soil samples in the technogenic and post-technogenic ecosystems of the island Khortytsia. The soil of natural steppe biogeocenosis (slopes girder of the Wide) was studied as a standard. Samples were taken from layers of soil 0–5 cm and 5–10 cm in 2 sections: soil of post-technogenic territories at a distance of 300 m from the highway (section No. 1); young soils from sections adjacent to motorways, where bridges are being constructed across the Dnipro River (section 2).

For the isolation from the soil and cultivation of microorganisms of major ecological-trophic groups used generally accepted methods of serial dilutions with subsequent seeding of soil suspension for optimal dense nutrient media.

Analysis of the quantitative characteristics of the microbial grouping showed that the total number of soil microorganisms varies depending on both the study site and the soil layer. The number of bacteria in the upper (0–5 cm) and lower (5–10 cm) layers of the soil of the natural ecosystem was respectively 2.34 million and 3.71 million CFU per 1 g of soil, in the soil of post-technogenic territories – 3.32 million and 1.15 million CFU, and in technogenic – 3.38 million and 1.3 million CFU in 1 g of soil.

It has been established that in soils of post-technogenic and technogenic ecosystems, decline the number of ammonifiers and micromycetes in comparison with the natural biogeocenosis (g. Wide) and increases the number of the microflora of scattering. In the soils under study was a dominance of microorganisms assimilating the mineral forms nitrogen, the number of which exceeded 1.5–2.6 times the number of organotrophs, 2.5–7.0 times the oligotrophs, and 4.6–19.4 times the oligonitrophils. The biogenicity of young soils was found to be higher in the soil layer 0–5 cm, which was apparently due to the constant flow motor transport pollutants. The number of oligonitrophils in the soil of post-technogenic and technogenic territories was at the level with the background soils, whereas the number of oligotrophs in the soil of technogenic ecosystems exceeded the indices of post-technogenic territories by soil profile in 2.4 and 2.3 times respectively.

It is shown that the microbiological coefficients (mineralization-immobilization, oligotrophes, pedotrophes) of soils of technogenic territories exceeded 1.5–5.5 times the indicators of background and post-technogenic soils, which suggest to their unsatisfactory ecological stat.

DOI <https://doi.org/10.26661/2312-2056/2019-24/2-12>

УДК 504.064 (282.247.326.8)

**ГІДРОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА
ЗАПОРІЗЬКОГО ВОДОСХОВИЩА**

*Шарамок Т. С., Федоненко О. В., Курченко В. О.,
Ніколенко Ю. В.*

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
sharamok@i.ua*

У роботі надано гідроекологічну оцінку якості води Запорізького водосховища за гідрохімічними та гідробіологічними показниками. Встановлено концентрацію досліджуваних важких металів у воді Самарської затоки та у нижній ділянці Запорізького водосховища. Охарактеризовано видовий склад фітопланктону, виявлено домінантні види, а також простежено зв'язок між гідрохімічними показниками, вмістом важких металів та розвитком фітопланктону Запорізького водосховища. У подальшому планується дослідження інших ділянок Запорізького водосховища.

*Важкі метали, фітопланктон, Запорізьке водосховище,
гідрохімічні показники*

У результаті виробничої діяльності у навколишнє середовище потрапляють техногенні продукти. Особливо змінюється природна прісна вода, оскільки індустріально розвинуті регіони, як правило, розташовані на берегах водосховищ і річок. У таких умовах знаходиться Запорізьке водосховище – внутрішньокаскадне водоймище комплексного призначення з великим антропогенним навантаженням [13].

Ландшафтно-геохімічні перетворення, які відбуваються на його водозбірній площі, зумовлюють виникнення в ньому зон токсичного ризику. Серед пріоритетних токсикантів, стійких у навколишньому середовищі і з кумулятивним ефектом, найбільш небезпечні важкі метали [8].

Фітопланктон є одним з найбільш чутливих елементів у великих річкових екосистемах. Видовий склад, структурні та функціональні характеристики планктонних водоростей дозволяють оцінити трофічний рівень, екологічний стан водного об'єкту та виявити направленість процесів, які в ньому відбуваються [12, 15].

Йони металів є важливими компонентами водного середовища, що активно впливають на життєдіяльність організмів фітопланктону. Висока токсичність відносно низьких концентрацій важких металів поєднується з їх здатністю до біоаккумуляції і біомагніфікації [3]. Ситуація посилюється в результаті забруднення водосховища стоками техногенного та господарсько-побутового походження, що змінює середовище існування гідробіонтів та відображається на їх видовому складі та динаміці кількісних показників [11].

Наслідком дії антропогенного навантаження є спрощення структури угруповань фітопланктону, зменшення його видового різноманіття, особливо на рівні таксонів високого рангу.

У той самий час, значне видове багатство водоростей є біофондом для відтворення близьких до природної структури угруповань при зменшенні антропогенних навантажень. Зі зниженням рівня антропогенного навантаження відбувається формування внутрішньоруслових процесів, що сприяють відновленню природних угруповань фітопланктону [5].

У разі забруднення поверхневих вод прискорюються процеси фотосинтезу водоростей та макрофітів, змінюється їх видове різноманіття, зростає біомаса стійких до забруднень видів, посилюються процеси евтрофікації водойм. У свою чергу, евтрофікація свідчить про порушення екологічної рівноваги і згодом призводить до деградації річкових екосистем [10]. Вплив різних екологічних чинників на фітопланктон Дніпровських водосховищ, вивчали багато вчених, серед яких слід виділити В. І. Щербака, Н. Є. Семенюк [16], Г. М. Задорожню та ін. [2], але більшість робіт присвячена дослідженню Канівському водосховищу. Враховуючи все вище сказане, виникає необхідність системному моніторингу гідроекологічного стану екосистеми Запорізького водосховища.

Метою нашої роботи було – надати гідроекологічну оцінку якості води Запорізького водосховища за гідрохімічними та гідробіологічними показниками.

Матеріали та методи досліджень

Проби відбиралися навесні 2019 р. на акваторії Запорізького (Дніпровського) водосховища, у 2-х точках: Самарська затока та нижня ділянка водосховища (біля с. Військове) (рис.1).

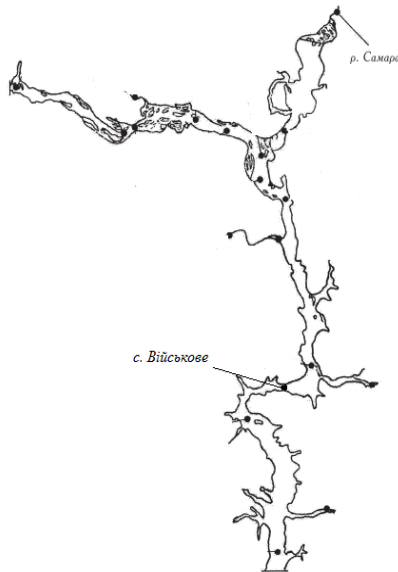


Рисунок 1 – Схема Запорізького водосховища
Figure 1 – Scheme of the Zaporizhzhia Reservoir

У воді визначали температуру, рН, вміст розчиненого кисню, аміаку, сульфатів та хлоридів, біогенні елементи, кількість розчиненої органічної речовини за показниками перманганатної окиснюваності за загальноприйнятими методиками [7]. Показники хімічного складу води порівнювали з нормативними показниками для рибогосподарських потреб (СОУ 05.01-37-385:2006).

Вміст важких металів у пробі визначали методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії на спектрофотометрі С-115М1 [1, 12].

Відбір проб фітопланктону здійснювали батометром Рутнера із поверхневого горизонту (0,25 м) у пластикові ємності, кожні два тижні. Фіксацію, концентрацію і камеральне опрацювання проводили відповідно до загальноприйнятих гідробіологічних методів [7]. Назви таксонів подані згідно з «Разнообразие водоростей Украины» [9]. Екологічну оцінку якості поверхневих вод здійснювали згідно В. Д. Романенко [7]. Для виявлення і встановлення рівня взаємозв'язку використовували коефіцієнт кореляції Пірсона (R).

Статистичне опрацювання отриманих даних здійснювали за загальноприйнятими методами із застосуванням програми «Microsoft Excel 2010».

Результати та їх обговорення

У результаті наших експериментів було виявлено, що за досліджуваній період середні значення температури води становили 19,5–19,7 °С, це є високим показником для травня місяця і пов'язано з різким підвищенням температури повітря до 25–35 °С (табл.). Температура – важливий абіотичний фактор, що визначає всі сторони життєдіяльності гідробіонтів.

Варто враховувати, що тепла і спокійна погода при низькій турбулентності, що характерно для водосховищ, можуть продукувати «цвітіння» ціанобактерій [2] (табл.).

Одним з основних хімічних факторів, що впливають на розвиток водоростей, є рівень рН. Незважаючи на те, що показник рН у весняний період знаходився в межах норми і відповідав I–II класу, 1-й та 2-й категорії якості («відмінна» – «дуже добра»), вода характеризувалася лужною реакцією, що в свою чергу сприяє вегетації синьо-зелених водоростей, для яких найбільш оптимальним є діапазон рН – 7,5–10 [17–19].

Кисневий режим теж є важливим фактором для росту і розмноження фітопланктону. У поверхневих водах Запорізького водосховища даний показник не перевищував нормативні значення і дозволяв віднести їх до III класу, 5-ї категорії («задовільна посередня») якості води.

За гідрохімічними показниками, незначне перевищення нормативних показників зафіксовано лише за значеннями перманганатної окиснюваності на 5 та 28 % у районі с. Військове та Самарської затоки відповідно. Останнє свідчить про підвищений вміст легкоокиснюваних органічних сполук у воді та дозволяє віднести її до III класу, 5-ї категорії («задовільна посередня») якості. Високі значення перманганатної окиснюваності сприяють підвищенню евтрофікації, що в свою чергу посилює розвиток фітопланктону.

Таблиця – Гідрохімічні та токсикологічні показники Запорізького водосховища

Table – Hydrological and toxicological indicators of the Zaporizhzhia reservoir

Показник	Самарська затока	Нижня ділянка водосховища	Нормативні значення
Температура, °С	19,9±0,05	19,7±0,05	≤ 28
pH	7,6±0,05	7,9±0,05	6,5–8,5
Вміст кисню, мг/дм ³	5,4	5,7±0,65	≤ 5
Перманганатна окиснюваність, мг/дм ³	12,8±0,64	10,5±0,52	≤ 10–15
Аміак, мг/дм ³	0,018±0,0009	0,01±0,005	0,05
Нітрати, мг/дм ³	0,34±0,017	0,27±0,014	≤ 2
Нітриди, мг/дм ³	0,009±0,00045	0,0048±0,00024	0,1
Фосфати, мг/дм ³	0,42±0,021	≤ 0,01	0,5
Сульфати, мг/дм ³	40,1±2,01	32,5±1,63	50–70
Хлориди, мг/дм ³	9,5±0,48	9,4±0,47	50–70
Мідь, мг/дм ³	0,017±0,002	0,011±0,001	0,011
Марганець, мг/дм ³	0,012±0,001	0,041±0,002	0,01
Цинк, мг/дм ³	0,11±0,003	0,064±0,001	0,01
Нікель, мг/дм ³	0,04±0,004	0,014±0,002	0,01
Залізо, мг/дм ³	0,04±0,003	0,19±0,005	0,3
Свинець, мг/дм ³	0,064±0,003	0,016±0,002	0,1
Кадмій, мг/дм ³	0,011±0,002	0,0014±0,003	0,005

Результати гідрохімічного аналізу дозволили зазначити, що вміст азоту амонійного (NH₄⁺) на усіх дослідних точках не перевищує вимоги до якості води та відповідає 1-й категорії якості води («відмінна»). Вміст нітритів (NO₂⁻) та нітратів (NO₃⁻)

дослідних ділянок також не перевищував нормативні значення та відповідає II класу, 2-й та 3-й категорії («дуже добра», «добра») якості води. Однак, треба враховувати, що евтрофні прісноводні екосистеми, які містять відносно високі концентрації азоту, мають підвищену тенденцію до цвітіння ціанобактерій. Вміст фосфатів на різних точках відбору суттєво відрізнявся. Так, у районі с. Військове за даним показником вода відносилася до I класу, 1-ї категорії якості («відмінна»), а в Самарській затоці – до V класу, 7-ї категорії («дуже погана»). Подібна розбіжність може бути пов'язана з алохтонним надходженням цих сполук у водний об'єкт та може загрожувати порушення біологічної рівноваги, підвищенням евтрофікації в Самарській затоці, «цвітінням» води, адже встановлено, що концентрація фосфору – первинний регулюючий фактор для збільшення вегетації ціанобактерій [20].

Високий вміст сульфатів та хлоридів зафіксовано в Самарській затоці, проте він повністю відповідав рибогосподарським нормам.

Згідно екологічної класифікації якості поверхневих вод за гідрохімічними показниками, вода в Самарській затоці відноситься до III класу, 4-ї категорії якості («задовільна»), а на нижній ділянці (біля с. Військового) – II класу, 2-ї категорії («дуже добра»).

Дослідження на наявність важких металів у воді показали, що якість води Запорізького водосховища не відповідала рибогосподарським нормативам за вмістом міді, цинку, марганцю та нікелю.

В останні роки спостерігається досить висока концентрація міді у воді водосховища і в середньому по акваторії складає 0,01 мг/л. Цей факт можна пояснити тим, що основним джерелом надходження міді у водні об'єкти є стічні води хімічних і металургійних підприємств, а також сільськогосподарських угідь, на яких використовують гербіциди та фунгіциди з високим вмістом міді.

Вміст цинку порівняно з попередніми дослідженнями збільшується, що свідчить про його техногенне походження. Сполуки нікелю у водні об'єкти надходять із стічними водами цехів нікелювання, заводів синтетичного каучуку, нікелевих збагачувальних фабрик, з ґрунтів і з рослинних і тваринних

організмів при їх розпаді, підвищений вміст нікелю знайдено в синьо-зелених водоростях [11, 21].

У період дослідження вміст міді складав 1–1,5 ГДК, цинку 6,4–11 ГДК, нікелю 1,4–4 ГДК у нижній ділянці водосховища та Самарській затоці відповідно. Концентрація марганцю також збільшилася порівняно з попередніми дослідженнями і перевищувала ГДК в 4,1 раз у нижній ділянці та в 1,2 рази у Самарській затоці. Концентрація марганцю в поверхневих водах схильна до сезонних коливань. Факторами, що визначають зміни концентрацій марганцю, є співвідношення між поверхневим і підземним стоком, інтенсивність споживання його при фотосинтезі, розпад фітопланктону, мікроорганізмів і вищої водної рослинності, а також процеси осадження на дно. У вегетаційний період у Запорізькому водосховищі спостерігаються найбільш різноманітні концентрації у воді марганцю, відносно інших елементів [20].

Порівняно з попередніми дослідженнями [14, 21], вміст свинцю у воді рибогосподарських ділянок водосховища зменшився і не перевищував ГДК для водойм рибогосподарського призначення, також не виявлено високих концентрацій заліза на обох досліджуваних ділянках.

Концентрація кадмію не змінювалась. Виявлено перевищення ГДК у воді Самарської затоки у 2,2 рази.

Відповідно до екологічної класифікації якості поверхневих вод водосховища за ступенем їх чистоти (забрудненості), вода в Самарській затоці відноситься до III класу, 5-ї категорії («помірно забруднені»), а в районі с. Військове – III класу, 4-ї категорії («слабко забруднені»).

При дослідженні фітопланктон Запорізького водосховища був представлений 28-ма видами і внутрішньовидовими таксонами, які можна віднести до 4 відділів: *Chlorophyta* (12), *Bacillariophyta* (10), *Cyanophyta* (4), *Chrysophyta* (2). Найбільша таксономічна різноманітність (18 в.в.т.) зафіксована на нижній ділянці водосховища, мінімальна – у Самарській затоці (11 в.в.т.). Це може бути пов'язано з високою концентрацією в Самарській затоці цинку та міді, які є найбільш токсичними для водоростей [4].

Найчастіше зустрічалися в альгологічних пробах (клас А та В): *Microcystis aeruginosa*, *Aphanizomenon flos-aque*, *Anabena*

сп. У цілому ж основна частина видового багатства представлена видами, що мають низьку частоту трапляння (класи D, E, F, «нечасто», «зрідка», «поодинокі»).

Чисельність фітопланктону коливалася від 55653,69±1748,208 тис. кл/дм³ у Самарській затоці до 43432,72±2136,255 тис. кл/дм³ – нижня ділянка водосховища. Показники біомаси змінювалися від 8,04±0,107 мг/дм³ у нижній ділянці до 10,41±0,069 мг/дм³ у Самарській затоці, що узгоджується з останніми дослідженнями фітопланктону Запорізького водосховища у весняний період [6, 22] та може бути пов'язаним, як з посиленою евтрофікацією Самарської затоки, так і з високими концентраціями важких металів, що сприяли зменшенню біорізноманіття при відносному посиленню вегетації деяких представників *Cyanophita*.

Основу чисельності та біомаси формували роди *Microcystis*, *Aphanizomenon*, *Anabaena* (рис. 2).

Відповідно до екологічної класифікації якості поверхневих вод водосховища за біомасою фітопланктону, вода в Самарській затоці відноситься до IV класу, 6-ї категорії («політрофна»), а в районі с. Військове – III класу, 5-ї категорії («евтрофно-політрофна»).

Показники індексу біорізноманіття Шенона за чисельністю (біомасою) змінювалися в межах – 1,18(0,60) біт/екз. на нижній ділянці водосховища до 1,16(0,55) біт/екз. – в Самарській затоці, що вказує на простоту організації спільноти фітопланктону, в результаті домінування синьо-зелених водоростей.

Встановлено, що основними гідрохімічними показниками, що впливають на чисельність фітопланктону Запорізького водосховища, є вміст аміаку (R=1), нітратів (R=0,87), фосфатів (R=0,92) та показники перманганатної окиснюваності (R=0,99), а на біомасу – вміст нітратів (R=0,91), фосфатів (R=0,95), показники перманганатної окиснюваності (R=1) та температури (R=0,68).

Також позитивна кореляція спостерігається між чисельністю, біомасою та вмістом важких металів у воді, а саме: міді, марганцю, цинку, нікелю, свинцю та кадмію.

За більшістю показників найгіршою якістю характеризувалася вода в Самарській затоці, порівняно вища якість води в районі с. Військове, що може бути пов'язано як зі

зменшенням промислових та господарсько-побутових скидів, так і з самоочисною здатністю водойми.

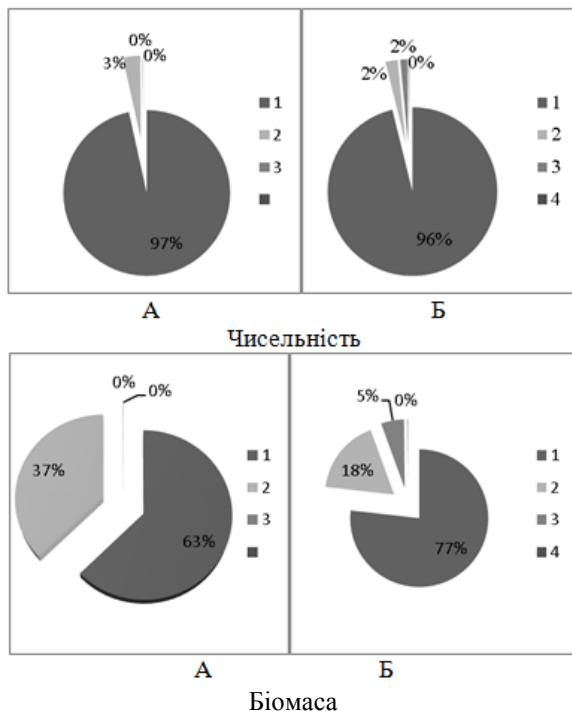


Рисунок 2 – Розподіл чисельності та біомаси фітопланктону на різних ділянках Запорізького водосховища
 А. Самарська затока. Б. Нижня ділянка (біля с. Військове)
 1 – *Cyanophyta*; 2 – *Chlorophyta*; 3 – *Bacillariophyta*; 4 – *Chrysophyta*

Figure 2 – Distribution of phytoplankton abundance and biomass in different sections of Zaporizhzhia reservoir

А. Samara Bay. Б. Lower section (near the village of Voykove)

1 – *Cyanophyta*; 2 – *Chlorophyta*; 3 – *Bacillariophyta*; 4 – *Chrysophyta*

Можна припустити, що концентрації важких металів, сприяли зменшенню біорізноманіття для деяких представників *Cyanophita*.

Встановлено, що концентрація майже всіх досліджуваних важких металів у воді Самарської затоки вище порівняно з нижньою ділянкою Запорізького водосховища. Виявлено статистично значущі відмінності між вмістом міді (на 35 %), цинку (на 42 %), нікелю (на 65 %), свинцю (на 75 %) та кадмію (на 85 %) у двох районах водосховища ($p < 0,05$).

Отже, між ступенем ймовірності відтворення природної структури угруповань фітопланктону та рівнем антропогенного навантаження існує пряма залежність, але за умови, що рівень антропогенного навантаження не перевищив критичної межі для екосистеми в цілому і не призвів до незворотніх змін у структурі угруповань фітопланктону зокрема [5].

Таким чином, фітопланктон є репрезентативним біологічним індикатором сучасного стану, якості води та оцінки ступеня антропогенного навантаження на водні екосистеми [16].

Висновки

1. За екологічною оцінкою вода Запорізького водосховища в Самарській затоці характеризувалася як «помірно забруднена», а в нижній ділянці водосховища – «слабко забруднена».

2. Концентрація майже всіх досліджуваних важких металів у воді Самарської затоки вище порівняно з нижньою ділянкою Запорізького водосховища. Виявлено статистично значущі відмінності між вмістом міді (на 35 %), цинку (на 42 %), нікелю (на 65 %), свинцю (на 75 %) та кадмію (на 85 %) у двох районах водосховища ($p < 0,05$).

3. Простежується зв'язок між гідрохімічними показниками, вмістом важких металів та розвитком фітопланктону. Максимальна чисельність та біомаса фітопланктону, при мінімальному таксономічному багатстві зареєстрована в Самарській затоці.

4. Видовий склад фітопланктону Запорізького водосховища характеризується домінуванням представників відділу *Cyanophita*, що пов'язано з різким підвищенням

температури води, високим вмістом біогенних елементів та важких металів.

5. Умовно чистою ділянкою Запорізького водосховища можна вважати нижню ділянку водосховища, де спостерігалися найменші значення чисельності та біомаси фітопланктону, а гідрохімічні та токсикологічні показники є найбільш оптимальними для рибогосподарської діяльності.

Література:

1. *Биохимические методы в экологических и токсикологических исследованиях. Петрозаводск: Карел.науч. центр, 1993. 234 с.*

2. Задорожна Г. М., Щербак В. І. Вплив сонячної радіації і температури води на розвиток фітопланктону Канівського водосховища. *Гідробіологічний журнал. 2016. Т. 52, № 5. С. 18–27.*

3. Зотов А. Б., Павлова Е. А., Секундяк Л. Ю. Вплив важких металів на міжрічну мінливість структурних параметрів угруповань фітопланктону прибережної акваторії. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія. 2010. № 28. С. 6–10.*

4. Колесник Н. А. Розподіл важких металів серед компонентів прісноводних екосистем (огляд). *Рибогосподарська наука України. 2014. № 3(29). С. 35–54.*

5. Мантурова О. В., Колесник Н. Л., Симон М. Ю. Фітопланктон окремих ділянок річки Нивки. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки. 2016. № 96. С. 216–232.*

6. Мельник С., Яковенко В., Федоненко Е. Фітопланктон как запас продовольствия для рыб Запорожского водохранилища. *Академику Л. С. Берг – 140 : сборник научных статей. Бендеры : ELAN POLIGRAF, 2016. С. 440–443.*

7. *Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод. За ред. В. Д. Романенка. Київ : ЛОГОС, 2006. 408 с.*

8. Мур Дж. В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. *Контроль и оценка влияния. Москва : Мир, 1987. 288 с.*

9. *Разнообразие водорослей Украины. Под ред. С. П. Вассера, П. М. Царенко. Альгология. 2000. Т.10, № 4. 309 с.*

10. Серета Т. М., Усов О. Є., Жежеря В. А., Цибульський О. І., Батог С. В. Оцінка процесів евтрофікації водних об'єктів річки Стрижень. Біоресурси і природокористування. 2018. Т. 10, № 5–6. С. 16–23.

11. Федоненко О. В., Єсінова Н. Б., Шарамок Т. С., Ананьєва Т. В., Яковенко В. О. Жежеря В. А. Сучасні проблеми гідробіології: Запорізьке водосховище: довідник. Дніпропетровськ: Ліра, 2012. 276 с.

12. Федоненко О. В., Ніколенко Ю. В. Характеристика фітопланктону Запорізького водосховища за період існування (огляд). Рибогосподарська наука України. 2019. № 2. С. 21–41.

13. Федоненко О. В., Філіппова Є. В., Шарамок Т. С. Оцінка рівня забруднення Запорізького водосховища важкими металами за допомогою макролітів. Науковий вісник Ужгородського університету. 2008. Т. 24. С. 100–103.

14. Шарамок Т. С., Єсінова Н. Б., Федоненко О. В., Білецька О. В. Еколого-гематологічна характеристика плітки звичайної Запорізького водосховища. Біологічний вісник МДПУ імені Богдана Хмельницького. 2016. Т. 6, № 2. С. 303–310.

15. Щербак В. И., Семенюк Н. Е., Рудик-Леуская Н. Я. Акваландшафтное и биологическое разнообразие Национального природного парка «Нижнесульский», Украина. Киев : Фитосоциоцентр, 2014. 266 с.

16. Щербак В. І., Кравцова О. В. Особливості фітопланктону водойм міських лісопаркових зон. Біоресурси і природокористування. 2017. Т. 9, № 5–6. С. 17–25.

17. Gobler C. J., Burkholder J. M., Davis T. W., Harke M. J., Johengen T., Stow C. A., Van de Waal D. B. The dual role of nitrogen supply in controlling the growth and toxicity of cyanobacterial blooms (Review). Harmful Algae. 2016. Vol. 54. P. 87–97.

18. Haiou Wang, Guangrong Zhong, Hai Yan, Hu Liu, Yao Wang, and Chun Zhang. Growth Control of Cyanobacteria by Three Submerged Macrophytes. Environ Eng Sci. 2012. Vol. 6. P. 420–425.

19. Jankowiak Jennifer, Hattenrath-Lehmann Theresa, Kramer Benjamin J., Ladds Megan, Gobler Christopher. Deciphering the effects of nitrogen, phosphorus, and temperature on cyanobacterial bloom intensification, diversity, and toxicity in western Lake Erie. Limnology and Oceanography. 2019. Т. 64. Vol. 3. P. 1347–1370.

20. Molot L. A. A., Watson S. B., Creed I. F., Trick C. G., McCabe S. K., Verschoor M. J., Sorichetti R. J. Powe C., Venkiteswaran J. J., Schiff S. L. *Novel model for cyanobacteria bloom formation: the critical role of anoxia and ferrous iron. Freshwater Biol.* 2014. Vol. 59. P. 1323–1340.

21. Fedonenko O., Yakovenko V., Ananieva T., Sharamok T., Yesipova N., Marenkov O. *Fishery and environmental situation assessment of water bodies in the Dnipropetrovsk region of Ukraine. World Scientific News.* 2018. Vol. 92, №. 1. P. 1–138.

22. Yakovenko V., Melnik S., Fedonenko E. *Species Composition, Seasonal Dynamics and Distribution of Phytoplankton of the Zaporizhzhia Reservoir. International Letters of Natural Sciences.* Vol. 62. P. 1–10.

HYDROECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE ZAPORIZHZHIA RESERVOIR

*Sharamok T. S., Fedonenko O.V., Kurchenko V. O.,
Nikolenko Y. V.*

*Oles' Honchar Dnipro National University
sharamok@i.ua*

As a result of production activities, man-made products enter the environment. Natural fresh water is particularly changing as industrialized regions are usually located on the banks of reservoirs and rivers. In such conditions there is the Zaporizhzhia reservoir – an intra-cascade reservoir of complex purpose with high anthropogenic load.

The consequence of anthropogenic loading is simplification of the structure of phytoplankton communities and reduction of its species diversity, especially at the level of high rank taxa. At the same time, a significant amount of algae species serves as a biofund for the reproduction of groups close to the natural structure while reducing anthropogenic loads.

The purpose of our work was to provide a hydroecological assessment of the water quality of the Zaporizhzhia reservoir by hydrochemical and hydrobiological parameters. The samples were taken and examined by conventional methods, in spring 2019 at the water area of the Zaporizhzhia (Dnipro) reservoir, at 2 sites: Samara Bay and the lower section of the reservoir (near Viyskove village).

The research found that according to the ecological classification of surface water quality of the reservoir by phytoplankton biomass, the water of Samara Bay belongs to the IV class, 6 category ("polytrophic"), and in the area near Viyskove village – to the III class, 5 category ("eutrophic-polytrophic").

Shannon biodiversity index numbers in terms of biomass abundance varied within – 1.18 (0.60) in the lower section of the reservoir – up to 1.16 (0.55) – in Samara Bay, which indicates simplicity in organization of the phytoplankton community as a result of the dominance of blue-green algae.

It was found that the main hydrochemical parameters that influence the abundance of phytoplankton of the Zaporizhzhia reservoir are the content of ammonia ($R=1$), nitrates ($R=0.87$), phosphates ($R=0.92$) and permanganate oxidation ($R=0.99$) as well as the biomass content of nitrates ($R=0.91$), phosphates ($R=0.95$), permanganate oxidation ($R=1$) and temperature ($R=0.68$).

A positive correlation is also observed between the abundance, biomass and content of heavy metals in water, namely copper, manganese, zinc, nickel, lead and cadmium.

By most indicators, the water quality in Samara Bay was characterized as the worst, comparatively higher is water quality in the lower section of the reservoir, which may be associated with both reduced industrial and household discharges and self-cleaning capacity of the reservoir.

It can be assumed that heavy metal concentrations have contributed to the reduction of biodiversity for some Cyanophyta representatives.

The concentration of almost all researched heavy metals in Samara Bay water is higher compared to the water from the lower section of the Zaporizhzhia reservoir. Significant differences were found between copper (35 %), zinc (42 %), nickel (65 %), lead (75 %) and cadmium (85 %) in the two reservoir areas ($p<0.05$).

Therefore, there is a direct correlation between the degree of probability of reproduction of the natural structure of phytoplankton communities and the level of anthropogenic loading, provided that the level of anthropogenic loading did not exceed the critical limit for the ecosystem as a whole and did not lead to irreversible changes in the structure of phytoplankton groups.

Thus, phytoplankton is a representative biological indicator of the current state, water quality and the degree of anthropogenic load on aquatic ecosystems.

– *Розділ 3 Екозоологічні, мікробіологічні та медико-екологічні дослідження* –DOI <https://doi.org/10.26661/2312-2056/2019-24/2-13>

УДК 632.7:635.925

**КОМАХИ – КАРПОФАГИ КЛЕНІВ
У ПАРКОВИХ НАСАДЖЕННЯХ м. ДНІПРО***Зайцева І. А., Джиган О. П.**Дніпровський державний аграрно-економічний університет
dicentra@ukr.net*

Досліджено стан плодів кленів у паркових насадженнях м. Дніпро з різним ступенем антропогенного навантаження. Встановлено, що загальний рівень ушкодження складає 69,63 %. Найбільш зіпсованим виявилось насіння кленів із контрольних ділянок (у середньому 29,91 %), найменшою мірою – в одному із парків промислової частини міста (15,00 %), що відрізняється високим ступенем техногенного забруднення. Встановлено видовий склад комах-карпофагів кленів. Найвищим рівнем шкодочинності відрізняються гусениці *Pammene regiana* Zeller, 1849 (у середньому 65,20 %), тоді як шкідливість довгоносиків-насінеїдів роду *Bradybatius* Germar, 1824 була майже у двічі нижчою (34,80 %).

Дерева роду Acer L., пошкодження плодів, комахи-карпофаги, міські паркові насадження

Деревні рослини у складі фітоценозів промислових мегаполісів зазнають суттєвого негативного впливу антропогенних факторів різного походження [2–4, 17, 18]. Тому видовий склад дендрофлори міста необхідно формувати з максимально стійких порід [11, 21]. Одними з таких рослин є представники роду *Acer* L. [24], які нерідко виступають головною структурною породою у паркових і вуличних насадженнях м. Дніпро.

На теперішній час досить детально вивчено питання впливу абіотичних факторів техногенного походження на клени у складі штучних насаджень на території промислових міст [3, 9, 10, 20, 24]. У той час відомості про дію біотичних факторів на клени міських насаджень є фрагментарними [6, 8, 15, 25]. Доведено, що в умовах урбоценозів Степового Придніпров'я клени мають високий репродуктивний потенціал, і це обумовлює формування стійких рослинних угруповань [3, 5, 12, 27]. Відомо

[7], що насіння кленів відносно стійкі до ураження шкідниками та хворобами.

Метою даної роботи є аналіз характеру і ступеня пошкодження плодів кленів комахами-карпофагами у паркових насадженнях м. Дніпро та визначення їх видового складу.

Матеріали і методи дослідження

Маршрутні обстеження проводили у вересні – жовтні 2016–2018 рр. До цього часу насіння врожаю поточного року вже заселене насіннідами [16]. Плоди кленів (*Acer platanoides* L., *A. pseudoplatanus* L., *A. negundo* L.) відбирали рандомізовано з модельних дерев приблизно одного вікового класу з різних боків проекції крони на висоті до 2 м та під кроною на поверхні ґрунту у паркових насадженнях правобережної частини м. Дніпро, які відрізняються ступенем антропогенного навантаження (більш забруднені парки центру і промислових районів міста: ім. Л. Глоби, Новокодацький, Пам'яті і Примирення, сквер ім. І. П. Ключова; відносно чисті паркові насадження нагірної частини міста: парк Севастопольський, сквер на вул. Гусенка) і лісових масивах навколо с. Краснопілля Дніпропетровської області (Краснопілля, Великий Ліс – селище у південній частині м. Дніпро у Чечелівському районі; умовний контроль). Додатково обстежували насіння кленів *A. tataricum* L. і *A. campestre* L., які у невеликій кількості зростають у межах ж/м Покровський і острівної частини парку ім. Т.Г. Шевченка (*A. tataricum* L.) та вздовж вул. Набережна Заводська (*A. campestre* L.). У лабораторних умовах плоди сортували, дотримуючись [14]. Окремо аналізували характер пошкодження крилаток, окремо – насіння. Визначали кількість пошкоджених насінин по відношенню до загальної їх кількості (у %). Потім пошкоджене насіння розрізали. Для детального вивчення карпофагів використовували тринокулярний мікроскоп XSM-40. Видовий склад комах з'ясовували за [1, 13, 19, 23, 28, 30, 31]. Фотографії зроблені автором за допомогою планшети Sony Xperia Z2 Tablet з використанням спеціальних лінз для макрозйомки.

Результати та їх обговорення

Загальна кількість зібраних за досліджуваний період плодів *Acer L.* із усіх стаціонарних дослідних ділянок (СДД) – парків, скверів і контрольної ділянки, склала 2700 шт. Серед них із пошкодженими крилатками виявилось 1134 шт. (42,00 %), насінням – 746 шт. (27,63 %). Загальний рівень ушкодження – 69,63 %.

Із представлених даних видно (рис. 1), що найбільше були пошкоджені крилатки на умовно чистих ділянках лісових масивів с. Краснопілля (54,66 %). Найменшим рівнем ушкодження відрізнялись крилатки плодів кленів, зібраних у парку Пам'яті і Примирення (24,00 %), який розташований в одному з найбільш забруднених районів міста, межує з магістралями з інтенсивним рухом автотранспорту, з центральним автовокзалом м. Дніпро, ПАТ «Дніпропетровський агрегатний завод» і «СВРАЗ – Дніпровський металургійний завод», коксохімічним заводом, що суттєво впливає на стан деревних насаджень парку.

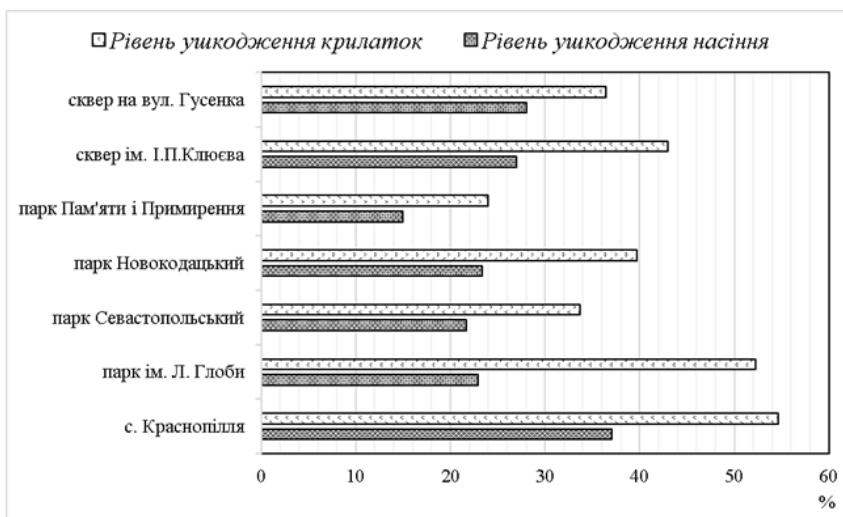


Рисунок 1 – Рівень ушкодження плодів кленів у паркових насадженнях м. Дніпро

Figure 1 – The level of maple samaras damage in park plantings of the Dnipro city

Аналогічні дані були отримані і для насіння кленів (рис. 1): найбільш ушкодженим виявилось насіння кленів із контрольних ділянок с. Краснопілля – 37,06 %; найменшою мірою – у парку Пам'яті і Примирення (15,00 %).



Рисунок 2 – Розподіл пошкоджень крилаток плодів кленів за типами

Figure 2 – Distribution of the maple samaras damages by variants



Рисунок 3 – Крайове обгризання крилаток *Acer platanoides* (А) і *A. campestre* (Б)

Figure 3 – The edge dining of the maple samaras: *Acer platanoides* (A), *A. campestre* (Б)

При порівнянні даних за роками виявили, що крилатки плодів кленів майже у 1,3 рази були більше ушкоджені у 2016 р., ніж у 2017 р. (збір плодів здійснювали приблизно у ті ж самі дати). У середньому за всіма СДД рівень ушкодження крилаток у 2016 р. досягав 51,17 %, тоді як у 2017 р. – 38,71 %. Аналогічна тенденція була виявлена і для насіння: у 2016 р. середній рівень пошкодження насіння з усіх СДД у 2016 р. становив 44,67 %, у 2017 р. – 22,76 %.

За типами пошкоджень крилаток плодів кленів домінувало крайове обгризання (рис. 2, 3) і мінування (рис. 2, 4), у невеликій кількості зустрічалось дірчасте виїдання крилаток і прогризання отворів у насінневу камеру (рис. 2, 5).

Мінування крилаток спричиняли молі-малятка роду *Ectoedemia* Busck, 1907 (*Etainia* Beirne, 1945). Згідно з сучасними уявленнями [29, 32], існує три види мінуючих молей цього роду, що пошкоджують насіння кленів. Кожен із них має свою кормову рослину. Нам вдалося зафіксувати характерні міни (рис. 4), кокони на плодах *A. platanoides* і *A. pseudoplatanus*, але стадій розвитку молей не виявлено у зв'язку з пізньоосіннім періодом дослідження. Також не знайдено мін *Ectoedemia louisella* Sircom, 1849 на плодах *A. campestre*.

Протягом вегетаційних періодів 2016–2018 рр. нами були виявлені наступні види комах, що пошкоджували насіння кленів: плодожерка кленова велика (*Pammene regiana* Zeller, 1849; Lepidoptera: Tortricidae: Grapholitini) (рис. 6) і довгоносики-насінеїди кленові роду *Bradybatus* Germar, 1824 (Coleoptera: Curculionidae: Anthonomini) (рис. 7, 8).

За даними В. Ю. Назаренка [22], в Україні мешкає 6 видів довгоносику роду *Bradybatus*: *B. creutzeri* Germar, 1824 (кормові рослини – *Acer campestre*, *A. opalus*); *B. tomentosus* Desbrochers, 1892 (*Acer* sp., особливо *A. platanoides*); *B. seriesetosus* Petri, 1912 (*A. campestre*); *B. kellneri* Bach, 1854 (*A. platanoides*, *A. monspessulanum*, *A. opalus*, *A. campestre*); *B. elongatulus* Boheman, 1843 (*A. campestre*); *B. fallax* Gerstaecker, 1860 (*A. pseudoplatanus*, *A. platanoides*). Тільки один вид визначений у Дніпропетровській області – *B. tomentosus* [26].



Рисунок 4 – Мінування крилаток кленів молями-малятками: А – *Ectoedemia sericopeza*, Zeller, 1839 (*A. platanoides*); Б – *Ectoedemia decentella* Herrich-Schäffer, 1855 (*A. pseudoplatanus*)

Figure 4 – The mining of the maple samaras by midge moths: А – *Ectoedemia sericopeza*, Zeller, 1839 (*A. platanoides*); Б – *Ectoedemia decentella* Herrich-Schäffer, 1855 (*A. pseudoplatanus*)



Рисунок 5 – Дірчасте виїдання (А) в крилатках *A. campestre* і прогризання отворів в насінневу камеру плоду (Б)

Figure 5 – Hole eating (А) of maple samaras of *A. campestre* and gnawing holes in the seed vessel (Б)



Рисунок 6 – Ушкодження плоду *A. platanoides* гусеницею *Pammene regiana*: А – вхідний отвір, Б – вихідний отвір

Figure 6 – Damage to the *A. platanoides* samara by the caterpillar *Pammene regiana*: A – inlet, B – outlet



Рисунок 7 – Ушкодження плоду *A. platanoides* личинками довгоносика *Bradybatus sp.*

Figure 7 – Damage to the *A. platanoides* samara by larvae of *Bradybatus sp.*

За отриманими результатами, середній рівень ушкодження насіння кленів гусеницями *P. regiana* (65,20 %) був майже у двічі вищий, ніж личинками довгоносика (34,80 %), а на деяких СДД (сквер ім. І.П. Ключова, парк Новокодацький) – у 2,5–2,7 рази. Із представлених на рисунку 9 даних видно, що найвищий рівень ушкодження насіння кленів плодожеркою *P. regiana* спостерігається у парку Новокодацький і сквері ім. І. П. Ключова, де за результатами інвентаризації знаходяться найстаріші дерева

кленів. Тоді, як довгоносики роду *Bradybatus* проявляють найбільшу шкодочинність у сквері на вул. Гусенка, де зростають наймолодші за віком клени.

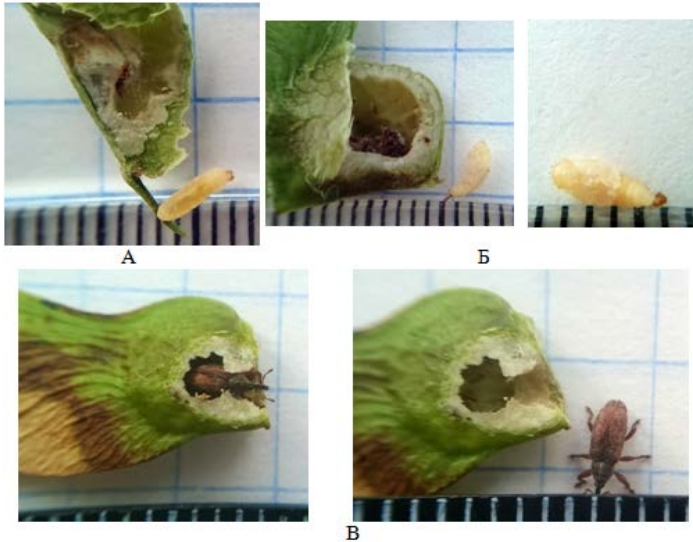


Рисунок 8 – Личинка (А), лялечка (Б) і імаго (В) довгоносика *Bradybatus* sp. в плодах *A. campestre*

Figure 8 – Larvae (A), pupae (Б) and imago (В) of the beetle *Bradybatus* sp. in the *A. campestre* fruits

Інших шкідників насіння кленів у досліджуваний період виявлено не було. Планується продовжити дослідження у цьому напрямку для виявлення особливостей біології, етології, сезонного розвитку і характеру шкодочинності молей-мінерів роду *Ectoedemia* і визначення видового складу довгоносиків роду *Bradybatus* в кленових насадженнях м. Дніпро.

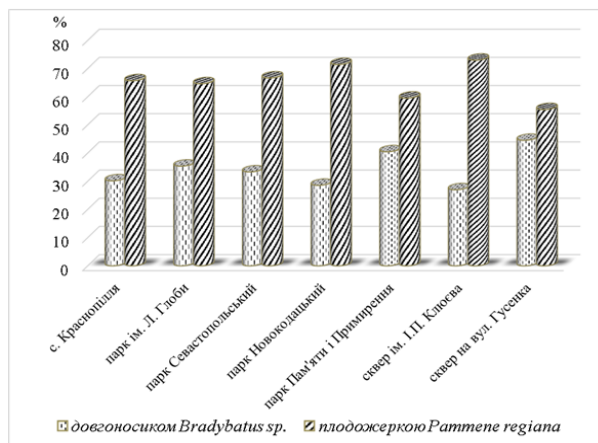


Рисунок 9 – Рівень ушкодження насіння кленів гусеницями *Pamme regiana* і личинками *Bradybatus sp.*

Figure 9 – The level of maple samaras damage by *Pamme regiana* caterpillars and larvae of *Bradybatus sp.*

Висновки

1. За результатами досліджень стану плодів кленів встановлено, що найбільше були пошкоджені їх крилатки на умовно чистих ділянках с. Краснопілля (54,66 %); найменше – зібрані в парку Пам'яти і Примирення (24,00 %). Аналогічні дані були отримані і для насіння кленів: найбільш ушкоджене воно у рослин контрольних ділянок (37,06 %); найменш – у парку Пам'яти і Примирення (15,00 %).

2. При порівнянні даних за роками виявили, що плоди кленів майже у 1,3 рази були більше ушкоджені у 2016 р., ніж у 2017 р.

3. За типами пошкоджень домінувало крайове обгризання (61,39 %) і мінування (36,47 %) крилаток плоду, у невеликій кількості зустрічалось дірчасте виїдання (2,14 %) і прогризання отворів у насінневу камеру. Мінування крилаток спричиняли молі-малятка роду *Ectoedemia*.

4. Протягом вегетаційних періодів 2016–2018 рр. були визначені комахи, які пошкоджували насіння кленів: плодожерка кленова велика (*Pamme regiana*) і довгоносики-насіннеїди кленові (*Bradybatus*). Середній рівень ушкодження насіння

кленів гусеницями *Pantene regiana* (65,20 %) був майже у двічі вищий ніж личинками довгоносики (34,80 %).

5. Найбільшу шкодочинність плодожерка *Pantene regiana* проявлялася ділянках, де за результатами інвентаризації знаходяться найстаріші дерева кленів, тоді як довгоносики роду *Bradybatus* – у сквері на вул. Гусенка, де зростають наймолодші за віком клени.

Література:

1. Арнольди Л. В., Заславский В. А., Тер-Минасян М. Е. Сем. *Circulionidae* Долгоносики. *Определитель насекомых европейской части СССР : в 5 т. Т. II. Жесткокрылые и веерокрылые.* Москва; Ленинград : Наука, 1965. С. 485–621.

2. Бессонова В. П. Методи фітоіндикації в оцінці екологічного стану довкілля : Навч. посіб. Запоріжжя : ЗНУ, 2001. 196 с.

3. Бессонова В. П., Грицай З. В. Нагромадження запасних речовин у насінні *Acer platanoides L.* та *Acer negundo L.* під впливом промислових викидів. *Укр. ботан. журн.* 1998. Т. 55, № 3. С. 289–297.

4. Бессонова В. П., Зайцева І. А. Вміст важких металів у листі дерев і чагарників в умовах техногенного забруднення різного походження. *Питання біоіндикації та екології.* Запоріжжя : ЗНУ, 2008. Вип. 13, № 2. С. 62–77.

5. Бессонова В. П., Юсыпова Т. И. Семенное возобновление древесных растений и промышленные загрязнители (SO_2 и NO_2). *Запорожье : ЗГУ, 2001. 193 с.*

6. Броун И. В., Плескач Л. А. Вредители и болезни древесных насаждений техногенно загрязненных участков дендропарка «Александрия». *Лесной комплекс: состояние и перспективы развития : материалы VIII Междунар. науч.-техн. конференции, г. Брянск, 1–30 ноября 2007.* Брянск : БГИТА, 2008. URL: http://science-bsea.narod.ru/2007/leskomp_2007/broun_vred.htm.

7. Букиштынов А. Д. Клен. Москва : Лесная промышленность, 1982. 86 с.

8. Глібовицька Н. І., Караванович Х. Б. Функціональний стан деревних рослин в умовах нафтового забруднення довкілля.

Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. 2016. № 2. С. 92–97. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ebzp_2016_2_14.

9. Голикова М. М., Зайцева І. О. Структурно-функціональні особливості адаптації видів роду *Acer* в умовах Степового Придніпров'я. Вісник Дніпропетровського університету. Серія Біологія. Екологія. 2009. Вип. 17. Т. 2. С. 30–36.

10. Голикова М. М., Супонько Ю. В. Біоремедіаційна роль кленів у промисловому місті. Актуальні питання теоретичної та клінічної медицини : зб. тез доп. міжнар. наук.-практ. конф. студентів та молодих вчених, м. Суми, 10–12 квітня 2013 р. Суми : СумДУ, 2013. С. 81–82.

11. Гончаренко Я. В. Дендрофлора міських парків Харкова (структура, аутоекологія, формування насаджень) : автореф. дис... канд. біол. наук : 06.03.01. Київ, 2009. 22 с.

12. Грицай З. В., Денисенко О. Г. Насіннева продуктивність деревних рослин в умовах забруднення довкілля викидами металургійного підприємства. Вісник Дніпропетровського університету. Серія Біологія. Екологія. 2011. Вип. 19. Т. 2. С. 40–44.

13. Гусев В. И., Римский-Корсаков М. Н. *Определитель поврежденных лесных и декоративных деревьев и кустарников Европейской части СССР.* Москва, Ленинград : Гослесбуиздат, 1951. 580 с.

14. ДСТУ 7127 : 2009. Насіння дерев та кущів. Методи фітопатологічної та ентомологічної експертизи. [Чинний від 01.01.12]. Київ : Вид-во Держспоживстандарт України, 2011. IV. 42 с.

15. Жовнерчук О. В. Видове різноманіття та особливості розподілу тетраніхових кліщів (*Trombidiformes, Tetranychidae*) в зелених насадженнях м. Києва. *Вестн. зоології.* 2009. Вип. 43, № 1. С. 59–67.

16. Зайцева І. А., Ситникова А. К. Аналіз ушкодження насіння *Robinia L.* комахами у паркових і вуличних насадженнях м. Дніпро. *Питання біоіндикації та екології. Запоріжжя : ЗНУ,* 2017. Вип. 22, № 2. С. 111–129.

17. Илькун Г. М. *Загрязнители атмосферы и растения.* Київ : Наук. думка, 1978. 246 с.

18. *Коришков И. И., Котов В. С., Михеев И. П. Взаимодействие растений с техногенно загрязненной средой. Киев : Наук. думка, 1995. 192 с.*
19. *Костюк Ю. А. Семейство листовёртки – Tortricidae. Вредители сельскохозяйственных культур и лесных насаждений. Т. 2. Вредные членистоногие, позвоночные. [2-е изд., исп. и доп.]. Киев : Урожай, 1988. С. 203–260.*
20. *Кохно Н. А. Интродукция видов клена на Украине. Бюлл. Глав. ботан. сада. Москва, 1967. Вып. 65. С. 27–29.*
21. *Куринская Н. В. Влияние факторов окружающей среды на состояние древесной растительности парковых ландшафтов : автореф. дис. ... канд. биол. наук. 03.00.16. Ростов н/Д, 2006. 24 с.*
22. *Назаренко В. Ю. Жуки-долгоносики трибы Anthonomini (Coleoptera, Curculionidae) Украины. Экология, эволюция и систематика животных : материалы Междунар. науч.-практ. конф., г. Рязань, Россия, 13–16 ноября 2012 г. Рязань : НП «Голос губернии», 2012. С. 122–123.*
23. *Определитель насекомых европейской части СССР : в 5 т. / редкол. : Г. Я. Бей-Биенко (гл. ред.) [и др.]. Москва, Ленинград : Наука, 1964–1988.*
24. *Поворотня М. М. Еколого-фізіологічний аналіз стійкості видів роду Acer у техногенних умовах теплових електростанцій Дніпропетровщини : дис. ... канд. биол. наук. 03.00.16. Дніпропетровськ, 2016. 250 с.*
25. *Рыжая А. В., Гляковская Е. И. Членистоногие – фитофаги, повреждающие зеленые насаждения г. Гродно (Беларусь). Социально-экологические технологи (Вестник МГГУ им. М.А. Шолохова). 2016. № 3. С. 38–46*
26. *Сумароков А. М. Материалы к видовому составу фауны жесткокрылых (Insecta : Coleoptera) Днепропетровской области. Проблемы экологии та охорони природи техногенного регіону. Міжвідомчий зб. наук. праць / Відп. ред. С. В. Беспалова. Донецьк : ДонНУ, 2004. Вип. 4. С. 131–142 (267 с.).*
27. *Шупранова Л. В., Денисенко Я. В. Зміни в метаболізмі насіння деяких видів роду Acer L. при його формуванні в урбанізованому середовищі. Інтродукція, селекція та захист рослин : матеріали другої міжнар. наук. конф., м. Донецьк, 6–8 жовтня. Донецьк, 2009. Т. 2. С. 422.*

28. *Leafminers and plant galls of Europe* / ed. W. N. Ellis. Amsterdam, 2001–2019. URL: <http://www.bladmineerders.nl>.
29. Nieuwerkerken E. J van, Laštůvka A., Laštůvka Z. *Annotated catalogue of the Nepticulidae and Opostegidae (Lepidoptera : Nepticuloidea) of France and Corsica*. *Zootaxa*. 2006. Vol. 1216. P. 77 (114 p.).
30. Nieuwerkerken E. J van, Doorenweerd C., Hoare R., Davis D. R. *Revised classification and catalogue of global Nepticulidae and Opostegidae (Lepidoptera, Nepticuloidea)*. *ZooKeys*. 2016. Vol. 628. P. 65–246. doi:10.3897/zookeys.628.9799
31. Razowski J. *Tortricidae of Europe. Vol. 2. Olethreutinae*. Bratislava : Slamka, 2003. 320 p.
32. Wullaert S. *Vlaamse Vereniging voor Entomologie : Werkgroep Bladmineerders*. 2018. URL: www.bladmineerders.be.

INSECTS – MAPLE CARPOPHAGOUS IN PARK PLANTINGS OF DNIPRO CITY

Zaitseva I. A., Dzhygan O. P.

Dnipro State Agrarian and Economic University

dicentra@ukr.net

It has been proved that in the conditions of the Steppe Prydniprovyia urbanized landscapes, maples have high reproductive potential, and this leads to the formation of sustained plant groups. It is known that maple seeds are relatively resistant to pests and diseases. In this work the effects of insect pests on the maple samaras (*Acer* L.) growing in sites with different levels of technogenic load were studied.

The studies were conducted in September – October 2016–2018. Maple samaras (*Acer platanoides* L., *A. pseudoplatanus* L., *A. negundo* L.) were randomly selected from model trees of approximately the same age class on different sides of the crown projection, at a height up to 2 m and under the crown on the surface of the soil, in the park plantations of the right-bank part of Dnipro city, which differs in the degree of anthropogenic loading (more polluted parks of the center and industrial districts – named after L. Globa, Novokodatsky, Park of Remembrance and Reconciliation, I. P. Klyuyev square; relatively clean park plantations of the Nagorny district – Sevastopol Park, square on the Gusenko Str.), as well as in

the control site (parkland in the village Krasnopillya of the Dnepropetrovsk region).

In addition, the seeds of *A. tataricum* L. and *A. campestre* L., which grow in a small amount within Pokrovsky district and island part of the Taras Shevchenko Park (*A. tataricum* L.) and along the Naberezhnaya Zavodskaya Str. (*A. campestre* L.) were examined. In laboratory conditions, the fruits were sorted, the number of damaged seeds was determined in relation to their total number (in %). The degree of damage to the samaras, separately – the seeds, was analyzed separately. Further, the damaged seeds were cut and the found pests and the stage of their development were determined.

The total number of maple samaras collected from all stationary experimental sites (SESS) – parks, squares and control area – amounted 2,700 units. Among them, with damaged samaras were 1134 pieces (42.00 %), seeds – 746 pcs. (27.63 %). The overall damage rate is 69.63 %.

It was found that the samaras in the control area were the most damaged (54.66 %). The smallest level of damage was recorded for the samaras collected in the Park of Remembrance and Reconciliation (24.00 %), which is located in one of the most polluted areas of the city. Similar data were obtained for maple seeds: the most damaged were maple seeds from control area (37.06 %); the lowest is in the Park of Remembrance and Reconciliation (15.00 %).

Comparing the years, we found that maple samaras were damaged nearly 1.3 times more in 2016 than in 2017.

The types of lesions were dominated in the form of dining (61.39 %) and mines (36.47 %) of the samaras; a small number of holes appeared (2.14 %) and gnawing holes in the seed vessel. Mining of the samaras was caused by the micro-lepidopteran genus *Ectoedemia* Busck, 1907 (*Etainia* Beirne, 1945).

During the vegetation periods of 2016–2018, insects that damaged maple seeds – *Pammene regiana* Zeller, 1849 (Lepidoptera: Tortricidae: Grapholitini), and weevils of the genus *Bradybatus* Germar, 1824 (Coleoptera), are closely related to maple samaras. The average level of damage to maple seeds by *Pammene regiana* caterpillars (65.20 %) was almost twice as high as that of *Bradybatus* sp. (34.80 %).

Pammene regiana showed the greatest harm in the areas where the oldest maple trees are found according to the inventory results,

while the weevils *Bradybatus sp.* – in the square on the Gusenko Str., where the youngest maples grow.

DOI <https://doi.org/10.26661/2312-2056/2019-24/2-14>

УДК 612.31:582.23:665.583.4

ЕКОЛОГІЯ МІКРООРГАНІЗМІВ РОТОВОЇ ПОРОЖНИНИ ЛЮДИНИ ЗА ДІЇ ГІГІЄНИЧНИХ ЗУБНИХ ПАСТ

***Крупей К. С., Сперанська К. О. *, Рильський О. Ф. *,
Зайковська Д. В. *****

Запорізький державний медичний університет

Запорізький національний університет*

Запорізький навчально-виховний комплекс № 63**

krupeyzni@gmail.com

Вивчений вплив зубних паст 3-х торговельних марок на процеси інтенсифікації розмноження мікробіоти ротової порожнини людини. Використання зубної пасти № 1 показало статистично значущі результати протягом усього періоду дослідження ($p = 0,001$). У контрольних пробах кількість колоній мікроорганізмів дорівнювала $2380,4 \pm 15,61$, після чищення зубів цей показник був в 1,4 раза більше – $2713 \pm 17,22$. Через 20 хв після використання зубних паст спостерігалось різке зниження кількості бактерій у всіх досліджуваних зразках, що вірогідно можна пояснити початком впливу антимікробних компонентів на мікробіоту. Виявлена висока біохімічна активність доміантних морфолого-культуральних типів бактерій, що свідчить про закислення середовища ротової порожнини та ймовірних процесах демінералізації зубної емалі.

Бактерії, мікрофлора, ротова порожнина, зубна паста

Зубна паста – це препарат для гігієнічного догляду за порожниною рота і зубами на основі суспензії абразивно-полірувальних матеріалів у водно-гліцеринових розчинах гелеутворювачів і поверхнево-активних речовин [6]. Гігієнічні пасти для чищення зубів застосовуються виключно для механічної ліквідації м'яких відкладень на зубах, залишків їжі і для освіження порожнини рота, на відміну від лікувально-профілактичних, у складі яких містяться компоненти, здатні впливати на різні патологічні процеси в порожнині рота. Ротова порожнина не є однорідним середовищем: у ній існують

анатомічні області, неоднакові за фізико-хімічними властивостями і тому вони підтримують розвиток різних мікробних угруповань, екологія яких на сьогодні недостатньо вивчена [2]. Область між періодонтом і зубами – ясенева борозна – унікальний сайт колонізації, оскільки містить як тверді, так і м'які тканини [4]. Найбільша кількість бактерій представлена в зубному нальоті, в той час як найменша заселеність зареєстрована на слизовій оболонці піднебіння [1, 5]. Стрептококи утворюють 70 % колоній, вейлонели та нейсерії – 15 %, інша мікрофлора (дифтероїди, лактобактерії тощо) – 15 % [5].

Є відомості, що після чищення зубів деякими зубними пастами відбувається інтенсифікація розмноження бактерій у ротовій порожнині [2]. Тому метою роботи було вивчити вплив гігієнічних зубних паст на кількісну динаміку мікрофлори ротової порожнини.

Матеріали та методи дослідження

Досліджували мікрофлору ротової порожнини людей віком від 18 до 23 років. Повторність дослідів – 10-ти кратна. Було обрано 3 торговельні марки гігієнічних зубних паст широкого вжитку та зубний ополіскувач. Чистку зубів проводили протягом 1 хв. новими зубними щітками середньої жорсткості, перед та після чищення зубів ротову порожнину ополіскували дистильованою водою. Мазки брали з експозицією часу 1 хв., 20 хв., 40 хв. Контролем слугував мазок мікрофлори ротової порожнини, зроблений через 1 хв після ополіскування ротової порожнини дистильованою водою. Бактерії засівали суцільним газоном на середовищі МПА, температура культивування становила +37 °С. Аналіз результатів (кількісний та якісний облік колоній мікроорганізмів, забарвлення за Грамом, виділення чистих культур, визначення гліколітичної активності) проводили на 3-ю добу культивування [3].

Окисно-відновний потенціал (ОВП), рН вимірювали ОВП/рН метром МР-103, електропровідність – кондуктометром N5721M.

Фізико-хімічні показники досліджуваних засобів суттєво відрізнялися тільки за ОВП (табл. 1). Найбільший показник ОВП зареєстрований у зубного ополіскувача (+374,5 мВ при рН 6,0).

Такий розчин близький за властивостями до аноліту та володіє бактерицидними властивостями. Електропровідність зубних засобів була в межах 10,5–12,1 mS/m.

Таблиця 1 – Деякі фізико-хімічні параметри водного розчину зубних паст (1:1)

Table 1 – Physicochemical parameters of aquatic toothpastes solution (1:1)

Фізико-хімічні показники	№ 1	№ 2	№ 3	Ополіскувач
ОВП, мВ	+199,6	+180,5	+197,4	+374,5
L, mS/m	12,1	11,1	11,5	10,5
pH	7,1	6,9	7,0	6,0

Порівняльний аналіз складу зубних паст та ополіскувача показав, що виробники використовують різні підсолоджувачі та антимікробні речовини (табл. 2). Так, антимікробними компонентами у 3-х зубних пастах виступають Натрій фторид, монофторфосфат та метилпарабен, відповідно. Натрій монофторфосфат має менш виражену бактерицидну дію, ніж інші компоненти (для досягнення бактерицидного ефекту необхідно чистити зуби понад 3 хв).

Сорбітол і сахарин Натрію використовуються як підсолоджувачі у зубній пасті № 1 та 2, відповідно. Виробник зубної пастки № 3 застосовує окрім останнього ще й екстракт листя стевії, який має антигіпертинзивну, репаративну, імуномодельовальну та бактерицидну дію.

Результати та їх обговорення

Результати дослідження продемонстрували однакову кількісну тенденцію щодо інтенсифікації процесів розмноження бактерій у ротовій порожнині людини після чищення зубів трьома гігієнічними пастами, що вивчалися (рис. 1).

Таблиця 2 – Порівняльний аналіз складу зубних паст
 Table 2 – Comparative analysis of the toothpastes' composition

Критерій	№ зубної пасти			Ополіскувач
	1	2	3	
Абразивні речовини	Кремній гідроксид	Кальцій карбонат, Кремній гідроксид, Натрій карбонат, Натрій бікарбонат	Кремній гідроксид, Натрій бікарбонат	Кремній гідроксид
Піноутворювачі	Натрій лаурилсульфат, Натрій ортофосфат	Натрій лаурилсульфат	Натрій лаурилсульфат, Натрій кокосульфат	Натрій лаурилсульфат
Підсо-лоджувачі	Сорбітол, сахарин Натрію	Сорбітол, сахарин Натрію	Сахарин Натрію, екстракт листя стевії	Пропіленглі-коль
Антимікробні компоненти	Натрій фторид	Натрій монофторфосфат	Натрій метилпарабен, масло <i>Chamomilla Recutita</i> , масло цитрусового лимона	Полоксамер 407
Інші компоненти	Вода очищена, віддушки, ксантова камідь, карбомір, Титана (IV) оксид, лимонен	Вода очищена, віддушки, ксантова камідь, Магній алюмосилікат, бензиловий спирт, лимонен	Вода, папаїн, омега-3-жирні кислоти, целюлозна камідь, дигідрат дикальцію фосфат тощо	Вода, бензойна кислота, СІ 42053, ефірні олії: тимол, евкаліптол, ментол, метилсаліцилат

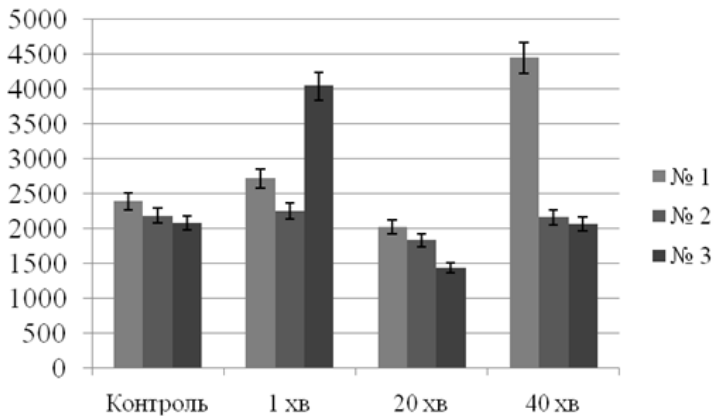


Рисунок 1 – Кількісний склад колоніє-утворюючих одиниць (КУО) мікроорганізмів у ротовій порожнині за впливу зубних паст

Figure 1 – Quantitative composition of colony-forming units (CFU) of microorganisms in the oral cavity under the influence of the toothpastes

При вивченні впливу зубної пасти № 2 на мікрофлору досліджуваного біотопу результати достовірно відрізнялись від контролю лише через 20 хв після чищення зубів ($p = 0,001$). В контрольних зразках КУО було $2176,4 \pm 20,40$, а в досліді в 1,2 раза менше – $1826 \pm 8,92$. Відразу після чищення зубів гігієнічною пастою № 2 кількість КУО достовірно не відрізнялася від контрольних показників, що свідчить про прискорену інтенсифікацію розмноження бактерій, яка різко знижується протягом наступних 20 хв, проте надалі знову досягає контрольних показників.

На відміну від зубної пасти № 2, чищення зубів засобом № 1 показало достовірні результати протягом всього періоду дослідження ($p = 0,001$). Так, у контрольних зразках середнє арифметичне значення КУО у ротовій порожнині людей складало $2380,4 \pm 15,61$, тоді як після 1 хв чищення зубів КУО було в 1,4 раза більше – $2713 \pm 17,22$. Протягом наступних 20 хвилин чисельність бактерій зменшувалася і на 20-й хвилині

досягла значення $2016 \pm 4,23$, що в 1,2 рази менше за контроль. Проте через 20 хвилин кількість КУО в ротовій порожнині була $4444,6 \pm 26,38$, що майже в 2 рази більше, ніж в контрольних зразках.

Зубна паста № 3 призвела до різкого підвищення кількісного складу мікрофлори в 2 рази відразу після чищення зубів, проте через 20 хв кількість бактерій була в 1,4 рази нижчою ($p = 0,05$). Через 40 хв показники стабілізувалися до контрольних значень ($2056 \pm 21,19$).

Отже, за результатами дослідження мінімальна кількість бактерій у ротовій порожнині після чищення зубів спостерігається через 20 хв. Проте відразу після чищення зубів мікроорганізми отримують «поштовх» до інтенсифікації розвитку та розмноження, що, вірогідно, можна пояснити особливостями складу зубних паст, а саме наявністю абразивних речовин та підсолоджувачів, які, на жаль, починають діяти на фізіологію бактерій швидше, ніж антимікробні компоненти.

За період дослідження було виділено від 4 до 10 морфолого-культуральних типів (МКТ) бактерій, які віднесено до 6 родів: *Staphylococcus*, *Corynebacterium*, *Bacillus*, *Streptococcus*, *Clostridium*, *Sarcina* (провідним з яких був рід *Staphylococcus*). Слід відмітити, що чітка різниця між співвідношенням МКТ після застосування досліджуваних зубних паст не була зафіксована. Так, морфолого-культуральний склад ротової порожнини після 20 хв від чищення зубів пастою № 1 представлений 7 МКТ (2 з них – домінантні). В контрольних зразках було виділено 10 МКТ (рис. 2, 3), серед яких також було два домінантні морфотипи (понад 10 %). Морфотип 1 на щільних середовищах МПА утворював точкові колонії (розміром до 1 мм), переважно білого кольору з рівними краями.

Ополіскувач для ротової порожнини призвів до суцільного росту бактерій на чашках Петрі, що створило несприятливі умови для кількісного підрахунку колоній методом Коха, проте аналіз МКТ продемонстрував домінування родів *Streptococcus* та *Bacillus*.

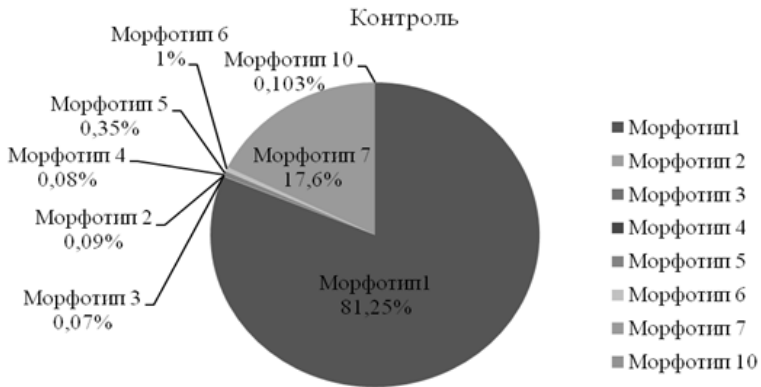


Рисунок 2 – Морфолого-культуральний склад мікрофлори ротової порожнини в контрольних зразках

Figure 2 – Morphological and cultural composition of oral microflora in the control samples

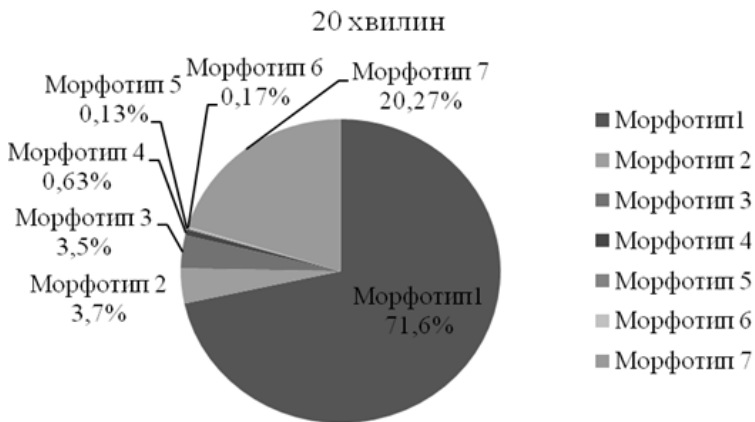


Рисунок 3 – Морфолого-культуральний склад мікрофлори ротової порожнини за впливу зубної пасти № 1 (експозиція – 20 хв.)

Figure 3 – Morphological and cultural composition of oral microflora under the influence of toothpaste № 1 (exposition – 20 min)

Для оцінки гліколітичної активності чисті культури доміантних МКТ (*Staphylococcus* та *Streptococcus*) висівали на короткий строкатий ряд Гіса: глюкоза, лактоза, маніт, мальтоза, сахароза, пептонна вода.

Сахаролітичні ферменти стафілококів здатні розщеплювати ряд цукрів: лактозу, глюкозу, сахарозу, мальтозу. За результатами культивування *Staphylococcus* на 3-ю добу спостерігали зміну кольору середовища з фіолетового на зелено-блакитний, що вказувало на зміну рН середовища у кислий бік шляхом утворення проміжних продуктів кислого характеру під час розщеплення цукрів. Для роду *Streptococcus* зміна кольору строкатого ряду Гіса спостерігалася в пробірках з глюкозою, лактозою, манітом і сахарозою, у пробірці з пептонною водою змін не відбулося.

Отримані результати високої біохімічної активності доміантних МКТ можуть свідчити про підкислення середовища ротової порожнини, що сприяє прискоренню процесу демінералізації зубної емалі.

Висновки

1. Наявність абразивних речовин та підсолоджувачів у зубних пастах сприяють інтенсифікації розвитку мікробіоти ротової порожнини, які після чищення зубів починають діяти на бактерії швидше, ніж антимікробні компоненти.

2. Показана виражена варіабельність кількості бактерій після чищення зубів у залежності від експозиції. Мінімальна кількість бактерій у ротовій порожнині після чищення зубів спостерігається через 20 хв.

3. У контрольних зразках середнє арифметичне значення КУО у ротовій порожнині людей складало $2380,4 \pm 15,61$, проте після застосування зубної пасти № 1 КУО зафіксовано в 1,4 раза більше – $2713 \pm 17,22$ (через 1 хв). Через 20 хв КУО було в 1,2 раза менше за контроль.

4. Отримані результати дозволять більш глибоко зрозуміти вплив зубних паст певного складу на процеси інтенсифікації та пригнічення бактерій ротової порожнини та виявити додаткові причини демінералізації зубної емалі та карієсу.

Література:

1. Біденко Н. В. Патогенез, клінічна картина, прогнозування, особливості лікування і профілактики карієсу зубів : автореф. дис. ... д-ра мед. наук : 14.01.22. Київ, 2012. 36 с.
2. Бухарин О. В., Вальшев А. В., Гильмутдинова Ф. Г. Экология микроорганизмов человека. Екатеринбург : УрО РАН, 2006. 477 с.
3. Прунтова О. В. Лабораторный практикум по общей микробиологии: методическое пособие к лабораторным работам. Владимир : ВлГУ, 2015. 76 с.
4. Сапин М. Р. Анатомия человека: учебное пособие. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2002. 634 с.
5. Сахарукова Н. А. Мікробна флора порожнини рота в нормі і при паталогіях : автореф. дис. ... канд. біол. наук : 03.00.07. Івано-Франківськ, 2017. 16 с.
6. Технология косметических и парфюмерных средств: учебное пособие / А. Г. Башура и др. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2002. 117 с.

**ECOLOGY OF MICROORGANISMS OF THE ORAL CAVITY
UNDER THE ACTION OF HYGIENIC TOOTHPASTES**

Krupey K. S., Speranska K. O., Rylsky O. F.*,
Zaikovska D. V.***

*Zaporizhzhya State Medical University
Zaporizhzhya National University*
Zapoizhzhia educational complex № 63***

krupeyznu@gmail.com

There are a lot of different representatives taxonomic groups of microorganisms that engage in biochemical, immunological, and other interactions of both with macroorganism and each other. According to many researchers, favorable conditions such as availability of nutrients, optimal temperature and humidity are the cause development of numerous aerobic and anaerobic microorganisms in the oral cavity. Therefore, the number of microorganisms in the oral cavity, both in the number of species and in the density of microbial contamination, is second only to the colon. In this case, normal microflora is very important in metabolism, and is a kind of «barrier» for pathogenic bacteria.

The relevance of work is associated with a decrease in the resistance of the body to various pathogens and the production of bacterial resistance to pharmacological drugs, one reason being the daily use of toothpastes containing antimicrobials. Therefore, the purpose of the work was to study the effect of hygienic toothpastes on the quantitative dynamics of oral microflora.

The microflora of the oral cavity of people between the ages of 18 and 23 were examined. This experiment was repeated 10 times. 3 trademarks of consumer hygiene toothpastes and a rinse aid were selected. The teeth were cleaned for 1 min with new medium hard toothbrushes and rinsed with distilled water before and after brushing. Smears were taken with an exposure time of 1 min, 20 min and 40 min. The control was a smear of the oral microflora made 1 min after rinsing the mouth with distilled water. The bacteria were inoculated with a continuous lawn in a solid nutrient medium, the cultivation temperature was +37 °C. Analysis of the results (quantitative and qualitative accounting of colonies of microorganisms, gram staining, isolation of pure cultures, determination of glycolytic activity) was performed on the third day of the cultivation.

Oxidizing-reducing potential (ORP), pH was measured by ORP/pH meter MR-103 and conductivity by the conductor N5721M.

The presence of abrasives and sweeteners in toothpastes contribute to the intensification of the development of oral microbiota. These substances after brushing teeth begin to act on the bacteria faster than the antimicrobial components.

Depending on exposure the variability of the number of bacteria was expressed after brushing teeth. The minimum number of bacteria in the oral cavity after brushing is observed after 20 minutes.

In the control samples, the mean arithmetic value of CFU in the oral cavity was $2380,4 \pm 15,61$, but after the use of toothpaste № 1 CFU was increased by 1,4 times greater – $2713 \pm 17,22$ (after 1 min). After 20 min CFU was 1,2 times less than control.

During the research period, 4 to 10 morphocultural types (MKTs) of bacteria were identified and assigned to 6 genera types: *Staphylococcus*, *Corynebacterium*, *Bacillus*, *Streptococcus*, *Clostridium*, *Sarcina* (the leading of which was the genus *Staphylococcus*). It should be noted that there was no clear difference between the MKT ratios after the uses of the tested toothpastes.

In the morphological and cultural composition of all specimens *Staphylococcus* and *Streptococcus* were dominated. They were characterized by increased enzymatic activity, which may indicate acidification of the oral cavity and acceleration of tooth enamel destruction processes.

The obtained results showed us more deeply the influence of the certain composition toothpastes on the processes of intensification and inhibition of oral bacteria and to identify additional causes of demineralization of tooth enamel and caries.

DOI <https://doi.org/10.26661/2312-2056/2019-24/2-15>

УДК 592. 2: 592. 046 : 616. 385 – 008. 72

**ОСОБЛИВОСТІ ПОКАЗНИКІВ КРОВІ ПРИ
АВТОІМУННОМУ ТИРЕОЇДИТІ ТА ДИФУЗНОМУ
ТОКСИЧНОМУ ЗОБІ У МЕШКАНЦІВ ЗАПОРІЗЬКОГО
ПРОМИСЛОВОГО РЕГІОНУ**

Григорова Н. В.

Запорізький національний університет

nvgrigorova@ukr.net

Дослідження крові у мешканців м. Запоріжжя, хворих на автоімунний тиреоїдит (АІТ) і дифузний токсичний зоб (ДТЗ), проводили за аналізом біохімічних, гематологічних та цитохімічних показників. У крові хворих на АІТ встановлено підвищення концентрації тиреотропного гормону (ТТГ), рівня антитіл до тиреоглобуліну (АТ-ТТГ) та тиреоїдної пероксидази (АТ-ТПО), загальної кількості лейкоцитів, швидкості осідання еритроцитів (ШОЕ) та зниження концентрації вільного трийодтироніну (вТ₃) та вільного тироксину (вТ₄), загальної кількості еритроцитів і гемоглобіну. При ДТЗ у крові осіб збільшувалася ШОЕ, а також концентрації вТ₃, вТ₄, АТ-ТТГ та АТ-ТПО, але зменшувалася концентрація ТТГ. Результати постановки цитохімічних реакцій свідчать про накопичення цинку та магнію на тлі недостатності міді в гранулоцитах крові хворих на ДТЗ. Дефіцит досліджених металів у клітинах спостерігався у випадку АІТ.

Автоімунні захворювання, тиреоїдні гормони, гематологічні показники, гранулоцити, цинк, магній, мідь

Патологія ендокринної системи в Україні дедалі більше набуває важливого значення, оскільки має стійку тенденцію до поширення серед населення. У структурі ендокринної патології провідне місце займають захворювання щитоподібної залози (ЩЗ) (46,67 %). Абсолютне число випадків цих захворювань в Україні за останні 10 років збільшилося в 2,4 рази – з 489 тис. до 1 млн 149 тис. [20]. Однією з головних причин розвитку хвороб ЩЗ є досить напружений стан екологічної обстановки в Україні, що обумовлено забрудненням навколишнього середовища підприємствами агропромислового комплексу країни [19, 24]. Запоріжжя належить до найбільших промислових мегаполісів України, в якому працюють понад 290 підприємств. Частина з цих підприємств, згідно спостережень державних служб екологічної безпеки, є потужним забруднювачем довкілля [13, 23].

Значною складовою патології ЩЗ є автоімунний тиреоїдит (АІТ) і дифузний токсичний зоб (ДТЗ) [5, 10]. ДТЗ характеризується стійкою патологічною гіперсекрецією тиреоїдних гормонів з розвитком синдрому тиреотоксикозу [4, 8, 10]. Щорічний приріст числа зареєстрованих хворих із синдромом тиреотоксикозу в Україні досягає 4,7 %. На частку ДТЗ припадає 80 % випадків тиреотоксикозу [19, 20].

Розвиток АІТ супроводжується вираженою лімфоїдною інфільтрацією та деструкцією тиреоцитів [5, 9, 25]. В Україні АІТ складає 20–30 % усієї тиреоїдної патології [19, 20].

Прогноз захворювання визначається своєчасністю його діагностики та адекватністю здійснюваної терапії. На ранній стадії захворювання пацієнти добре відповідають на лікувальні заходи, можливе повне одужання [2, 12]. Пізня діагностика, неадекватне лікування сприяють подальшому розвитку патології та втраті працездатності. Виникнення ускладнень (серцева недостатність, токсичний гепатит, недостатність надниркових залоз) роблять прогноз захворювання несприятливим [15, 22, 26].

Сьогодні у зв'язку із застосуванням нових достатньо ефективних терапевтичних засобів важливого значення набуває точність проведення диференційної діагностики різних видів автоімунної патології ЩЗ [8, 11].

Метою роботи було з'ясувати особливості показників крові у хворих на АІТ і ДТЗ, які мешкають на території м. Запоріжжя.

Матеріали та методи досліджень

Дослідження крові при захворюваннях ЩЗ проводили за аналізом біохімічних, гематологічних та цитохімічних показників 60 осіб – мешканців м. Запоріжжя, яких було розподілено на 3 групи (по 20 осіб у кожній). До першої групи входили практично здорові люди (11 чоловіків і 9 жінок) віком $50 \pm 4,9$ років, що слугували контролем. Другу групу склали хворі на АІТ (7 чоловіків і 13 жінок) віком $53 \pm 7,7$ років. До третьої групи були віднесені хворі на ДТЗ (8 чоловіків і 12 жінок) віком $49 \pm 3,2$ років. Усі обстежені особи підписували добровільну інформовану згоду на участь у дослідженні.

У хворих на АІТ і ДТЗ методом імуносорбентного аналізу з використанням фіксованих ферментів проводили визначення в сироватці крові концентрації: вільного тироксину (vT_4 ; каталог: № 3146-15, виробник: DAI, США), тиреотропного гормону (ТТГ; каталог: №3122Z, виробник: DAI, США), антитіл до тиреоглобуліну (АТ-ТТГ; каталог: № 101-4110, виробник: DRG, США), антитіл до тиреоїдної пероксидази (АТ-ТПО; каталог: № EIA-4114, виробник: DRG, Німеччина), а методом твердофазного імуносорбентного аналізу – визначення концентрації вільного трийодтироніну (vT_3 ; каталог: № 3148-15, виробник: DAI, США). Проби периферичної крові використовували для приготування мазків та визначення загальної кількості еритроцитів, лейкоцитів, рівня гемоглобіну та швидкості осідання еритроцитів (ШОЕ) [1]. Останні використовували для постановки цитохімічних реакцій на цинк, магній та мідь, розроблених в умовах нашої лабораторії та захищених патентами на корисну модель [16–18].

Мазки крові фіксували протягом 5 хв. у висхідних парах формаліну. Потім їх занурювали в суміш для забарвлення, де витримували впродовж 3-х год. при 70°C . Суміш містила 1 %-вий розчин сульфарсазону, 4%-вий розчин ацетату натрію, 25 %-вий розчин гідроксиду амонію. Після цього препарати промивали протягом 1 хв дистильованою водою та заливали в желатин. Мазки розглядали під світловим мікроскопом. На препаратах кількість цинку визначали в гранулах зернистих лейкоцитів за помаранчевим забарвленням.

Вміст магнію в гранулоцитах крові встановлювали за допомогою магнезонової реакції. Мазки крові, попередньо фіксовані в формаліні, фарбували протягом 12 год у суміші, що складалася з 1 %-вого розчину магнезону, 10 %-вого розчину ацетату натрію, 0,25 %-вого розчину гідроксиду амонію та дистильованої води. Потім їх промивали дистильованою водою протягом 5 хв. Мазки вивчали під світловим мікроскопом з використанням імерсійної олії. На препаратах у цитоплазмі гранулоцитів виявляли червону зернистість.

Для визначення вмісту міді в гранулоцитах крові за допомогою реакції дитіооксаміду (ДТО), фіксовані в формаліні мазки фарбували розчином цього реагенту (суміш насиченого спиртового розчину рубеанової кислоти, 2 %-вого розчину ацетату натрію та 25 %-вого розчину гідроксиду амонію) протягом 3 год при 70 °С. Потім мазки промивали дистильованою водою впродовж 5 хв, підсушували на повітрі, заливали в гліцерин-желатин і розглядали під світловим мікроскопом. На препаратах у цитоплазмі гранулоцитів виявляли темно-зелену зернистість.

Інтенсивність цитохімічних реакцій (сульфарсазену, магнезону та ДТО) оцінювали за трибальною системою, запропонованою В. В. Соколовським, Ф. Хейхоу та Д. Квагліно [14, 21]. За один бал приймали слабопозитивну реакцію, два бали – помірну, три бали – виражену реакцію. На підставі підрахунку на 100 клітинах виводили середнє значення інтенсивності реакції.

Одержані результати статистично опрацьовані за *t*-критерієм Стьюдента за допомогою програми Statistica, 6.0.

Результати та їх обговорення

Серія досліджень була присвячена визначенню стану ЩЗ при АІТ і ДТЗ (табл. 1).

Як показали результати досліджень, концентрація ТТГ у сироватці крові збільшувалася порівняно з контролем у 6,69 рази у хворих на АІТ, зменшувалася в 7,44 рази ($p < 0,001$) – у хворих на ДТЗ.

З цієї ж таблиці видно, що у сироватці крові хворих на АІТ високодостовірно зменшувалася концентрація vT_3 у 2,06 рази,

концентрація вТ₃ – в 1,94 рази. При ДТЗ ці показники порівняно з контролем, навпаки, збільшувалися в 1,92 і 1,85 рази ($p < 0,001$).

Таблиця 1 – Показники функціонального стану ЩЗ у хворих на аутоімунний тиреоїдит і дифузний токсичний зоб

Table 1 – Indicators of the functional state of thyroid gland in patients with autoimmune thyroiditis and diffuse toxic goiter

Показники	Обстежені групи		
	контроль (n=20)	АІТ (n=20)	ДТЗ (n=20)
Концентрація ТТГ, мкМО/мл	1,34±0,12	8,96 ± 0,19***	0,18 ± 0,04***
Концентрація вТ ₃ , пмоль/л	4,49 ± 0,12	2,17±0,12 ***	8,64±0,18***
Концентрація вТ ₄ , пмоль/л	14,10±0,44	7,30±0,30***	26,40±0,74***
Концентрація АТ-ТТГ, МО/мл	29,60±1,52	560,80±9,48***	93,80±2,95***
Рівень АТ-ТПО, МО/мл	10,90±0,22	495,40±31,49***	118,80±1,91***

Примітка: *** – $p < 0,001$ порівняно з контролем

Отже, розвиток АІТ у хворих супроводжувався гіперфункцією гіпофіза, що розвивається внаслідок первинної гіпофункції ЩЗ, проявом якої є низькі концентрації в крові вільних трийодтироніну та тироксину. Зміни тиреоїдного стану при ДТЗ носили протилежний характер і полягали в гіперфункції ЩЗ та пригніченні, за принципом зворотного зв'язку, продукції ТТГ гіпофіза високими рівнями вільних трийодтироніну та тироксину, що узгоджується з більшістю літературних даних [3, 7].

Визначення концентрації АТ-ТТГ та АТ-ТПО проводилося для оцінки вираженості аутоімунних реакцій при захворюваннях ЩЗ. Було встановлено, що у хворих на АІТ рівень АТ-ТТГ у крові був вище в 18,9 рази, а у хворих на ДТЗ – у 3,1 рази ($p < 0,001$) у порівнянні з контрольними величинами.

Концентрація антитіл до тиреоїдної пероксидази в сироватці крові зростала порівняно з контролем у 45,4 рази при АІТ, у 10,9 рази ($p < 0,001$) – при ДТЗ. Підвищений рівень антитіл до тиреоїдної пероксидази та тиреоглобуліну при обох захворюваннях ЩЗ підтверджує їх аутоімунний характер, більш виражений у випадку АІТ. Отримані нами результати не суперечать дослідженнями інших авторів [3, 7].

Про зміни показників периферичної крові у хворих на АІТ і ДТЗ свідчать результати досліджень, представлені в таблиці 2.

Отримані дані свідчать про те, що в хворих на АІТ загальна кількість еритроцитів у крові на 10 % менше порівняно з контролем ($p < 0,001$), а при ДТЗ – лише на 2 % ($p > 0,05$).

Таблиця 2 – Гематологічні показники у хворих на аутоімунний тиреоїдит і дифузний токсичний зоб

Table 2 – Hematological parameters in patients with autoimmune thyroiditis and diffuse toxic goiter

Показники	Обстежені групи		
	контроль (n=20)	АІТ (n=20)	ДТЗ (n=20)
Загальна кількість еритроцитів, $\times 10^{12}/\text{л}$	4,2 \pm 0,06	3,8 \pm 0,07***	4,1 \pm 0,06
Вміст гемоглобіну, г/л	130,9 \pm 1,11	114,7 \pm 1,95***	127,5 \pm 1,50
Загальна кількість лейкоцитів, $\times 10^9/\text{л}$	4,7 \pm 0,08	5,0 \pm 0,09*	4,6 \pm 0,12
ШОЕ, мм/год	4,6 \pm 0,11	19,1 \pm 0,59 ***	22,8 \pm 0,89***

Примітка: * – $p < 0,05$, *** – $p < 0,001$ порівняно з контролем

Таким чином, при АІТ спостерігався розвиток еритропенії. Загальна кількість еритроцитів при ДТЗ суттєво не змінилась.

Рівень гемоглобіну в крові був менше порівняно з контролем при АІТ на 12 % ($p < 0,001$), при ДТЗ – на 3 % ($p > 0,05$). Зменшення загальної кількості еритроцитів і рівня гемоглобіну в крові осіб з АІТ може вказувати на наявність анемічних проявів при цьому захворюванні.

У хворих на АІТ загальна кількість лейкоцитів у крові була на 11 % більше порівняно з контролем ($p < 0,05$). При ДТЗ значення цього показника порівняно з контрольними величинами був нижче лише на 3 % ($p > 0,05$).

Аналіз даних таблиці засвідчує також про те, що в крові хворих порівняно з контролем ШОЕ зростала при АІТ в 4,14 рази, ДТЗ – у 4,95 рази ($p < 0,001$). Ці зміни можуть вказувати на наявність запального процесу в організмі осіб при цих хворобах.

На особливу увагу, на наш погляд, заслуговували дослідження вмісту цинку, магнію та міді в гранулоцитах крові, враховуючи їх роль у забезпеченні нормального функціонування ЩЗ. Відомо, що цинк необхідний для регуляції різних фізіологічних і біохімічних процесів в організмі. Цинк відіграє значну роль у підтриманні цілісності клітинних мембран, обміну білків, вуглеводів і ліпідів, стану імунної системи, регуляції процесів росту та розвитку організму. Він бере участь у метаболізмі гормонів ЩЗ, у процесах перетворення T_4 у T_3 і синтезу білків-носіїв. Цинк входить до складу ДНК-тиреοїдзв'язуючого білка ядерного рецептора T_3 і впливає на секрецію ТТГ. Встановлено, що нестача цинку може потенціювати йододєфіцит. Є літературні дані про зобогенний ефект цинку. Було виявлено зниження рівня цинку в крові дітей із зобом у порівнянні з дітьми контрольної групи. Стосовно міді було виявлено, що її дєфіцит також підтримує зобну ендемію шляхом зниження активності йодинази, що бере участь у приєднанні йоду до тирозину, а також шляхом зниження активності цитохромоксидази, церулоплазміну. Показано, що рівень міді в крові дітей з дифузним зобом у 1,3–1,8 разів був понижений у порівнянні з контрольною групою [6, 7].

Фізіологічний і біохімічний рівень багатьох життєвих процесів залежить від метаболізму магнію. Іони магнію зміцнюють ліпопротеїнові мембрани завдяки зв'язуванню негативно заряджених карбоксильних груп, стимулюють спонтанне з'єднання мРНК із вільними рибосомами, після чого вони набувають біосинтетичної активності. У механізмах експресії генома має місце утворення тропних комплексів ДНК-ліпосоми- Mg^{2+} . Активність ДНК- і РНК-полімераз, ДНК- і РНК-лігаз, ДНК- і РНК-полінуклеотидкіназ визначається тільки в присутності іонів магнію. Згідно літературних джерел,

підвищення вмісту вільних радикалів у ЩЗ внаслідок стресу, викликаного, зокрема, напруженим станом екологічної обстановки, є фактором пошкодження ДНК і мутагенного впливу на гени, необхідні для функціонування тиреоцитів [6, 7].

У таблицю 3 зведені результати визначення вмісту цинку, магнію та міді в гранулоцитах крові обстежених груп осіб.

Таблиця 3 – Вміст металів у гранулоцитах крові хворих на автоімунний тиреоїдит і дифузний токсичний зоб

Table 3 – Metal content in granulocytes of blood in patients with autoimmune thyroiditis and diffuse toxic goiter

Показники	Обстежені групи		
	контроль (n=20)	АІТ (n=20)	ДТЗ (n=20)
Вміст цинку, ум.од.	1,2±0,90	0,8±0,06**	1,5±0,11*
Вміст магнію, ум.од.	0,9±0,06	0,7±0,04*	1,2±0,08**
Вміст міді, ум.од.	0,5±0,03	0,3±0,01***	0,4±0,02*

Примітка: * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$, *** – $p < 0,001$ порівняно з контролем

Статистичний аналіз отриманих результатів засвідчує, що при АІТ в клітинах крові знижувався вміст цинку на 33 % ($p < 0,01$), магнію – на 22 % ($p < 0,05$), міді – на 40 % ($p < 0,001$). У хворих на ДТЗ встановлено збільшення вмісту внутрішньоклітинних цинку та магнію на 25 % ($p < 0,05$) і 33 % ($p < 0,01$), відповідно, та зменшення вмісту міді на 20 % ($p < 0,05$).

Таким чином, розвиток АІТ характеризується дефіцитом досліджених металів у гранулоцитах крові. При ДТЗ спостерігалось накопичення цинку та магнію в клітинах на тлі в них мідної недостатності.

Інші дослідники вивчали макро- і мікроелементного статус у пацієнтів з АІТ серед мешканців постраждалих після Чорнобильської аварії районів Київської області. При обстеженні цих осіб було встановлено зниження рівня магнію в сироватці

крові на тлі статистично недостовірних відмінностей концентрації у крові цинку та магнію. Низький рівень магнію в сироватці крові пов'язують з підвищеним рівнем титру АТ ТТГ [6].

У подальших дослідженнях у хворих на АІТ і ДТЗ планується дослідити вміст металів у лімфоцитах крові за допомогою цитохімічних реакцій, розроблених у нашій лабораторії.

Висновки

1. У крові хворих на АІТ встановлено підвищення концентрації ТТГ у 6,69 рази та зниження концентрації в T_3 у 2,06 рази, в T_4 – в 1,95 рази ($p < 0,001$). При ДТЗ досліджені показники змінювались протилежним чином: концентрація ТТГ зменшувалась в 7,44 рази, а в T_3 і в T_4 – навпаки, збільшувалась в 1,92 і 1,85 рази ($p < 0,001$). Рівень АТ-ТПО в сироватці крові підвищувався в 45,4 і 10,9 рази в осіб, хворих на АІТ, у 18,9 і 3,1 рази ($p < 0,001$) – при ДТЗ.

2. Розвиток АІТ супроводжувався вірогідним зниженням загальної кількості еритроцитів на 10 %, рівня гемоглобіну – на 12 %. Несуттєві зміни досліджених показників спостерігались у випадку ДТЗ. При АІТ збільшувалась загальна кількість лейкоцитів на 11 % ($p < 0,05$), ШОЕ – в 4,14 рази ($p < 0,001$). Підвищення останньої у разі ДТЗ становила 4,95 рази ($p < 0,001$), що вказує на наявність запальних процесів в організмі хворих.

3. У гранулоцитах крові хворих на АІТ спостерігалось зниження вмісту цинку на 33 % ($p < 0,01$), магнію – на 22 % ($p < 0,05$), а при ДТЗ, навпаки, підвищення вмісту цих металів на 25 % ($p < 0,05$) і 33 % ($p < 0,01$), відповідно. Вміст внутрішньоклітинної міді при обох видах захворювань зменшувалась: на 40 % ($p < 0,001$) при АІТ, 20 % ($p < 0,05$) – при ДТЗ.

Література:

1. Бойко Т. І. *Клінічні лабораторні дослідження*. Київ: Медицина, 2015. 352 с.
2. Булдигіна Ю. В., Шляхтич С. Л. *Динаміка гормональних та імунологічних показників у процесі консервативного лікування хворих на дифузний токсичний зоб*.

Міжнародний ендокринологічний журнал. 2015. Т. 70, № 6. С. 35–40.

3. Дерев'янка Д. О., Дмитрук С. М., Вітковська О. М. *Лабораторні показники тиреоїдного статусу в осіб з різними формами патології щитоподібної залози. Природничі науки. 2015. Вип. 12. С. 57–64.*

4. Єрін Ю. С. *Дифузний токсичний зоб (хвороба Грейвса-Базедова). Український журнал дитячої ендокринології. 2016. № 1. С. 93–94.*

5. Кеннеди Ли, Ансу Басу. *Диагностика и лечение в эндокринологии. Проблемный подход. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2015. 304 с.*

6. Кубасова Е. Д., Кубасов Р. В. *Влияние микроэлементов на структурно-функциональное состояние щитовидной железы (обзор). Гигиена и санитария. 2008. № 5. С. 79–81.*

7. Лузанчук І. А., Кравченко В. І., Андрусичина І. М., Голінько О. М. *Дослідження макро- і мікроелементного статусу в пацієнтів з аутоімунним тиреоїдитом серед мешканців постраждалих після Чорнобильської аварії районів Київської області. Міжнародний ендокринологічний журнал. 2019. Т. 15, № 4. С. 290–297.*

8. Люлька О. М., Ковальов О. П., Ляховський В. І. *Вузловий зоб: можливості сучасних методів діагностики (огляд літератури). Вісник проблем біології і медицини. 2018. Т. 147 (4), № 2. С. 75–82.*

9. Муравльова О. В. *Аутоімунний тиреоїдит: особливості клінічного перебігу та терапії. Сімейна медицина. 2015. № 6. С. 124–127.*

10. Паськів В. І. *Практична тиреоїдологія : монографія. Донецьк : О. Ю. Заславський, 2011. 224 с.*

11. Паськів В. І. *Сучасні підходи до лабораторної діагностики й менеджменту синдрому тиреотоксикозу. Міжнародний ендокринологічний журнал. 2018. Т. 14, № 4. С. 354–357.*

12. Пашковська Н. В. *Лікування гіпотиреозу згідно із сучасними клінічними настановами. Міжнародний ендокринологічний журнал. 2016. № 6. С. 48–58.*

13. Підлозний І. В., Сугоняк Я. В. *Зміни геоекологічного стану Запорізької та Донецької областей під впливом*

промислового комплексу України. *Актуальные научные исследования в современном мире. 2019. Вип. 9 (53). Ч. 2. С. 36–40.*

14. Соколовский В. В. *Гистохимические исследования в токсикологии. Ленинград : Медицина, 1971. 172 с.*

15. Сорокман Т. В. *Гіпотиреоз і нетиреοїдні соматичні захворювання. Міжнародний ендокринологічний журнал. 2016. № 1. С. 25–28.*

16. *Спосіб визначення магнію в гранулоцитах крові: пат. на корисну модель 27576 Україна: МПК G01N 33/48. № u200706133; заявл. 04.06.2007; опубл. 12.11.2007, Бюл. № 11. 2 с.*

17. *Спосіб визначення міді в гранулоцитах крові: пат. на корисну модель 23158 Україна: МПК G01N 1/28. № 200613382; заявл. 18.12.2006; опубл. 10.05.2007, Бюл. № 6. 2 с.*

18. *Спосіб визначення цинку в гранулоцитах крові: пат. на корисну модель 30461 Україна: МПК G01N1/28. № u200712551; заявл. 12.11.2007; опубл. 25.02.2008, Бюл. № 4. 2 с.*

19. Ткаченко В. І., Максимець Я. А. *Фактори ризику розвитку й прогресування автоімунних захворювань щитоподібної залози. Здоров'я суспільства. 2017. Т. 6, № 4. С. 159–169.*

20. Ткаченко В. І., Максимець Я. А., Видиборець Н. В. *Аналіз поширеності тиреοїдної патології та захворюваності на неї серед населення Київської області та України за 2007–2017 рр. Міжнародний ендокринологічний журнал. 2018. Т. 14, № 3. С. 279–284.*

21. Хейхоу Ф., Кваглино Д. *Гематологическая цитохимия. Москва : Медицина, 1983. 320 с.*

22. Храброва О. П. *Ступінь порушень факторів і механізмів неспецифічного протиінфекційного захисту організму хворих на хронічний автоімунний тиреοїдит. Клінічна та експериментальна патологія. 2016. Т. 15, № 2 (1). С. 186–190.*

23. Чугай А. В., Піліп'юк В. В., Боровська Г. О. *Аналіз техногенного навантаження на природне середовище Запорізької області. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія». 2018. Вип. 18. С. 97–105.*

24. Arzhanov I. Y., Buniatov M. R., Ushakova G. A. *The thyroid status of a conditionally healthy adult population of Prydniprovya.*

Regulatory Mechanisms in Biosystems. 2017. Vol. 8, № 4. P. 554–558.

25. *Hendeleka H. F. An Autoimmune Overlap Syndrome in Diseases of the Thyroid Gland-Terra Incognita of Thyroidology. International journal of endocrinology. 2016. Vol. 74, No 2. P. 140–151.*

26. *Zhang J., Huang J., Aximujiang K. Thyroid Dysfunction, Neurological Disorder and Immunosuppression as the Consequences of Long-term Combined Stress. Scientific Reports. 2018. Vol. 8, No 1. P. 4552.*

**PECULIARITIES OF BLOOD INDICATORS
OF AUTOIMMUNE THYROID AND DIFFUSE TOXIC
GOITER IN RESIDENTS OF THE ZAPORIZHZHYA
INDUSTRIAL REGION**

Hryhorova N. V.

Zaporizhzhya National University

nvgrigorova@ukr.net

In the structure of endocrine pathology the leading place is occupied by diseases of the thyroid gland (46.67 %). The absolute number of cases of these diseases in Ukraine in the last 10 years has increased 2.4 times – from 489 thousand to 1 million 149 thousand. One of the main reasons for the development of thyroid disease is the rather tense state of the ecological situation in Ukraine, which is caused by environmental pollution by the enterprises of the agro-industrial complex of the country. Zaporizhzhya is one of the largest industrial metropolises of Ukraine, with more than 290 enterprises. Part of these enterprises, according to the observations of public environmental services, are powerful pollutants. Today, due to the use of new and sufficiently effective therapeutics, the accuracy of differential diagnosis of various types of thyroid autoimmune pathology becomes important.

The purpose of this work was to find out the features of blood parameters in patients with autoimmune thyroiditis and diffuse toxic goiter living in the territory of Zaporizhzhya.

Blood tests for thyroid diseases were performed according to the analysis of biochemical, hematological and cytochemical parameters of 60 people – residents of Zaporizhzhya, which were divided into 3 groups (20 people each). The first group consisted of

almost healthy controls (11 males and 9 females) aged 50 ± 4.9 years. The second group consisted of 7 men and 13 women aged 53 ± 7.7 years with autoimmune thyroiditis (AIT). The third group included 8 men and 12 women aged 49 ± 3.2 years with diffuse toxic goiter (DTG).

In the blood of patients with AIT, a highly significant increase in the concentration of thyrotropic hormone (TSH) 6.69 times and a decrease in the concentration of free triiodothyronine 2.06 times, free thyroxine – 1.95 times were noted. With DTG the studied parameters changed in the opposite way: the concentration of TSH decreased 7.44 times, and free triiodothyronine and thyroxine – in contrast, increased 1.92 and 1.85 times ($p < 0.001$). The levels of antibodies to thyroid peroxidase and thyroglobulin in serum increased 45.4 and 10.9 times in patients with AIT, 18.9 and 3.1 times, respectively ($p < 0.001$) – with DTG.

The development of AIT was accompanied by a highly significant decrease in total red blood cell count of 10 %, hemoglobin level of 12 %. Significant changes in the studied parameters were observed in the case of DTG. With AIT, the total leukocyte count increased by 11 % ($p < 0.05$), DTG – 4.14 times ($p < 0.001$). The increase in the latter in the case of DTG was 4.95 times ($p < 0.001$), which indicates the presence of inflammatory processes in the body of patients.

In granulocytes of blood of patients with AIT there was a decrease in the content of zinc by 33 % ($p < 0.01$), magnesium – by 22 % ($p < 0.05$), and with DTG, on the contrary, the content of these metals increased by 25 % ($p < 0.05$) and 33 % ($p < 0.01$), respectively. Intracellular copper content in both types of diseases decreased: by 40 % ($p < 0.001$) with AIT, 20 % ($p < 0.05$) – with DTG.

DOI <https://doi.org/10.26661/2312-2056/2019-24/2-16>

УДК 614.7(477):[502.22+504.61](043)

**ФУНКЦІОНАЛЬНО-ФІЗІОЛОГІЧНІ ВІДМІННОСТІ
ДІТЕЙ РІЗНИХ ВІКОВИХ ГРУП, ПРОЖИВАЮЧИХ НА
ТЕРИТОРІЯХ З РІЗНИМ ЕКОЛОГІЧНИМ
НАВАНТАЖЕННЯМ**

Єрмішев О. В.

Донецький національний університет імені Василя Стуса

o.yermishev@donnu.edu.ua

Встановлено, що рівні функціонального здоров'я є специфічними маркерами стану адаптації організму до змінних умов зовнішнього і внутрішнього середовищ та відображають загальний функціонально-вегетативний гомеостаз організму людини. В результаті досліджень було з'ясовано, що основною характеристикою, що відображає негативний вплив факторів зовнішнього і внутрішнього середовищ є зменшення кількості обстежених людей в зоні функціональної рівноваги і збільшення їх в зоні парасимпатичної активності. Констатували стадійні порушення вегетативного гомеостазу, які корелюють із віком та територіями постійного проживання дітей і характеризуються дисбалансом активності відділів вегетативної нервової системи (переважання тону парасимпатичного відділу нервової системи), що набувають стійкого характеру дизрегуляторних порушень у зрілому віці, особливо проживаючих на радіозабруднених територіях України. Отримані нами результати рівнів функціонального здоров'я на радіозабруднених територіях України співпадають із даними державного радіологічного моніторингу, що свідчить про ефективність і достовірність запропонованого методу ФЕЕ.

Функціональне здоров'я, парасимпатична активність, симпатична активність, функціональна рівновага, вегетативний баланс

Будь-який природний або техногенний фактор, доза (інтенсивність, тривалість дії) якого перевищує певну критичну величину, може виступати в якості екстремального, призводити до розвитку станів, пов'язаних зі змінами здоров'я і працездатності або несумісних з життям людини [6, 18, 21].

Очевидно, що навіть за відсутності екстремальності будь-якого одного фактора середовища, їх комбінована одночасна або послідовна дія може набути негативний для організму людини характер. Виснаження компенсаторних можливостей організму внаслідок високої інтенсивності фактору або обмеженості фізіологічних резервів може призводити до розвитку екстремальних станів, пов'язаних зі змінами здоров'я і працездатності людини. Основними якісними ознаками екстремального стану є: максимальне напруження механізмів компенсації з високою ймовірністю їх зриву і незворотною декомпенсацією; залучення в адаптаційно-компенсаторні реакції базисних метаболічних процесів, що забезпечують життєдіяльність організму на клітинно-молекулярному рівні; оборотність компенсаторних реакцій організму [11, 13, 14]. Можливість поліпшення переносимості організмом людини

екстремальних умов зовнішнього середовища залежить від дози впливу та індивідуальної стійкості до діючих факторів [19]. У підвищенні резистентності організму до екстремальних впливів особливого значення набуває розширення гомеостатичного діапазону фізіологічних функцій і резервних можливостей організму [2, 11, 12].

При розвитку екологозалежних екстремальних станів основними неспецифічними механізмами дезадаптації є дефіцит функціональних резервів вегетативної нервової системи (ВНС), що викликає енергетичний дисбаланс з наростанням проявів анаеробного катаболізму і залученням в реакцію пластичних ресурсів організму, лабілізацію клітинних мембран з активацією процесів ПОЛ і виснаженням потенціалу антиоксидантної системи, порушення антигенно-структурного та функціонально-вегетативного гомеостазу [16]. ВНС регулює всі вісцеральні і частину психоемоційних процесів організму: функції внутрішніх органів і систем, залоз, кровоносних і лімфатичних судин, гладкої і частково поперечно смугастої мускулатури, органів чуття тощо [5]. Забезпечуючи гомеостаз організму, тобто відносну динамічну постійність внутрішнього середовища і стійкість його основних фізіологічних функцій (кровообіг, дихання, травлення, терморегуляція, обмін речовин, виділення, розмноження та ін.) вона виконує також адаптаційно-трофічну функцію, підтримуючи регуляцію обміну речовин відносно умов зовнішнього середовища [8, 17].

Антропогенне навантаження на навколишнє середовище, яке зростає з кожним роком, приводить не тільки до порушень в екологічній рівновазі гео-, біо- і гідроценозів, але і до серйозних наслідків у порушенні здоров'я населення цілих регіонів [14, 15, 18]. Чорнобильська аварія змінила уявлення про ступінь небезпеки антропо-екологічних впливів на людину і її медичні наслідки продовжують залишатися об'єктом пильного вивчення фахівців, оскільки вплив на населення, пов'язаний з Чорнобильською катастрофою, не має аналогів ні за своїм характером, ні за масштабами [4, 7]. Йдеться про багатокомпонентну і пролонговану дію іонізуючого випромінювання, посилення радіаційних ефектів різноманітними факторами соціального, психологічного та антропогенного походження. І на цей час єдиним офіційним методом контролю

антропогенного впливу на території проживання населення є державний радіологічний контроль. Але він не дає відповідей про загальний інтегральний вплив екологічних факторів на стан функціонального здоров'я населення і тому, проведення локальних або глобальних біосферних і екологічних досліджень у даний час не може обмежуватися тільки вивченням природних екосистем поза зв'язком з життєдіяльністю людини.

Одним з найважливіших завдань сучасної екології та медицини є розробка методів і критеріїв для виявлення найменших змін в організмі людини, що виникають в несприятливих умовах життєдіяльності [20]. Сьогодні, вивчення токсичних впливів на організм людини здійснюється непрямими методами, шляхом екстраполяції даних токсикологічних досліджень, проведених на лабораторних тваринах і не гарантує об'єктивність і достовірність [10]. Виходячи з цього ми пропонуємо використовувати з цією метою функціонально-екологічну експертизу (ФЕЕ), швидкий, дешевий метод оцінки функціонального здоров'я дітей (населення), що дозволить виявляти території компактного проживання населення з підвищеним інтегральним екологічним навантаженням на людину [8].

Мета дослідження – встановити та порівняти показники функціонального здоров'я дітей різних вікових і гендерних груп, які проживають у радіаційно забруднених (РЗ) та умовно чистих (УЧ) регіонах України.

Матеріали та методи досліджень

Визначення вегетативного статусу та направленості вегетативної активності в організмі чоловіків проводили за допомогою функціонально-вегетативної діагностики (ФВД) за методом В. Макаца. Методика і прилади для його здійснення офіційно дозволені МОЗ України «Нова медична техніка і нові методи діагностики» (№ 5 від 25.12.91 р.; № 1.08-01 від 11.01.94 р.) та Вченою радою МОЗ України (№ 1.08-01 від 11.01.94 р.) [9]. Нами було обстежено 4 871 людину різного віку і статі, які проходили санаторно-курортне оздоровлення в санаторіях України. Обстежених дітей розділили на 2 групи за місцем постійного проживання: проживаючих в радіаційно забруднених (РЗ) регіонах (Вінницька область) та в «умовно

радіаційно чистих» регіонах (Львівська область); за гендерними ознаками на чоловічу (ЧГ) та жіночу групи (ЖГ); за віком надоскільний вік (ДВ) – 3–6 р., молодший шкільний вік (МШВ) – 7–12 р., підлітковий шкільний вік (ПШВ) – 12–16 р., юначий шкільний вік (ЮШВ) – 16–21 р. та зрілий вік (ЗВ) – 21–50 р. ФВД проводилася двічі в першій половині дня (10⁰⁰–12⁰⁰).

Для ФВД використовується прилад ВІТА 01 М, напруга в замкнутому колі якого не перевищує рівнів мембранних потенціалів (1–5 мкА; 0,03–0,6 В) і який не потребує для своєї роботи зовнішніх джерел енергії. Прилад має 3 діагностичні електроди, базовий електрод акцептор електронів (АЕ) – випукла пластинка з спеціального сплаву, попередньо покрита окисною плівкою (5×7 см) та 2 спарених діагностичні електроди (ДЕ – донори електронів) у вигляді посрібленої пари, які розташовані в ебонітових чашках діаметром 1 см і обгорнуті поролоновими прокладками. Базовий електрод (АЕ) фіксується спеціальним паском через вологу прокладку (змочену фізіологічним розчином) в пупкової області (центральна мезогастральна ділянка (0-зона) з натягом середньої щільності для створення стабільних умов обстеження. Діагностичні електроди (ДЕ) також зволожуються фізіологічним розчином. Процедура проводиться в ортостатичному положенні людини. В процесі тестування електроди ДЕ під прямим кутом з незначним тиском (на рівні дотику), одночасно контактують з кожною парою симетричних ФАЗ (ліва-права на кожній кінцівці) протягом 1–4 с до одержання стабільних показників у мікроамперах. Через кожні 3 контакти з ФАЗ електроди повторно змочуються фізіологічним розчином.

Вивчали біоелектричну активність 12-ти симетричних пар функціонально-активних зон шкіри (24 ФАЗ), 12-ти на руках та 12-ти на ногах, які відображають функціональну активність симпатичної та парасимпатичної нервової системи [8, 9, 22]. Відомо, що зміни фізіологічного стану організму проявляються трансформацією електрошкірного опору в певних функціонально-активних зонах (ФАЗ) шкіри, які топографічно співпадають з ходом 12-ти класичних акупунктурних меридіанів (функціональних систем) – сечовий міхур (BL), жовчний міхур (GB), шлунок (ST) та тонкий кишковик (SI), стан лімфатичної системи (TE), товстий кишковик (LI), сума показників яких

формує показник загальної симпатичної активності (СА) організму (стан діяльності симпатичної нервової системи); легені (LU), перикард (PC), серце (HT), селезінка і підшлункова залоза (SP), печінка (LR), нирки (KI), сума показників яких формує показник загальної парасимпатичної активності (ПА) організму (стан діяльності парасимпатичної нервової системи). Для діагностики використовували кореляції між змінами електропровідності в 24-х репрезентативних ФАЗ (характеризували стан меридіана загалом) і стан класичних акупунктурних меридіанів, що «визначають» функціональний стан відповідних їм внутрішніх органів і систем організму. Отриманні в мкА дані ФВД переводили у відносні значення. Відносне співвідношення суми показників загальної симпатичної активності до парасимпатичної активності визначали як направленість вегетативного балансу. Числовим результатом цього співвідношення виступає вегетативний коефіцієнт kV . Одержані дані порівнювали з нормою і робили висновок про ступінь відхилення від неї і рівень порушеності функціонального здоров'я [8].

Математико-статистична обробка результатів спостережень проводилась за допомогою методу непараметричної статистики запропонованого Є.А. Дерев'янку для визначення величини зсуву досліджуваної функції [3].

Результати та їх обговорення

НДР є фрагментом державної програми «Двохетапна система реабілітації вегетативних порушень у дітей, проживаючих в зоні радіаційного контролю України» (виконується за Дорученням КМ України від 01.06.1999 р. № 12010/87). Згідно Постанови КМ України від 29.08.1994 р. № 600 в Україні діє класифікація, що поділяє державу на «умовно чисту зону», зони за ДОЩЗ-ПРВМОЗ (дозою опромінювання щитовидної залози, що перевищує рівні встановлені МОЗ України), ЕЕДОЛ (ефективною еквівалентною дозою опромінювання людини), СЕФ (соціально-економічним чинником) та ЗГДВ (зону гарантованого добровільного відселення).

Відносне співвідношення суми показників загальної симпатичної активності до парасимпатичної активності визначає

направленість вегетативного балансу. Числовим результатом цього співвідношення виступає вегетативний коефіцієнт kV , за яким сьогодні виділено сім рівнів вегетативної дисперсії (розсіювання) функціонального здоров'я: ПАзн – зона значної парасимпатичної активності (kV до 0,75); ПАв – зона вираженої парасимпатичної активності (kV 0,76–0,86); ФкП – зона функціональної компенсації парасимпатичної активності (kV 0,87–0,94); ВР – зона допустимої вегетативної рівноваги (kV 0,95–1,05); ФкС – зона функціональної компенсації симпатичної активності (kV 1,06–1,13); САв – зона вираженої симпатичної активності (kV 1,14–1,26) та САзн – зона значної симпатичної активності ($k-V > 1,26$). Але для функціонально-екологічної оцінки впливу факторів довкілля зручніше використовувати вегетативну дисперсію (розсіювання) за критичними зонами, тобто співвідношення ПА (ПАзн + Пв) – ФР (ФкП+ВР+ФкС) – СА (САзн + САв). Отриманні дані про стан функціонального здоров'я населення певної території та усередненої інформації про порушення відхилення вегетативної нервової системи можна використати для проведення аналізу впливу інтегрального екологічного тиску на організм людини, можливих екологічних проблем території і ступінь екологічного впливу.

На сьогодні одну з найбільших небезпек для населення України відіграє радіоактивне забруднення, рівень якого є єдиним контрольованим державою на законодавчому рівні еколого-антропогенним фактором негативного впливу на організм людини. В якості екологічної експертизи сьогодні використовують дозиметричну та тиреодозиметричну паспортизацію населених пунктів, яка фіксує ступінь радіоактивного забруднення не характеризує його вплив на функціональне здоров'я людини [6, 7].

У запропонованому нами методі функціонально-екологічної експертизи (ФЕЕ), в основу систематичного аналізу береться кількість людей (%), у яких показники функціонального здоров'я знаходяться в станах функціонального пригнічення (ПА – перевага парасимпатичної активності), вегетативної рівноваги (ВР) та кількість випадків переваги функціонального збудження (СА – перевага симпатичної активності). За розробленими нами критеріями, функціональне здоров'я людини знаходиться в зоні умовної норми, коли 70 % людей входять у зону функціональної

рівноваги (ФР), а по 15 % входять у зони парасимпатичної і симпатичної активності [2, 8].

При аналізі функціонального здоров'я у дітей жіночої статі різних вікових груп було виявлено специфічні особливості в кожній з них. Так, засмучує той факт, що навіть у дітей, проживаючих в умовно чистих регіонах України рівень функціонального здоров'я не відповідає встановленій нами нормі, при якій 70 % обстежених входять в зону функціональної рівноваги (ФР). Крім цього спостерігається тенденція його зниження з віком, що не є фізіологічною нормою, а свідчить про загальний час впливу на організм дитини інтегрального екологічного тиску (рис. 1).

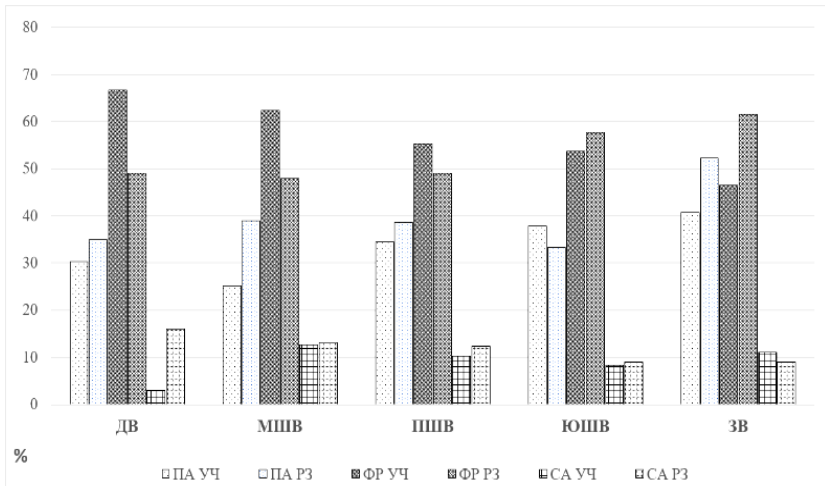


Рисунок 1 – Функціональне здоров'я дітей жіночих вікових груп, проживаючих у радіаційно забруднених (РЗ) і «умовно чистих» (УЧ) регіонах України, де ПА – парасимпатична активність; ФР – функціональна рівновага; СА – симпатична активність

Figure 1 – Functional health of children of the female sex of different age groups living in radiation-contaminated (RC) and «conditionally clean» (CC) regions of Ukraine, where PA is parasympathetic activity; FE – functional equilibrium; SA – sympathetic activity

Найвищий рівень у 68 % виявляється в групі дошкільного віку (ДВ), у дітей молодшого шкільного віку (МШВ) – 62 %, у дівчат підліткового шкільного віку (ПШВ) – 56 %, юначого шкільного віку (ЮШВ) – 54 % та у жінок зрілого віку (ЗВ) він становить 47 %. В групі ЗВ зниження цього показника також залежить від фізіологічних вікових особливостей, пов'язаних з наявністю в організмі обстежених жінок хронічних патологій і порушення процесів адаптації.

При аналізі функціонального здоров'я (ФЗ) у дітей жіночої статі різних вікових груп, проживаючих у радіозабруднених регіонах (РЗ) України ми виявили очікуване значне зниження показника функціонального здоров'я, в порівнянні з дітьми УЧ регіонів. У вікових групах ДВ, МШВ та ПШВ цей показник майже ідентичний і доходить до 49 %. У дівчат в групі ЮШВ ми спостерігали незначне збільшення рівня ФЗ, у порівнянні з дітьми, що проживають в УЧ регіонах України. Парадоксальним є виявлене нами достовірне збільшення рівня ФЗ у жінок в групі ЗВ, проживаючих у РЗ регіонах, що потребує подальшої оцінки і висновків.

Також ми виявили, що в усіх вікових групах спостерігається значне збільшення дітей, які входять в зону парасимпатичної активності в порівнянні з розробленою нами нормою в 15 %. Отриманні дані стосуються як і дітей проживаючих в УЧ, так і РЗ регіонах України. Ми виявили чітку тенденцію збільшення цього показника у дітей всіх вікових груп. Так, кількість обстежених дітей в УЧ регіонах України, які входять в зону ПА становило в групі ДВ – 30 %, МШВ – 25 %, ПШВ – 35 %, ЮШВ – 37 % і в групі ЗВ – 41 %. Очікувано, кількість обстежених достовірно збільшилась у дітей, що проживають в РЗ регіонах України. Так кількість обстежених дітей, які входять в зону ПА становило в групі ДВ – 35 %, МШВ – 39 %, ПШВ – 39 %, ЮШВ – 34 % і в групі ЗВ – 52 %.

При аналізі функціонального здоров'я (ФЗ) у дітей чоловічої статі різних вікових груп ми виявили аналогічні тенденції погіршення рівня ФЗ у дітей, проживаючих в УЧ та РЗ регіонах. Але отримані загальні результати виявились значно гіршими в порівнянні з жіночими віковими групами. Так, в зону ФР в групі чоловіків, проживаючих в УЧ регіонах входить: у групі ДВ – 76 %, МШВ – 62 %, ПШВ – 58 %, ЮШВ – 61 % і в

групі ЗВ – 39 %. В зону ФР в групі чоловіків, проживаючих в РЗ регіонах України входить: в групі ДВ – 43 %, МШВ – 55 %, ПШВ – 49 %, ЮШВ – 38 % і в групі ЗВ – 39 %.

Також ми виявили, що в усіх вікових чоловічих групах спостерігається значне збільшення дітей, які входять в зону парасимпатичної активності в порівнянні з розробленою нами нормою в 15 %. Отриманні дані стосуються як дітей, проживаючих в УЧ, так і РЗ регіонах України. Ми виявили чітку тенденцію збільшення цього показника у дітей всіх вікових груп. Так кількість обстежених хлопчиків УЧ регіонах України, які входять в зону ПА становило в групі ДВ – 25 %, МШВ – 29 %, ПШВ – 36 %, ЮШВ – 36 % і в групі ЗВ – 47 %. Очікувано, кількість обстежених достовірно збільшилась у дітей, що проживають в РЗ регіонах України. Так, кількість обстежених дітей, які входять в зону ПА становило в групі ДВ – 31 %, МШВ – 32 %, ПШВ – 42 %, ЮШВ – 50 % і в групі ЗВ – 61 % (рис. 2).

Таким чином, рівні функціонального здоров'я є специфічними маркерами стану адаптації організму до змінних умов зовнішнього і внутрішнього середовищ та відображають загальний функціонально-вегетативний гомеостаз організму людини.

У результаті досліджень було з'ясовано, що основною характеристикою, яка відображає негативний вплив факторів зовнішнього і внутрішнього середовищ, є зменшення кількості обстежених людей в зоні функціональної рівноваги і збільшення їх в зоні парасимпатичної активності. Констатували стадійні порушення вегетативного гомеостазу, які корелюють із віком та територіями постійного проживання дітей і характеризуються дисбалансом активності відділів вегетативної нервової системи (переважання тону парасимпатичного відділу нервової системи), що набувають стійкого характеру дизрегуляторних порушень у зрілому віці, особливо проживаючих в РЗ регіонах України.

Отримані дані дозволили встановити, що комплексний вплив несприятливих чинників навколишнього середовища, в тому числі і радіоакційного, на організм людини призводить до прогресуючого розвитку дизрегуляторних станів, характер яких залежить від тривалості їхнього проживання на забруднених територіях і фізіологічного віку.

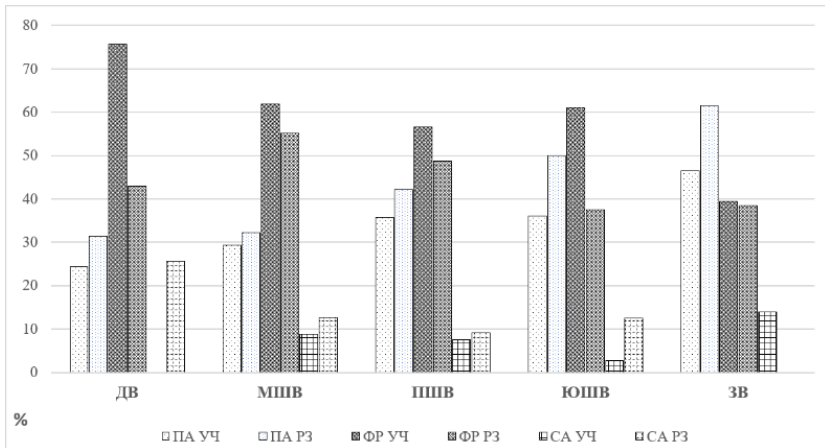


Рисунок 2 – Функціональне здоров'я дітей чоловічих вікових груп, проживаючих у радіаційно забруднених (РЗ) і «умовно чистих» (УЧ) регіонах України, де ПА – парасимпатична активність; ФР – функціональна рівновага; СА – симпатична активність

Figure 2 – Functional health of children of the male sex of different age groups living in radiation-contaminated (RC) and «conditionally clean» (CC) regions of Ukraine, where PA is parasympathetic activity; FE – functional equilibrium; SA – sympathetic activity

Високий рівень еферентної вагусної активності (підвищення парасимпатичної активності) є захисною компенсаторною реакцією нейроендокринних механізмів регуляції на тривалий характер дії сукупності несприятливих антропо-екологічних чинників, яка на тлі виснаження мобілізуючого впливу симпатичного відділу вегетативної нервової системи приймає характер дизрегуляції та стає стійкою [1].

Отримані нами результати рівнів ФР в РЗ регіонах України співпадають з даними державного радіологічного моніторингу, що може свідчити про ефективність і достовірність запропонованого методу ФЕЕ.

Висновки

1. Вікова дисперсія вегетативних рівнів функціонального здоров'я дитячого населення РЗ і УЧ регіонів України указує на стабільно високий рівень його допустимої ПА і незадовільно низький рівень ФР. Їх незадовільні рівні в «умовно радіаційно чистих» регіонах України свідчить про додатковий інтегральний екологічний тиск на організм.

2. Порівняння і аналіз результатів, отриманих в РЗ регіонах за критерієм ДОЦЗ-ПРВМОЗ (доза опромінення щитоподібної залози, що перевищує рівні встановлені МОЗ України) і радіаційно «умовно чистих» (УЧ) регіонах України виявило аналогічно-стабільні функціонально-вегетативні залежності.

3. Функціонально-вегетативний гомеостаз і патогенез для всіх вікових груп РЗ і УЧ регіонів України мають аналогічні механізми.

4. У різних жіночих (ЖГ) і чоловічих (ЧГ) вікових групах системно-функціональна спрямованість асинхронна і однонаправлена, що свідчить про статевовікову біофізичну специфіку вегетативного патогенезу.

Література:

1. Гоженко А. І., Горша О. В., Горша В. І., Шуліпенко Л. І. Патогенетичне обґрунтування принципів та методів діагностики та медичної корекції дизрегуляторних станів у операторів транспорту. *Український журнал з проблем медицини праці*. 2012. № 4(33). С. 24–28.

2. Єрмішев О. В., Петрук Р. В., Овчинникова Ю. Ю., Костюк В. В. Функціональне здоров'я дітей як екологічний біоіндикатор України: монографія / за ред. В.Г. Макаца. Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2017. 226 с.

3. *Интегральная оценка работоспособности при умственном и физическом труде* / под ред. Е.А. Деревянко. Москва : Экономика, 1990. 109 с.

4. Константинова Е. Д., Маслакова Т. А., Шалаумова Ю. В., Вараксин А. Н., Живодеров А. А. Радиоактивное загрязнение территории и адаптационная реакция организма человека. *Экология человека*. 2019. № 2. С. 4–11. DOI: 10.33396/1728-0869-2019-2-4-11.

5. Коровкина А. Н. Оценка взаимосвязи функционально-динамического состояния вегетативной нервной системы с регуляцией тонуса периферического отдела сосудов верхних конечностей. Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2016. № 4. С. 39–45.

6. Новиков В. С., Сороко С. И. Физиологические основы жизнедеятельности человека в экстремальных условиях. Санкт-Петербург : Политехника-принт, 2017. 476 с.

7. Офіційний сайт Міністерства енергетики та захисту довкілля України. URL : http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art_id=244974916.

8. Макац В. Г., Курик М. В., Петрук В. Г., Нагайчук В. І., Єрмішев О. В. Основи функціонально-екологічної експертизи (невідомі вегетологія). Том VI: монографія. Вінниця: Наукова ініціатива, 2018. 128 с.

9. Макац В. Г., Нагайчук В. І., Макац Є. Ф., Єрмішев О. В. Невідомі китайська голкотерапія (проблеми вегетативного патогенезу). Том IV: монографія. Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2017. 286 с.

10. Петрук Р. В., Костюк В. В., Трач І. А. Метод біоіндикації екологічно забруднених територій. Екологічні науки. 2015. № 16–17. С. 16–23.

11. Сударушкин А. В., Михайличенко К. Ю., Чижов А. Я. Анализ функциональных параметров детей дошкольного возраста, проживающих в экологически контрастных городах Московской области. Вестник РУДН, серия Экология и безопасность жизнедеятельности. 2010. № 2. С. 46–53.

12. Храмов А. В., Черный К. А., Касаткина Е. А., Молчанова С. Н. К вопросу о безопасности жизнедеятельности человека в геологически активных зонах. Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2017. Т.16. № 3. С. 268–273. DOI: 10.15593/2224-9923/2017.3.7.

13. Góralczyk K., Majcher A. Are the civilization diseases the result of organohalogen environmental pollution? Acta Biochim Pol. 2019. 66(2). P. 123–127.

14. Henderson K., Loreau M. *How ecological feedbacks between human population and land cover influence sustainability.* *PLoS Comput Biol.* 2018. 14(8): e1006389.

15. Iszatt N., Stigum H., Govarts E., Murinova L. P., Schoeters G., Trnovec T. *Jerinatal exposure to dioxins and dioxin-like compounds and infant growth and body mass index at seven years: A pooled analysis of three European birth cohorts.* *Environment International.* 2016. 94. P. 399–407.

16. Jänig W. *Integrative Action of the Autonomic Nervous System. Neurobiology of Homeostasis.* Cambridge University Press. 2008. 636 p.

17. Parashar R., Amir M., Pakhare A., Rathi P. *Age Related Changes in Autonomic Functions.* *Journal of Clinical and Diagnostic Research.* 2016. Vol.10. Issue 3. P. 11–13. DOI: 10.7860/JCDR/2016/16889.7497.

18. Russ K., Howard S. *Developmental Exposure to Environmental Chemicals and Metabolic Changes in Children.* *Current Problems in Pediatric and Adolescent Health Care.* 2016. 46(8). P. 255–285.

19. Vrijheid M., Casas M., Gascon M., Valvi D., Nieuwenhuijsen M. *Environmental pollutants and child health-A review of recent concerns.* *Int J Hyg Environ Health.* 2016. 219(4-5). P. 331–342.

20. World Health Organization. *Preventing disease through healthy environments: towards an estimate of the environmental burden of disease,* 2016. URL : https://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/preventing-disease/en.

21. Yermishev Oleh V. *Peculiarities of functional-vegetative homeostasis of preschool-age females (first childhood).* *Biologija.* 2019. Vol. 65. No. 1. P. 56–65. DOI: <https://doi.org/10.6001/biologija.v65i1.3987>.

**FUNCTIONAL-PHYSIOLOGICAL DIFFERENCES OF
CHILDREN OF DIFFERENT AGE GROUPS LIVING IN
TERRITORIES WITH DIFFERENT ENVIRONMENTAL LOAD**

Yermishev O. V.

Vasyl Stus Donetsk National University

o.yermishev@donnu.edu.ua

Any environmental natural or man-made factor, the dose (intensity, duration) of which exceeds a certain critical value, may act as an extreme, leading to the development of conditions related to changes in health and performance or incompatible with human life.

In the development of ecologically dependent extreme states, the main nonspecific mechanisms of maladaptation are the lack of functional reserves of the autonomic nervous system (ANS). ANS regulates all visceral and a part of psycho-emotional processes of an organism, providing functional-vegetative homeostasis of an organism, that is a relative dynamic constancy of internal environment and stability of its basic physiological functions.

The determination of vegetative status and orientation of vegetative activity in the body of men has been performed using the functional-vegetative diagnostics (FVD) according to the method of V. Makats. We surveyed 4 871 children of all ages and genders who underwent health improvement in the sanatoriums of Ukraine. The surveyed children were divided into 2 groups due to the place of permanent residence, living in radiation contaminated (RC) regions (Vinnytsia region) and in «conditionally radiation-free» regions (Lviv region); due to gender on male (MG) and female (FG) groups; due to age into preschool age (PSG) – 3–6 years, younger school age (YSA) – 7–12 years, adolescent school age (ASG) – 12–16 years, adolescent school age (ASG) – 16–21 years and mature age (MAG) – 21–50 years. FVD was conducted twice in the morning (10:00–12:00). The obtained relative ratio of the sum of indicators of total sympathetic activity to parasympathetic activity was defined as the orientation of the vegetative balance. The vegetative coefficient kV is the numerical result of this relation.

According to the vegetative coefficient kV , three levels of vegetative dispersion (scattering) across critical zones are distinguished today, i.e parasympathetic activity ratio (PA), functional equilibrium (FE) and sympathetic activity ratio (SA).

Nowadays, dosimetric and thyroid dosimetric certification of settlements is used as ecological expertise, which does not characterize its impact on human functional health by fixing the degree of radioactive contamination.

In the method of functional-ecological examination (FEE) we propose, the number of people (%) in whom indicators of functional health are in states of functional depression (PA – parasympathetic activity advantage), vegetative equilibrium (VE) and a number of cases of the benefits of functional excitement (SA – the advantage of sympathetic activity) is the basis of systemic analysis. According to the criteria we have developed, functional health is in the area of conditional norms, when 70% of people are in the zone of functional equilibrium (FE), and 15 % are in the areas of parasympathetic and sympathetic activity.

– Розділ 4 Аерогенні забруднювачі, тверді виробничі й побутові відходи –

DOI <https://doi.org/10.26661/2312-2056/2019-24/2-17>

УДК 577. 11:613.2

**ВИВЧЕННЯ ВМІСТУ МЕТАЛІЧНИХ ДОМІШОК У
ЗЛИВНИХ ВОДАХ ПАТ «МОТОР СІЧ»**

Омельяничук Л. О., Синяєва Н. П., Дударєва Г. Ф.

Запорізький національний університет

sinyaeva.02@gmail.com

Проведено дослідження з визначення загального вмісту Fe, Cr, Cu, Ni, Pb, Al, Zn у зливних водах ПАТ «Мотор Січ» після переведення всіх можливих форм знаходження і ступеня окислення в одну йонну форму. Встановлено, що метод атомно-абсорбційної спектроскопії з електротермічною атомізацією і з використанням коректора для обліку неселективного поглинання – ефекту Зеємана, дозволяє уникнути взаємного впливу елементів у пробі і дає можливість визначити концентрацію металу за сумою йонів. Проведено моніторинг за вмістом металевих елементів для стічних вод і рибного господарства у вологий і сухий періоди року.

Зливні води, металічні домішки, молекулярна абсорбційна спектроскопія, атомно-абсорбційна спектроскопія, ефект Зеємана

Стан навколишнього природного середовища є найважливішим чинником, що визначає життєдіяльність людини і суспільства. Високі концентрації багатьох хімічних елементів і сполук, зумовлені техногенними процесами, виявлені в даний час у всіх природних середовищах. Важкі метали відносяться до найбільш широко поширених забруднювачів водного середовища і за токсичністю займають друге місце після пестицидів. Вони небезпечні тим, що мають здатність накопичуватися в живих організмах, включатися в метаболічний цикл, утворювати високотоксичні металорганічні сполуки, змінювати форми знаходження при переході від одного природного середовища в інше, не піддаючись біологічному розкладанню [1–4].

Важкі метали можна знайти у зливних водах металургійних та металообробних підприємств, гальванічних

цехів, автопідприємств. В залежності від виду підприємства буде змінюватися картина викидів [6–8].

З вимог технічної документації та значної кількості наукових праць відомі сучасні методи контролю хімічного складу зливних вод. Це молекулярна спектрофотометрія, атомно-абсорбційна спектрометрія з полум'яною та електротермічною атомізацією [11, 13]. Методи молекулярної спектрофотометрії довготривалі і потребують використання великої кількості хімічно високочистих реагентів, висококоштовні, але вони дозволяють визначити вміст металів за ступенями окислення і за загальним вмістом йонів [10–12]. Метод атомно-абсорбційної спектрометрії з полум'яною та електротермічною атомізацією з використанням коректора для обліку неселективного поглинання, заснований на ефекті Зеємана, дозволяє уникнути взаємного впливу елементів у пробі та дає змогу селективно визначити вміст металів на рівні домішок. На цій підставі в наших досліджах ми використовували саме названі методи.

Мета роботи – обрати доцільні методи аналізу зливних вод на вміст в них Fe, Cr, Cu, Ni, Pb, Al, Zn, провести моніторинг хімічного складу зливних вод ПАТ Мотор Січ протягом літньо-осіннього періоду 2017–2018 рр.

Матеріали та методи досліджень

Об'єктом дослідження обрано зливні води підприємства ПАТ «Мотор-Січ».

Враховуючи складну форму знаходження заліза у зливних водах, при визначенні загального заліза підготовку проб до вимірів проводили після переведення можливих форм окиснення в одну – Fe (III) [8–10].

Методика визначення хрому передбачає визначення загального його вмісту (після попереднього окиснення хрому (III) до хрому (VI) амоній персульфатом у присутності каталізатора йонів Ag^+) та окремо визначення хрому (VI), а вміст хрому (III) знаходили за різницею між отриманими результатами [12].

Визначення хрому та заліза методом молекулярної спектрометрії наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Визначення заліза та хрому методом молекулярної абсорбційної спектроскопії

Table 1 – Determination of iron and chromium using molecular absorption spectroscopy

Показник	Fe	Cr ⁶⁺
1	2	3
Реагент	КСНС	1,5-дифеніл-карбазид
$\lambda_{\text{макс}}$, нм	490–500	540
рН	3–6	1,2–2,6
Межі виявлення, мг/дм ³	0,05	0,001

Для визначення Cu, Ni, Pb, Al використовували електротермічну атомізацію, яка давала змогу проводити мультіелементний аналіз на вміст йонів металів з однієї проби в графітовій кюветі Масмана згідно методики [11, 13]. Як джерело випромінювання застосовували лампи з порожнистим катодом (ЛПК), подолання впливу неселективних перешкод відбувалося за допомогою ефекта Зеємана.

При аналізі таких складних зразків, як зливні води, використання Зеєман-коректора дозволяло виділити корисний сигнал із загального поглинання проби і отримати коректні результати, при градуванні приладу методом зовнішніх стандартів ніж без його використання [14].

Результати та їх обговорення

При визначенні Fe_{заг} у зливній воді концентрацію металу X (мг/дм³) розраховували за формулою:

$$X = \frac{c \cdot 50}{V} \quad (1)$$

де c – концентрація заліза, знайдена за градуйованим графіком, мг/дм³;

V – об'єм проби, взятий для аналізу, см³.

Калібрувальний графік (рис. 1) будували за допомогою стандартного зразка заліза МСО 0519:2003 ДСЗУ 02239-96.

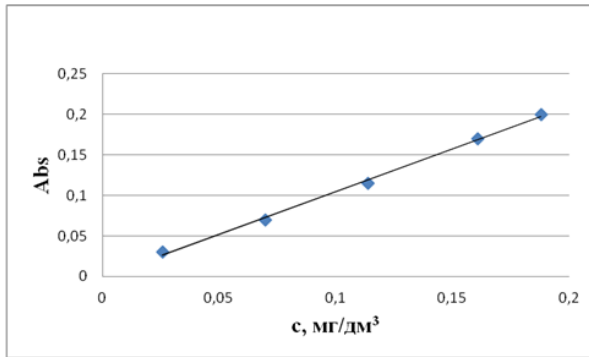


Рисунок 1 – Калібрувальний графік для визначення заліза
Figure 1 – Calibration graph for determining iron

При визначенні хрому (VI) та загального вмісту хрому у зливній воді фотометричним методом масову концентрацію металу X (мг/дм³) розраховували за формулами:

$$X(Cr(VI)) = \frac{C_{Cr}^A}{V} \cdot 100 \quad (2)$$

$$X(\Sigma Cr) = \frac{C_{Cr}^B}{V} \cdot 100 \quad (3)$$

де C_{Cr}^A – концентрація хрому, знайдена за градуювальним графіком, мг/дм³ (метод 1);

C_{Cr}^B – концентрація хрому в пробі знайдена за градуювальним графіком, мг/дм³ (метод 2);

V – об'єм проби води, взятої для аналізу, см³;

100 – об'єм, до якого була розбавлена проба, см³.

Калібрувальний графік (рис. 2) побудований за допомогою стандартного зразка хрому МСО 0519:2003 ДСЗУ 02239-96.

Результати дослідження вмісту хрому та заліза наведені у таблиці 2.

При визначенні вмісту Cu, Ni, Pb, Al, Zn атомно-абсорбційним методом аналітичні проби ретельно перемішували, а потім відбирали аликвотні порції об'ємом по 50 см³.

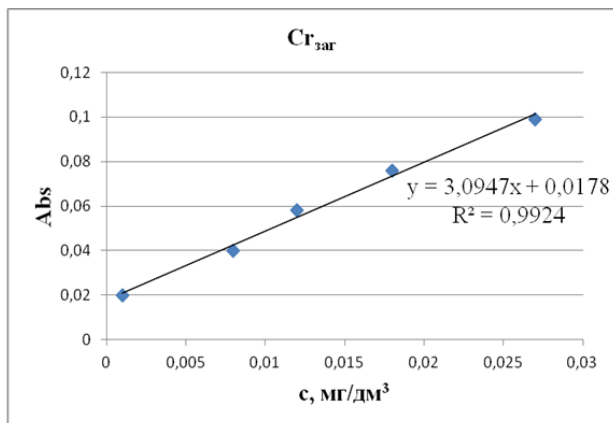


Рисунок 2 – Калібрувальний графік для визначення Cr_{заг}
Figure 2 – Calibration graph for determining Cr_{total}

Таблиця 2 – Результати визначення Fe_{заг}, Cr_{заг}, Cr(III), Cr(VI) (n=5; P=0,95)

Table 2 – The results of the determination of Fe_{total}, Cr_{total}, Cr(III), Cr(VI) (n=5; P=0,95)

Дата відбору проби	Масова концентрація, мг/дм ³			
	Fe _{заг}	Cr _{заг}	Cr (III)	Cr(VI)
12.06.18 Сухий період рН=8,15	0,180±0,001	0,029±0,001	0,028±0,001	0,0010±0,0001
13.06.18 Вологий період рН=7,58	0,096±0,002	0,010±0,002	0,0085±0,004	0,003±0,001
20.07.18 Сухий період рН=8,05	0,178±0,034	0,025±0,002	0,023±0,002	0,0010±0,0001
9.10.18 Вологий період рН=7,6	0,098±0,005	0,014±0,002	0,013±0,003	0,0010±0,0001
13.11.18 Сухий період рН=7,33	0,194±0,004	0,014±0,002	0,013±0,002	0,001±0,0001
ГДК (рибне господарство)	0,10	–	0,07	0,02

Кожну аликвоту переносили у жароміцний стакан об'ємом 100 см³, додавали 2,5 см³ концентрованої нітратної кислоти (осч) і 1,5 см³ перекису водню. Нагрівали на плитці протягом двох годин, не допускаючи кипіння. Розчин при цьому випаровували до об'єму приблизно 20 см³.

Випарені проби фільтрували через фільтри «синя стрічка» в мірні колби ємністю 50 см³, і доводили розчини в колбах до риски бідистильованою водою.

З кожною партією робочих проб готували і аналізували контрольну пробу. Як контрольну пробу використовували бідистильовану воду в об'ємі, рівному об'єму аналізованої проби.

Аналітичну пробу об'ємом від 10 до 40 мкм³ вводили в графітову кювету спектрометра, проводили вимірюючий цикл і реєстрували значення масової концентрації елемента за програмою приладу з використанням градуувального графіка [10].

При визначенні Cu, Ni, Pb, Al, Zn у зливних водах атомно-абсорбційним методом з електротермічною атомізацією масову концентрацію (С, мг/дм³) розраховували за формулою:

$$C = 0,001 \cdot (C_{\text{пр}} - C_x) \cdot Q, \quad (4)$$

де: $C_{\text{пр}}$ – масова концентрація обумовленого елемента в аналізованій пробі, мкг/дм³;

C_x – масова концентрація обумовленого елемента в холостій пробі, мкг/дм³;

Q – коефіцієнт розведення. Якщо проби не розбавляли, то Q=1 [23].

Результати дослідження наведені у таблиці 3.

З наведених даних видно, що для рибного господарства вміст Fe більший за ГДК у сухий (бездошовий) період; Cr³⁺, Cu, Pb, Al – більший за ГДК у сухий та вологий періоди; значення Zn та Ni наближаються до ГДК для рибного господарства у сухий та вологий періоди.

Таблиця 3 – Результати визначення Fe, Cr, Cu, Ni, Pb, Al, Zn атомно-абсорбційним методом спектрометрії з електротермічною атомізацією (n=5; P=0,95) [14]

Table 3 – The results of the determination of Fe, Cr, Cu, Ni, Pb, Al, Zn using atomic absorption spectroscopy with electrothermal atomization (n=5; P=0,95) [14]

Дата відбору проби	Масова концентрація, мг/дм ³						
	Fe	Cr	Cu	Ni	Pb	Al	Zn
12.06.18 Сухий період	0,177 ±0,001	0,027 ±0,002	0,016 ±0,003	0,013 ±0,001	0,018 ±0,002	0,081 ±0,007	0,012 ±0,001
13.06.18 Вологий період	0,093 ±0,001	0,010 ±0,001	0,006 ±0,002	0,009 ±0,002	0,028 ±0,003	0,401 ±0,008	0,008 ±0,001
20.07.18 Сухий період	0,180 ±0,002	0,025 ±0,001	0,018 ±0,002	0,012 ±0,002	0,019 ±0,001	0,083 ±0,003	0,013 ±0,002
9.10.18 Вологий період	0,100 ±0,002	0,013 ±0,001	0,005 ±0,001	0,010 ±0,002	0,026 ±0,004	0,038 ±0,003	0,009 ±0,001
13.11.18 Сухий період	0,196 ±0,003	0,0134 ±0,002	0,017 ±0,003	0,012 ±0,002	0,018 ±0,003	0,082 ±0,006	0,012 ±0,001
ГДК (рибне господарство)	0,10	–	0,001	0,01	0,006	0,04	0,01

Висновки

1. Загальний вміст Fe, Cr, Cu, Ni, Pb, Al, Zn визначали після переведення всіх можливих форм знаходження і ступеня окиснення в одну йонну форму.

2. Метод атомно-абсорбційної спектрометрії з електротермічною атомізацією та з використанням коректора для обліку неселективного поглинання – ефекту Зеємана, дозволяє уникнути взаємного впливу елементів у пробі та дає змогу визначити концентрацію металу за сумою йонів.

3. При порівнянні визначеного вмісту металів у зливних водах з їх ГДК для рибного господарства видно, що вміст Fe більший за ГДК у сухий період; Cr³⁺, Cu, Pb, Al – більший за ГДК у сухий та вологий періоди; кількість Zn та Ni наближається до ГДК для рибного господарства у сухий та вологий періоди.

Література:

1. Запольський А. К. *Водопостачання, водовідведення та якість води*. Київ : Вища школа, 2005. 671 с.
2. Филенко О. Ф., Михеева И. В. *Основы водной токсикологии* Москва : Колос, 2007. 144 с.
3. Исидоров В. А. *Экологическая химия : Учебное пособие для вузов*. Санкт-Петербург : Химиздат, 2001. 304 с.
4. Моисеенко Т. И. *Водная экотоксикология : Теоретические и прикладные аспекты*. Москва : Наука, 2009. 400 с.
5. Синяєва Н. П., Дударєва Г. Ф., Хімії А. О. *Дослідження вмісту важких металів у зливових водах. Актуальні питання біології, екології та хімії. № 2. 2016. С. 82–89*
6. Флеров Б. А. *Эколого-физиологические аспекты токсикологии пресноводных животных*. Ленинград : Наука, 1989. 144 с.
7. Мур Д. *Тяжелые металлы в природных водах. Тяжелые металлы в природных водах. 2007. Вып. 5. 168 с.*
8. Василенко Т. Г., Добровольская О. Г., Коляда В. П., Сокольник В. П. *Химико-аналитические аспекты трансформации соединений железа в сточных водах шламонакопителя ПОА Запорожсталь. Журнал Металлургия : Збірник наукових праць. 2018. Вип. 2(40). Запоріжжя : ЗДІА. С.124–128.*
9. Нінова Т. С. *Аналитична хімія навколишнього середовища. Навчально-методичний посібник. Черкаси : Черкаськ. нац. ун-т імені Богдана Хмельницького, 2014. 178 с.*
10. МВВ № 081/12-0175-05. *Поверхневі, підземні та зворотні води. Методика виконання вимірювань масової концентрації заліза загального фотокolorиметричним методом з калій роданідом (0,05–4,0 мг/дм³).*
11. Синяєва Н. П., Дударєва Г.Ф., Бикова Т.В., Хімії А.О. *Дослідження форм знаходження нафтопродуктів та феруму, нікелю, купруму у зливових водах. Збірник матеріалів V міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми біології, екології та хімії», 26–28 квіт. 2017 р. : тези доп. Запоріжжя : АА Тандем, 2017. С. 216–218.*

12. МВВ № 081/12-0114-03. Поверхневі, підземні та зворотні води. Методика виконання вимірювань масової концентрації хрому загального, хрому (VI) та хрому (III) екстракційно-фотоколориметричним методом з дифенілкарбазидом (0,001–2,0 мг/дм³).

13. ПНД Ф 14.1:2.253-09 (М 01-46-2013). Методика измерений массовой концентрации алюминия, бария, берилля, ванадия, железа, кадмия, кобальта, лития, марганца, меди, молибдена, мышьяка, никеля, свинца, селена, серебра, стронция, титана, хрома, цинка в пробах природных и сточных вод атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией с использованием атомно-абсорбционного спектрометра модификаций МГА–915, МГА–915 М, МГА–915 МД. Санкт-Петербург, 2013. 36 с.

14. Смагунова А. Н., Карпукова О. М. Методы математической статистики в аналитической химии. Учебное пособие : Ростов-на-Дону. Феникс, 2012. 352 с.

EXAMINATION OF THE CONTENT OF METALLIC IMPURITIES IN THE WASTEWATER OF THE "MOTOR SICH" PJSC

Omelyanchik L. O., Sunyaeva N. P, Dudaryeva G. F.
Zaporizhzhua National University

sinyaeva.02@gmail.com

The state of the environment is the most important determinant of human and social life. High concentrations of many chemical elements and compounds, caused by man-made processes, are now found in all natural environments. Heavy metals are among the most widespread pollutants of the aquatic environment and are second only to pesticides by toxicity. They are dangerous in that they have the ability to accumulate in living organisms, to be involved in the metabolic cycle, to form highly toxic organometallic compounds, to become progressively more difficult to detect during the transition from one natural environment to another without being amenable to bio-degradation [1–4].

Heavy metals can be found in the wastewater of metallurgical and metalworking enterprises, galvanic shops and automobile manufacturing enterprises. Depending on the type of an enterprise, the pattern of emissions will change [6–8].

According to the requirements stipulated by the technical documentation and a large number of scientific works, modern methods of controlling the chemical composition of stormwater are known to be: molecular spectrophotometry, atomic absorption spectroscopy with flame and electrothermal atomization [11, 13]. Molecular spectrophotometry methods are long-lasting and require the use of a large number of chemically pure reagents, which despite being highly expensive, allow us to determine the content of metals by way of oxidation states and the total ion content [10–12]. The method of atomic absorption spectroscopy with flame and electrothermal atomization using a corrector for the calculation of non-selective absorption based on the Zeeman effect, avoids the mutual influence of elements in the sample and allows to selectively determine the content of metals at the level of impurities. Therefore, in our experiments the above-mentioned methods were used.

The aim of our research was to choose appropriate methods of analysis of wastewater for the purpose of detecting such elements as Fe, Cr, Cu, Ni, Pb, Al, Zn in them and to conduct monitoring of the chemical composition of wastewater of "Motor Sich" PJSC during the period from summer till autumn (2017–2018).

Given the laborious task of finding iron in wastewater, when determining the total iron content, sample preparation was being carried out after the conversion of all the possible oxidized forms into one took place – Fe (III)[8–10].

The methodology of detecting chromium implies that the total chromium content (after chromium (III) has been oxidized to form chromium (VI) by ammonium persulfate in the presence of an Ag⁺ ion catalyst as well as determination of chromium (VI) done separately) is being determined first, whereas the chromium (III) content is found by calculating the difference between the obtained measurements [12].

To determine Cu, Ni, Pb, Al, we used electrothermal atomization, which made it possible to perform a multi-element analysis of the content of metal ions from one sample in a Masman graphite cell according to the method used [11, 13].

Hollow cathode lamps were used as the radiation source, and non-selective interference was overcome by the Zeeman effect.

While analyzing such difficult samples as wastewater, the use of the Zeeman corrector allowed us to distinguish the useful signal

from the total absorption of the sample and to obtain correct results, when the instrument is calibrated by the method of external standards [14].

While determining Cu, Ni, Pb, Al, Zn content using atomic absorption spectroscopy, analytical samples were thoroughly mixed and then the aliquot portions of 50 cm³ in volume were taken.

Each aliquot was transferred to a 100 cm³ heat-resistant beaker, and then 2.5 cm³ of concentrated nitric acid (ОСЧ) and 1.5 cm³ of hydrogen peroxide were added afterwards.

It was then being heated on the tile for two hours, without allowing it to boil. The solution was then made to evaporate to a volume of about 20 cm³.

The evaporated samples were filtered through blue ribbon filters into 50 cm³ volumetric flasks and the solutions in flasks were brought to the designated mark on a beaker with bidistilled water.

A control sample was prepared and analyzed with each batch of working samples. As the control, distilled water was used in a volume equal to the volume of the sample analyzed.

An analytical sample with a volume of 10 to 40 μm³ was introduced into the graphite cell of the spectrometer, we conducted a measuring cycle and recorded the values of mass concentration of the element according to the measurements provided by the device using a calibration graph [10].

We have established that the method of atomic absorption spectroscopy with electrothermal atomization using a corrector to account for the non-selective absorption (Zeeman effect), avoids the mutual influence of elements in the sample and allows to determine the concentration of metals by the sum of their ions.

When comparing the determined content of metals in the wastewater with their threshold limit value (TLV) for fisheries, it can be seen that the content of Fe exceeds TLV during the dry period; Cr³⁺, Cu, Pb, Al exceed TLV during the dry and wet periods; Zn and Ni approach the TLV for fisheries during the dry and wet periods.

РЕФЕРАТИ

УДК582.581.6:57.08(477.64-23п)

Яковлева-Носарь С. О. Дендрофлора балки Велика Молодняга (острів Хортиця) за антропогенного впливу. *Питання біоіндикації та екології*. Запоріжжя : ЗНУ, 2019. Вип. 24, № 2. С. 3–15.

Дендрофлора балки Велика Молодняга, що розташована у північно-східній частині о. Хортиця (південний Степ), представлена 45-ма видами, які належать до 34-х родів з 20-ти родин. З них 24 види (54,5 %) – аборигенні, решта 21 вид (45,5 %) – інтродуценти. Серед інтродукованих порід 35,0 % видів північноамериканського походження. Власне байрачний ліс балки Велика Молодняга формують природні фітоценози 2, 5, 8–10 і 12-го виділів 20-го кварталу лісонасаджень Національного заповіднику «Хортиця». Проаналізовано локалізацію основних лісотвірних і супутніх деревних порід, а також чагарникових видів, що утворюють підлісок, на території балки за виділами у межах кварталу. У складі дендрофлори виявлені інвазійні породи та місця їх зростання. Висвітлені аспекти побічного користування насадження байраку.

Бібл. 11. Табл. 1. Рис. 4.

УДК 574.4:595.7

Зайцева І. О., Поворотня М. М. Особливості накопичення важких металів в едафотобах урбофітоценозів за дії викидів теплових електростанцій. *Питання біоіндикації та екології*. Запоріжжя : ЗНУ, 2019. Вип. 24, № 2. С. 15–29.

На території Дніпропетровської області до підприємств, що представляють найбільшу екологічну небезпеку, належать Придніпровська і Криворізька ТЕС з обсягами викидів 84 та 146 тис.т, відповідно. Високий вміст важких металів у вугіллі, з урахуванням обсягів щорічного споживання палива, свідчить про значний внесок теплових електростанцій у забруднення середовища, особливо металами I і II класів небезпеки – Hg і Pb (0,1–0,3 и 14,9–25,7 т/рік). Установлено особливості розподілу важких металів у едафотобах в зоні дії ТЕС у переважному

напрямку руху повітряних мас, з максимумом на відстані 0,5–2 км для Cd (4,9–4,2 ГДК) і As (5,1–3,6 ГДК). Вміст Zn і Cu майже не перевищував ГДК на всіх пробних майданчиках (0,5–1,3 ГДК). Найбільші кількості свинцю у ґрунтах (58,71–64,35 мг/кг) відзначені на відстані 3–4 км, ртуті (6,35–8,44 мг/кг) – на відстані 1–3 км, які перевищують ГДК у 2 та 4 рази для Pb і Hg відповідно. Установлено, що на відміну від інших важких металів, вміст ртуті залишається високим на відстанях до 7 км, як на територіях житлових масивів (2,7–1,2 ГДК), так і умовного контролю – ботанічного саду (1,2 ГДК).

Бібл. 23. Табл. 3.

УДК 582.28:549.28:574.2(477.64)

Луганська О. В., Щенко Ю. В., Бовт В. Д. Біоіндикація важких металів в оточуючому середовищі йонселективними електродами в опеньку осінньому. *Питання біоіндикації та екології*. Запоріжжя : ЗНУ, 2019. Вип. 24, № 2. С. 29–45.

У роботі проведено оцінку ролі природних грибів-макроміцетів (опенька осіннього), як екоконцентраторів важких металів, та їх можливості використання для біоіндикації. Розглядаються шляхи пошуку більш економічних методів дослідження вмісту важких металів в оточуючому середовищі і різних субстратах (об'єктах біоіндикації), а також уніфікації цих методів. В якості біоіндикаторів обрали гриби, що можуть зростати будь-де і які використовує у їжу людина, також ці гриби зростають у природних умовах. Виявлено, що гриби придатні для ролі біоіндикаторів металів в оточуючому середовищі; використання йоноселективних електродів у біоіндикації є доступним, надійним та дешевим методом дослідження.

Бібл. 6. Табл. 6. Рис. 7.

УДК 630*114.351:631.416:625.77(477.6)

Пономарьова О. А. Накопичення макроелементів в опаді деревних рослин придорожного насадження (вздовж траси Дніпро-Запоріжжя). *Питання біоіндикації та екології*. Запоріжжя : ЗНУ, 2019. Вип. 24, № 2. С. 46–57.

Вивчено рівень накопичення деяких макроелементів в опаді дерев захисних примагістральних насаджень траси Дніпро-Запоріжжя. Дослідні рослини відносились до 14-ти видів, що найбільше представлені в лісосмугах цього регіону. Встановили суттєву видову варіабельність для фосфору, магнію та заліза. Концентрація кальцію в опаді різних видів змінювалась несуттєво. Відмічається, що значну кількість заліза і магнію накопичують робінія псевдоакація та в'яз низький, а також клен гостролистий. Опад останнього містить також значну кількість кальцію і фосфору. Магнію досить багато в опаді ясена ланцетного та катальпи бігніонієвидної. Фосфор краще накопичує катальпа і абрикос звичайний. Опад таких порід як тополя Болле та маслинка вузьколиста містить порівняно мало всіх вищезазначених елементів. Отже, можна запропонувати деревні види, чий опад містить чималу кількість визначених біогенних елементів, для більш інтенсивного використання під час реконструкції та посадки лісосмуг.

Бібл. 16. Табл. 1. Рис. 5.

581.2

Данильчук О. М., Гришко В. М., Павлюкова Н. Ф. Особливості акумуляції деяких важких металів органами асиміляції видів роду *Populus* L. та розвитку процесу пероксидації. *Питання біоіндикації та екології*. Запоріжжя : ЗНУ, 2019. Вип. 24, № 2. С. 58–70.

У модельних дослідях встановлено особливості акумуляції нікелю, цинку, кадмію, плумбуму і купрумму та утворення ТБК-активних сполук в листках *Populus italica* (DuRoi) Moench, *P. deltoides* Marsh., *P. simonii* Corr., *P. candicans* Ait. за внесення до ґрунту важких металів у надлишкових концентраціях (гранично допустимій концентрації (ГДК), 5 ГДК і 10 ГДК). За результатами проведених експериментів види розподілені на групи з високим та низьким рівнем транслокації металів до листків. До першої належать *P. italica* і *P. deltoides*, до другої – *P. simonii* та *P. candicans* (інтенсивність акумуляції була нижчою). Уміст ТБК-активних продуктів пероксидації, у більшості випадків, інтенсивніше підвищується у видів секції *Tacamahaca* (*P. simonii* і *P. candicans*), ніж у видів секції *Aegerus*

(*P. simonii* і *P. candicans*), що може свідчити про особливості функціонування антиоксидантної ланки захисту у зазначених видів.

Бібл. 24. Табл. 2.

УДК 582.632.1:581.45:504.05

Крупей К. С., Обруч К. І., Михайличенко А. А. Фітоіндикація стану довкілля за ступенем пошкодження листової пластинки *Betula pendula* Roth. *Питання біоіндикації та екології*. Запоріжжя : ЗНУ, 2019. Вип. 24, № 2. С. 70–80.

Розроблено спосіб фітоіндикації комплексного стану довкілля за ступенем пошкодження листової пластинки берези повислої (*Betula pendula* Roth.), який відноситься до екологічного моніторингу та біоіндикації. Створено таблицю-визначник комплексного стану довкілля. Виявлена чітка тенденція: чим більше пошкоджені листові пластинки берези повислої хлорозами та некрозами, тим менше кількісні показники dE. Протягом весняно-літнього періоду 2019 р. незадовільний екологічний стан довкілля характерний для Олександрівського району м. Запоріжжя (dE складало 29,80 ум. од.), що свідчить про домінування ділянок із некрозом та хлорозом на листових пластинках дерев. Для Хортицького та Шевченківського району відмічено задовільний стан та помірне забруднення, відповідно (dE дорівнювало 50,23 та 38,50 ум. од.).

Бібл. 7. Табл. 6. Рис. 1.

УДК 581.2

Юсипіва Т. І., Лихолат Ю. В., Юсипів М. С., Задесенець А. О., Філатова Н. О. Біометричні показники асиміляційного апарату представників роду *Pinus* за дії забруднення ДТЕК Придніпровська ТЕС. *Питання біоіндикації та екології*. Запоріжжя : ЗНУ, 2019. Вип. 24, № 2. С. 80–92.

Проаналізовано зміни морфометричних і мікроморфологічних показників однорічної хвої *Pinus sylvestris* L., *P. nigra* Arnold. і *P. pallasiana* D. Don. за хронічної дії викидів ДТЕК Придніпровська ТЕС. Встановлено, що за ступенем зниження стійкості до урботехногенного середовища

за біометричними характеристиками асиміляційного апарату досліджені види можна розташувати таким чином: *P. nigra* > *P. pallasiana* > *P. sylvestris*.

Бібл. 24. Табл. 3.

УДК 581.522.5

Юсипіва Т. І., Полякова Є. О. Вплив техногенних умов м. Дніпро на співвідношення гістологічних елементів пагона *Picea pungens* Engelm. *Питання біоіндикації та екології*. Запоріжжя : ЗНУ, 2019. Вип. 24, № 2. С. 92–101.

Досліджено дію комплексного забруднення середовища викидами автотранспорту і промисловими емісіями на співвідношення гістологічних елементів стебла *Picea pungens* Engelm. *f. viridis* Regel. Виявлено зміни співвідношення складових частин однорічного пагона у бік збільшення частки центрального циліндра та зменшення об'єму покривних тканин і первинної кори в загальному об'ємі стебла, що свідчить про якісні зміни структури стебла ялини колючої на техногенних територіях м. Дніпро.

Бібл. 14. Табл. 1. Рис. 2.

УДК 712.253:635.925(477.63-21)

Бессонова В. П., Іванченко О. Є. Видове різноманіття та життєвий стан деревних рослин у насадженнях проспекту Івана Мазепи м. Дніпро. *Питання біоіндикації та екології*. Запоріжжя : ЗНУ, 2019. Вип. 24, № 2. С. 101–125.

У результаті інвентаризації деревних насаджень проспекту Івана Мазепи м. Дніпро встановлено, що на ділянці зростає 484 екз. деревних рослин, які відносяться до 22-х видів і 13-ти родин виключно Покритонасінних. Деревя зростають у вигляді рядових насаджень, зрідка невеликими групами. Найчисельнішими є *Acer platanoides*, *Aesculus hippocastanum* та *Tilia cordata*. Родини представлені переважно 1–2 видами за виключенням *Rosaceae*, *Oleaceae* та *Salicaceae*. Родина *Aceraceae* має найбільшу репрезентованість за кількістю особин. Насадження на 62,39 % складаються з представників місцевої флори. За висотою переважає група рослин зі значеннями цього показника від 14 до

15,9 м, за діаметром штамбу – від 38 до 41,9 см. 31,8 % рослин відносяться до категорії «здорові», проте біля 50,0 % є помірно-, середньо та сильно ослабленими. За вимогами до режиму зволоження, родючості ґрунту та атмосферного забруднення асортимент лише частково відповідає умовам місцевості.

Табл. 9. Рис. 1. Бібл. 24.

УДК 631.42

Булейко А. А., Полева Ю. Л. Характеристика хімічних та еколого-мікроморфологічних особливостей терникових едафотопів, що формуються в умовах північного варіанту природних байрачних лісів степової зони України. *Питання біоіндикації та екології*. Запоріжжя : ЗНУ, 2019. Вип. 24, № 2. С. 126–138.

Вивчено хімічні, екологічні та мікроморфологічні особливості едафотопів терникових біогеоценозів, що формуються в умовах північного варіанту природних байрачних лісів степової зони України. Охарактеризовано форму, стан та взаємне розповсюдження мікроскопічних складових часток ґрунту. Виявлено процеси, які відбуваються під чагарниковими ценозами терну. Основна увага приділяється мікроморфологічним властивостям та мікроморфологічній будові даних едафотопів з подальшим розшифруванням та описом.

Бібл. 12. Рис. 3. Табл. 1.

УДК 631.4: 504.53:330.15(477.64-Zp)

Костюченко Н. І., Терещенко О. О. Екологічний стан ґрунтів острова Хортиця з різним ступенем трансформації. *Питання біоіндикації та екології*. Запоріжжя : ЗНУ, 2019. Вип. 24, № 2. С. 138–147.

У статті наведено результати вивчення екологічного стану ґрунтів о. Хортиця з різним ступенем трансформації за мікробіологічними показниками. Встановлено, що в ґрунтах посттехногенних і техногенних екосистем знижується порівняно з природним біогеоценозом (балка Широка) чисельність амоніфікаторів і мікроміцетів та зростає чисельність мікрофлори

розсіювання. У досліджуваних ґрунтах домінували мікроорганізми, що асимілюють мінеральні форми азоту, чисельність яких переважала в 1,5–2,6 рази кількість органотрофів, у 2,5–7,0 рази кількість оліготрофів та 4,6–19,4 рази кількість олігонітрофілів. Встановлено, що біогенність молодих ґрунтів була вищою в шарі ґрунту 0–5 см, що, вочевидь зумовлено постійним надходженням автотранспортних поллютантів.

Показано, що мікробіологічні коефіцієнти (мінералізацій-імобілізації, оліготрофності, педотрофності) ґрунтів техногенних територій перевищували в 1,5–5,5 рази показники фонових і посттехногенних ґрунтів, що свідчить про їх незадовільний екологічний стан.

Бібл. 11. Табл. 2.

УДК 504.064 (282.247.326.8)

Шарамок Т. С., Федоненко О. В., Курченко В. О., Ніколенко Ю. В. Гідроекологічна оцінка Запорізького водосховища. *Питання біоіндикації та екології*. Запоріжжя : ЗНУ, 2019. Вип. 24, № 2. С. 147–161.

Метою даної роботи було надати гідроекологічну оцінку якості води Запорізького водосховища за гідрохімічними та гідробіологічними показниками. При дослідженні було виявлено, що концентрація майже всіх досліджуваних важких металів у воді Самарської затоки була вище порівняно з нижньою ділянкою Запорізького водосховища. Видовий склад фітопланктону Запорізького водосховища характеризувався домінуванням представників відділу *Cyanophita*, що пов'язано з різким підвищенням температури води, високим вмістом біогенних елементів та важких металів. За екологічною оцінкою вода Запорізького водосховища у Самарській затоці характеризувалася як «помірно забруднена», а в нижній ділянці водосховища – «слабко забруднена». Отже, умовно чистою ділянкою Запорізького водосховища можна вважати нижню ділянку водосховища, де спостерігалися найменші значення чисельності та біомаси фітопланктону, а гідрохімічні та токсикологічні показники є найбільш оптимальними для рибогосподарської діяльності.

Бібл. 22. Табл. 1. Рис. 2.

УДК 632.7:635.925

Зайцева І. А., Джиган О. П. Комахи – карпофаги кленів у паркових насадженнях м. Дніпро. *Питання біоіндикації та екології*. Запоріжжя : ЗНУ, 2019. Вип. 24, № 2. С. 162–176.

Вивчено видовий склад і проаналізовано шкодочинність комах – шкідників плодів дерев роду *Acer* L. у паркових насадженнях м. Дніпро з різним ступенем техногенного навантаження. Загальний рівень пошкодження плодів кленів становить 69,63 %. На контрольних ділянках насіння кленів було ушкоджено майже в два рази більше, ніж у паркових насадженнях на техногенно забруднених територіях. Спостерігали крайове обгризання (61,39 %), мінування (36,47 %) і дірчасте виїдання (2,14 %) крилаток, у невеликій кількості зустрічалось прогризання отворів у насінневу камеру. Мінували крилатки молі-малятка роду *Ectoedemia* Busck, 1907; насіння виїдали гусениці *Pammene regiana* Zeller, 1849 (65,20 %) і личинки довгоносиків-насіннеїдів роду *Bradybatus* Germar, 1824 (34,80 %).

Бібл. 32. Рис. 9.

УДК 612.31:582.23:665.583.4

Крупей К. С., Сперанська К. О., Рильський О. Ф., Зайковська Д. В. Екологія мікроорганізмів ротової порожнини людини за дії гігієнічних зубних паст. *Питання біоіндикації та екології*. Запоріжжя : ЗНУ, 2019. Вип. 24, № 2. С. 176–186.

Показана тенденція інтенсифікації процесів розмноження бактерій ротової порожнини в перші хвилини після чищення зубів. Через 20 хв після застосування зубних паст досліджуваних торговельних марок виявлена найменша кількість мікроорганізмів. Так, у контрольних зразках виявлено $2380,4 \pm 15,61$ КУО, проте відразу після чищення зубів пастою № 1 КУО було в 1,4 рази більше – $2713 \pm 17,22$. Через 20 хв, навпаки, КУО було в 1,2 рази менше за контроль. У морфолого-культуральному складі всіх зразків домінували 2 типи колоній (*Staphylococcus* та *Streptococcus*), які відрізнялися підвищеною ферментативною активністю, що може свідчити про закислення середовища ротової порожнини та прискорення процесів руйнування зубної емалі.

Бібл. 6. Табл. 2. Рис. 3.

УДК: 592. 2: 592. 046 : 616. 385 – 008.72

Григорова Н. В. Особливості показників крові при автоімунному тиреоїдиті та дифузному токсичному зобі у мешканців Запорізького промислового регіону. *Питання біоіндикації та екології*. Запоріжжя: ЗНУ, 2019. Вип. 24, № 2. С. 186–198.

У крові хворих на АІТ встановлено підвищення концентрації ТТГ у 6,69 рази та зниження концентрації $ВТ_3$ у 2,06 рази, $ВТ_4$ – в 1,95 рази ($p < 0,001$). При ДТЗ досліджені показники змінювались протилежним чином: концентрація ТТГ зменшувалась в 7,44 рази, а $ВТ_3$ і $ВТ_4$ – навпаки, збільшувалась в 1,92 і 1,85 рази ($p < 0,001$). Рівень АТ-ТПО в сироватці крові підвищувався в 45,4 і 10,9 рази в осіб, хворих на АІТ, у 18,9 і 3,1 рази ($p < 0,001$) – при ДТЗ. Розвиток АІТ супроводжувався вірогідним зниженням загальної кількості еритроцитів на 10 %, рівня гемоглобіну – на 12 %. При АІТ збільшувалась загальна кількість лейкоцитів на 11 % ($p < 0,05$), ШОЕ – в 4,14 рази ($p < 0,001$). Підвищення останньої у разі ДТЗ становила 4,95 рази ($p < 0,001$). У гранулоцитах крові хворих на АІТ спостерігалось зниження вмісту цинку на 33 % ($p < 0,01$), магнію – на 22 % ($p < 0,05$), а при ДТЗ, навпаки, підвищення вмісту цих металів на 25 % ($p < 0,05$) і 33 % ($p < 0,01$), відповідно. Вміст внутрішньоклітинної міді при обох видах захворювань зменшувався: на 40 % ($p < 0,001$) при АІТ, на 20 % ($p < 0,05$) – при ДТЗ.

Бібл. 26. Табл. 3.

УДК 614.7(477):[502.22+504.61](043)

Єрмішев О. В. Функціонально-фізіологічні відмінності дітей різних вікових груп, проживаючих на територіях з різним екологічним навантаженням. *Питання біоіндикації та екології*. Запоріжжя: ЗНУ, 2019. Вип. 24, № 2. С. 198–213.

Визначення вегетативного статусу та направленість вегетативної активності в організмі людини проводили за допомогою функціонально-вегетативної діагностики (ФВД) за методом В. Макаца. Нами було обстежено 4 871 людину різного віку і статі, проживаючих у радіаційно забруднених регіонах та в «умовно радіаційно чистих» регіонах, ФВД проводилася двічі в першій половині дня (10^{00} – 12^{00}).

Виявлено, що рівень функціонального здоров'я дітей не відповідає встановленій нами нормі, при якій 70 % обстежених входять в зону функціональної рівноваги (ФР), навіть у дітей, проживаючих в умовно чистих регіонах України. В усіх вікових групах спостерігається значне збільшення дітей, які входять в зону парасимпатичної активності в порівнянні з розробленою нами нормою в 15 %. У дітей чоловічої статі різних вікових груп загальні результати виявились значно гіршими в порівнянні з жіночими віковими групами. Отримані нами результати функціонально-екологічної експертизи (ФЕЕ) в радіаційно забруднених регіонах України співпадають з даними державного радіологічного моніторингу, що може свідчити про ефективність і достовірність запропонованого методу ФЕЕ.

Бібл. 21. Рис. 2.

УДК 577.11:613.2

Омельянич Л. О., Синяєва Н. П., Дударєва Г. Ф. Визначення вмісту металічних домішок у зливних водах ПАТ «Мотор Січ». *Питання біоіндикації та екології*. Запоріжжя: ЗНУ, 2019. Вип. 24, № 2. С. 214–224.

Дослідження металічних домішок в зливних водах ПАТ «Мотор Січ» проведено в двох напрямках. На першому напрямку визначено вміст загального Fe (III), загального Cr, Cr (III, VI) методом молекулярної спектрометрії. Встановлена доцільність одночасного визначення в даній пробі загальних Fe, Cu, Cr, Ni, Pb, Al, Zn мультиелементним атомно-абсорбційним методом з електротермічною атомізацією. Можливий взаємний вплив елементів проби і несемативних перешкод усували використанням ефекту Зеємана. Доведена статистична незначимість різниці в результатах одержаних методами молекулярної та атомно-абсорбційної спектрофотометрії при визначення загальних Fe і Cr.

Бібл. 14. Табл. 3. Рис. 2.

ЗМІСТ

– Розділ 1 Природні і техногенні екосистеми –

Yakovlieva-Nosar S. O. Dendroflora of the ravine Velyka Molodnyaha (Khortytsia Island) under the anthropogenic influence	3
Зайцева І. О., Поворотня М. М. Особливості накопичення важких металів в едафотобах урбофітоценозів за дії викидів теплових електростанцій	15
Луганська О. В., Єщенко Ю. В., Бовт В. Д. Біоіндикація важких металів в оточуючому середовищі йонселективними електродами в опеньку осінньому	29
Пономарьова О. А. Накопичення макроелементів в опаді деревних рослин придорожного насадження (вдвозж траси Дніпро-Запоріжжя)	46

– Розділ 2 Фітоекологія та озеленення міських територій –

Данильчук О. М., Гришко В. М., Павлюкова Н. Ф. Особливості акумуляції деяких важких металів органами асиміляції видів роду <i>Populus</i> L. та розвиток процесу пероксидації	58
Крупей К. С., Обруч К. І., Михайличенко А. А. Фітоіндикація стану доквілля за ступенем пошкодження листової пластинки <i>Betula pendula</i> Roth.	70
Юсипіва Т. І., Лихолат Ю. В., Юсипів М. С., Задесенець А. О., Філатова Н. О. Біометричні показники асиміляційного апарату представників роду <i>Pinus</i> за дії забруднення ДТЕК Придніпровська ТЕС	80
Юсипіва Т. І., Полякова Є. О. Вплив техногенних умов м. Дніпро на співвідношення гістологічних елементів пагона <i>Picea pungens</i> Engelm.	92
Бессонова В. П., Іванченко О. Є. Видове різноманіття та життєвий стан деревних рослин у насадженнях проспекту Івана Мазепи м. Дніпро	101

– *Розділ 3 Водні та ґрунтові екосистеми* –

Булейко А. А., Полева Ю. Л. Характеристика хімічних та еколого-мікроморфологічних особливостей терникових едафотопів, що формуються в умовах північного варіанту природних байрачних лісів степової зони України	126
Костюченко Н. І., Терещенко О. О. Екологічний стан ґрунтів острова Хортиця з різним ступенем трансформації	138
Шарамок Т. С., Федоненко О. В., Курченко В. О., Ніколенко Ю. В. Гідроекологічна оцінка Запорізького водосховища	147

– *Розділ 3 Екозоологічні, мікробіологічні та медико-екологічні дослідження* –

Зайцева І. А., Джиган О. П. Комахи – карпофаги кленів у паркових насадженнях м. Дніпро	162
Крупей К. С., Сперанська К. О., Рильський О. Ф., Зайковська Д. В. Екологія мікроорганізмів ротової порожнини людини за дії гігієнічних зубних паст	176
Григорова Н. В. Особливості показників крові при автоімунному тиреоїдиті та дифузному токсичному зобі у мешканців Запорізького промислового регіону	186
Єрмішев О. В. Функціонально-фізіологічні відмінності дітей різних вікових груп, проживаючих на територіях з різним екологічним навантаженням	198

– *Розділ 4 Аерогенні забруднювачі, тверді виробничі й побутові відходи* –

Омельяничук Л. О., Синяєва Н. П., Дударєва Г. Ф. Вивчення вмісту металічних домішок у зливних водах ПАТ «Мотор Січ»	214
---	-----

Підписано до друку 17.12.2019.
Формат 60×90/16.
Гарнітура Times New Roman. Папір офсетний 80 г/м².
Друк цифровий. Наклад 100 прим. Замовлення №

Друк – ТОВ «ФІНВЕЙ»
Україна, 69035, м. Запоріжжя, пр. Соборний, буд. 145.
Тел.: (061) 220-03-06, 220-03-07.
xprint_2007@ukr.net